



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

“MONITOREO ECOLÓGICO PARTICIPATIVO DE LA RIQUEZA Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE MAMÍFEROS AMENAZADOS Y EN PELIGRO DE EXTINCIÓN EN EL PARQUE NACIONAL LAGUNA LACHUÁ Y REMANENTES BOSCOSOS DE SU ÁREA DE INFLUENCIA, ALTA VERAPAZ”

M.Sc. María Susana Hermes Calderón y
M.Sc. Marleny Rosales-Meda

Unidad académica avaladora:
Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

Guatemala, Noviembre del 2011

**Nombres de los integrantes del equipo de investigación:**Coordinadora e investigadora principal:

M.Sc. María Susana Hermes Calderón

Investigadora:

M.Sc. Marleny Rosales-Meda

Investigadores locales:

Paulino Baleu, Hermógenes Sacrab, Mario Sacrab, Alfredo Xol, Augusto Oxom, Alberto Cucul, Ernesto Ac, Enrique Chub, Arnulfo Chen, Pedro Oxom, Estebán Ac, César Pacay, Benjamín Yat, Rolando Sacrab, Miguel Pop, Mateo Poou, César Xo

Unidad académica avaladora:

Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala

Instituciones participantes y co-financiantes:

Parque Nacional Laguna Lachuá (INAB - CONAP - MAGA)

Organización para la Conservación de la Naturaleza y Desarrollo Comunitario

The Whitley Fund for Nature

Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos

Cleveland Metroparks Zoo & Cleveland Zoological Society

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

Idea Wild

Otros colaboradores:

Ing. Manuel Vinicio López

ÍNDICE GENERAL

	Pag.
1. Resumen	6
2. Introducción	9
3. Antecedentes	
3.1 Importancia ecológica de los mamíferos mayores.....	11
3.2 La conservación de mamíferos mayores en agropaisajes.....	12
3.3 La Ecoregión Lachuá y su importancia.....	13
3.4 Estudios realizados con mamíferos mayores en la Ecoregión Lachuá.....	16
4. Justificación	17
5. Objetivos	18
6. Hipótesis	19
7. Metodología	
7.1 Diseño de muestreo y habilitación de unidades muestrales.....	19
7.2 Capacitación de investigadores locales.....	20
7.3 Muestreo de mamíferos mayores.....	20
7.4 Análisis de datos.....	21
8. Resultados	
8.1 Ampliación del sistema de monitoreo.....	23
8.2 Riqueza y composición del ensamble de mamíferos mayores.....	23
8.3 Distribución espacial de la riqueza y de especies prioritarias.....	27
9. Discusión	
9.1 Riqueza y composición del ensamble de mamíferos mayores.....	43
9.2 Distribución espacial de la riqueza y de especies prioritarias.....	44
10. Conclusiones	53
11. Recomendaciones	54
12. Bibliografía	59

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Ubicación geográfica de la Ecoregión Lachuá en el contexto de Guatemala.....	14
Figura 2. Número de especies de mamíferos mayores indicadores (n=11) detectadas en los sitios de muestreo del Parque Nacional Laguna Lachuá y su área de influencia, Alta Verapaz, 2011.....	29
Figura 3. Número de especies de mamíferos mayores grandes (n=7) detectadas en los sitios de muestreo del Parque Nacional Laguna Lachuá y su área de influencia, Alta Verapaz, 2011.....	30
Figura 4. Distribución espacial general del cabrito (<i>Mazama temama</i>) en los sitios de muestreo en el Parque Nacional Laguna Lachuá y su área de influencia, Alta Verapaz, 2011.....	34
Figura 5. Distribución espacial general del mono aullador negro (<i>Alouatta pigra</i>) en los sitios de muestreo en el Parque Nacional Laguna Lachuá y su área de influencia, Alta Verapaz, 2011.....	35
Figura 6. Distribución espacial general del coche de monte (<i>Pecari tajacu</i>) en los sitios de muestreo en el Parque Nacional Laguna Lachuá y su área de influencia, Alta Verapaz, 2011.....	36
Figura 7. Distribución espacial general del tepezcuintle (<i>Cuniculus paca</i>) en los sitios de muestreo en el Parque Nacional Laguna Lachuá y su área de influencia, Alta Verapaz, 2011.....	37
Figura 8. Distribución espacial general del jaguar (<i>Panthera onca</i>) en los sitios de muestreo en el Parque Nacional Laguna Lachuá y su área de influencia, Alta Verapaz, 2011.....	38
Figura 9. Distribución espacial general del venado cola blanca (<i>Odocoileus virginianus</i>) en los sitios de muestreo en el Parque Nacional Laguna Lachuá y su área de influencia, Alta Verapaz, 2011.....	39
Figura 10. Distribución espacial general del tapir (<i>Tapirus bairdii</i>) en los sitios de muestreo en el Parque Nacional Laguna Lachuá y su área de influencia, Alta Verapaz, 2011.....	40
Figura 11. Distribución espacial general del jabalí (<i>Tayassu pecari</i>) en los sitios de muestreo en el Parque Nacional Laguna Lachuá y su área de influencia, Alta Verapaz, 2011.....	41
Figura 12. Distribución espacial general del mono araña (<i>Ateles geoffroyi</i>) en los sitios de muestreo en el Parque Nacional Laguna Lachuá y su área de influencia, Alta Verapaz, 2011.....	42

ÍNDICE DE CUADROS

Pag.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica y estado de conservación de las especies de mamíferos mayores registradas en el Parque Nacional Laguna Lachuá y remanentes boscosos principales de su área de influencia, Alta Verapaz, febrero a octubre 2011..... 25

Cuadro 2. Tasa de ocurrencia y probabilidad de detección por muestreo, estimadas a partir de los mejores modelos seleccionados, para nueve especies de mamíferos mayores prioritarias registradas en el Parque Nacional Laguna Lachuá, Alta Verapaz, febrero a octubre del 2011..... 31

Cuadro 3. Modelos utilizados para estimar las tasas de ocurrencia y probabilidades de detección de nueve especies de mamíferos mayores prioritarios registrados en los sitios de muestreo del Parque Nacional Laguna Lachuá, Alta Verapaz, febrero a octubre 2011..... 32

1. RESUMEN

La Ecoregión Lachuá es un humedal de importancia internacional legalmente reconocido por la Convención Ramsar y una de las zonas de bosque tropical lluvioso más biodiversas que existen Guatemala. Esta región localizada en el noroeste del departamento de Alta Verapaz provee hábitat para una alta diversidad de mamíferos en amenazados y en peligro de extinción y es también hogar de 55 comunidades humanas de la etnia Maya-Q'eqchi' que dependen del bosque y utilizan a los mamíferos como alimento.

Desde el año 2000, varios investigadores de la Universidad de San Carlos de Guatemala han realizado estudios ecológicos cortos de línea base sobre la distribución y abundancia poblacional de algunos mamíferos mayores en la Ecoregión Lachuá. A principios del 2009, Hermes y Rosales-Meda diseñaron e implementaron la primera fase de un sistema participativo para monitorear la riqueza y distribución espacial del ensamble de mamíferos mayores en la zona norte del Parque Nacional Laguna Lachuá (PNLL) como estrategia para dar continuidad a los estudios previos realizados y generar información para evaluar periódicamente el estado de conservación de sus poblaciones y del área protegida.

En febrero del 2011, gracias al apoyo brindado por la Dirección General de Investigación, se logró ampliar la implementación del sistema de monitoreo a la zona sur/suroeste del PNLL, cuatro reservas forestales comunitarias (R.F.) y una reserva natural privada de su área de influencia protegidas bajo el Programa de Incentivos Forestales (PINFOR) que son clave para la sobrevivencia de los mamíferos mayores amenazados y en peligro de extinción. En total, 25 hexágonos se encuentran habilitados como unidades muestrales y sus transectos fueron utilizados para realizar los muestreos de mamíferos mayores. Doce guardarecursos y cinco habitantes locales fueron capacitados en la identificación de mamíferos mayores mediante avistamientos directos y rastros e involucrados como investigadores para desarrollar los muestreos.

De febrero a octubre 2011, se registraron 941 ocurrencias de mamíferos mayores en los 424 km recorridos dentro de las unidades muestrales. Se estimó la riqueza de especies en el paisaje; se evaluó el grado de similitud de la riqueza y composición del ensamble de mamíferos amenazados y en peligro de extinción entre el PNLL y los remanentes boscosos principales utilizando el índice de Sorensen (IS); se estimaron tasas de ocurrencia (Ψ) para nueve especies de mamíferos clave en el PNLL; y se elaboraron mapas de la distribución espacial de la riqueza y de mamíferos mayores prioritarios en el área de estudio.

Los resultados obtenidos muestran que la Ecoregión Lachuá alberga un ensamble diverso de mamíferos mayores, compuesto por, al menos, 31 especies de las cuales 19 poseen poblaciones amenazadas o en peligro de extinción a nivel nacional o regional. Dicho ensamble constituye una excelente representación del que habitaba originalmente en esta región, ya que mantiene a casi todos los mamíferos cuya distribución natural abarca el área de estudio. El ensamble de mamíferos amenazados y en peligro de extinción registrado en el PNLL y en los remanentes boscosos de la zona norte y sur del área de influencia presentaron un alto grado de similitud en su riqueza y composición de especies ($IS > 88\%$). El tapir y el jabalí fueron las dos especies grandes de alta prioridad de conservación que se registraron únicamente en el PNLL.

Los patrones de distribución espacial de la riqueza de mamíferos indicadores y grandes muestran que el PNLL y los remanentes boscosos del norte y sur del área de influencia conforman un sistema interconectado que mantiene la continuidad ecológica de las poblaciones de la mayoría de éstas especies. Los mapas de distribución espacial sugieren que la riqueza del ensamble de mamíferos mayores prioritarios se ve afectada de forma positiva por la conectividad física del paisaje y negativamente por la influencia de las actividades antropogénicas en la Ecoregión Lachuá. Los valores más altos de riqueza y el ensamble más diverso de mamíferos se registraron en las zonas central, norte, este y sureste del PNLL, mientras que los sitios cercanos a las invasiones humanas que afectan el parque presentaron menos especies de interés. Los sitios boscosos del norte del área de influencia más alejados de la zona central del PNLL presentaron una mayor riqueza de especies prioritarias, mientras que en la zona sur se observó una tendencia inversa.

Los mapas de distribución espacial de mamíferos clave para la conservación muestran que la mayoría se encuentran ampliamente distribuidos en la Ecoregión Lachuá y que hacen uso extensivo de las zonas y hábitats disponibles para sobrevivir. Las especies prioritarias que estuvieron presentes en una mayor proporción del paisaje fueron el cabrito, jaguar, ocelote, mono aullador negro, tepezcuintle y coche de monte ($\Psi > 0,85$), mientras que especies más sensibles como el tapir, jabalí y mono araña presentaron una distribución espacial más restringida asociada a las zonas con mejor estado de conservación del hábitat, menor intervención humana y/o mayor conectividad física. Por otra parte, los patrones de distribución espacial de la riqueza también muestran que la zona suroeste/sur del PNLL y el paisaje aledaño a la esquina noreste del área protegida son críticas para la conservación debido a que se encuentran limitando la conectividad física y amenazando la integridad ecológica de la Ecoregión Lachuá.

Los resultados obtenidos evidencian que los agropaisajes con áreas protegidas relativamente pequeñas inmersas como el PNLL en matrices con predominancia de agrícola pero que mantienen fragmentos de cobertura arbórea nativa cercanos entre sí y se encuentran conectadas a remanentes boscosos grandes con los que guardan relación biogeográfica son valiosos para conservar a los mamíferos mayores a través del tiempo. Los patrones observados en la distribución espacial de la riqueza y especies prioritarias muestran la importancia ecológica y el valor de conservación que posee la Ecoregión Lachuá, pero a su vez son indicadores claros del estado crítico de amenaza y vulnerabilidad en que se encuentra actualmente. Con base en la experiencia de campo y los resultados generados hasta la fecha, se brindan recomendaciones para fortalecer el proceso de monitoreo ecológico, favorecer a la conservación de los mamíferos mayores y su hábitat en la región y orientar los procesos de planificación, desarrollo y toma de decisiones en la Ecoregión Lachuá a corto, mediano y largo plazo.

Palabras clave: *agropaisajes, distribución espacial, Ecoregión Lachuá, mamíferos mayores, monitoreo, participativo, Parque Nacional Laguna Lachuá, remanentes boscosos, riqueza, ocurrencia.*

2. INTRODUCCIÓN

A nivel nacional se han realizado pocas investigaciones de largo plazo para monitorear el estado de conservación de las áreas protegidas y de las especies amenazadas que resguardan a través del tiempo. La carencia de información científico-biológica actualizada de largo plazo constituye una fuerte debilidad del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP) que limita considerablemente los procesos de toma de decisiones de conservación y manejo en dichas áreas. La implementación de programas de monitoreo de fauna silvestre amenazada debería ser una estrategia clave para evaluar periódicamente el estado de las áreas naturales protegidas y orientar las acciones de manejo y mitigación para dar respuesta viable a las necesidades y amenazas que las afectan.

Uno de los grupos de especies más importantes y amenazados que habitan en las áreas protegidas tropicales de nuestro país son los mamíferos mayores (> 1 kg). Dichas especies son clave para el mantenimiento de los ecosistemas tropicales porque desempeñan diversas funciones ecológicas importantes que favorecen los procesos de regeneración natural, restauración del paisaje y regulación de las poblaciones silvestres (Roldán y Simonetti, 2001; Terborgh *et al.*, 2001). Algunos son considerados “especies sombrilla” porque sus amplios requerimientos de hábitat engloban las necesidades de muchas especies (Roberge y Angelstam, 2004).

Los mamíferos mayores se consideran especies indicadoras de la calidad de hábitat y estado de conservación de los ecosistemas debido a que poseen una estrecha relación con la cobertura boscosa y la complejidad del paisaje (Harvey *et al.*, 2006); son sensibles a la pérdida/alteración del bosque (Medellín y Equihua, 1998), la reducción de la conectividad (Rosales-Meda, 2008) y las perturbaciones y actividades extractivas humanas (Hermes, 2008; Rosales-Meda *et al.*, 2010).

Desde el año 2000, varios investigadores han realizado estudios ecológicos cortos sobre la distribución y abundancia poblacional de algunos mamíferos mayores cinegéticos y amenazados en la Ecoregión Lachuá en el noroeste de Alta Verapaz. Dicha región se encuentra conformada por el Parque Nacional Laguna Lachuá (PNLL) y 55 comunidades Maya-Q'eqchi' que habitan en su área de influencia que en conjunto son reconocidas como un humedal de importancia internacional y una de las zonas lluviosas tropicales de más biodiversas en Guatemala.

En el año 2009, Hermes y Rosales-Meda implementaron la primera fase de un sistema pionero para monitorear parámetros clave del ensamble de mamíferos mayores amenazados y en peligro de extinción en la zona norte del PNLL, involucrando a los guardarecursos como investigadores locales. Con este esfuerzo pionero, el PNLL se convirtió en la primera área protegida de Guatemala que cuenta con un sistema de monitoreo participativo de la riqueza y distribución espacial de mamíferos mayores y en un modelo a seguir en otras áreas protegidas del país donde actores sociales clave trabajan juntos para investigar y proteger a estas especies y su hábitat.

La riqueza específica se define como el número de especies presentes en determinado sitio (Moreno, 2002), mientras que la distribución denota la ubicación de una o varias especies en un área definida (Thompson *et al.*, 1998). Ambos parámetros han sido ampliamente utilizados para caracterizar ensambles de especies a distintas escalas geográficas (Yoccoz *et al.*, 2001); evaluar y monitorear el estado de conservación de áreas de interés (Caro, 2001); identificar sitios que merecen atención prioritaria (Conroy y Noon, 1996); y medir indirectamente el impacto de influencias antropogénicas y acciones de manejo, entre otros (Ceballos y Ehrlich, 2002; Herrera-Flores *et al.*, 2002). Dichos parámetros también son afectados por la composición y configuración espacial del paisaje y la información que proveen es muy importante para guiar las estrategias y decisiones de conservación y manejo en paisajes con alta biodiversidad (Daily *et al.*, 2001; Turner *et al.*, 2001).

Los resultados obtenidos por el programa de monitoreo durante el periodo 2009 y 2010 mostraron que los mamíferos mayores que habitan en la zona norte del PNLL no se encuentran restringidos a los límites legales del área protegida y utilizan los remanentes boscosos existentes en el agropaisaje circundante. Sin embargo, el PNLL se encuentra rodeado por varios usos/coberturas del suelo que conforman micro-paisajes que presentan distintos grados de pérdida de bosque y fragmentación. El flujo de animales entre el área protegida y su área de influencia sugieren que existen vínculos entre estos hábitats con distintas categorías de manejo. El mantenimiento y mejoramiento de dichos vínculos es clave para la conservación de los mamíferos mayores a largo plazo, debido al reducido tamaño del PNLL y su pérdida progresiva de conectividad. Actualmente, el PNLL y otros los remanentes boscosos grandes del humedal se encuentran seriamente amenazados por grandes megaproyectos tales como el establecimiento de carreteras, la explotación petrolera, la siembra de palma africana y la ganadería extensiva.

Por ello, surge la necesidad de ampliar el sistema de monitoreo de mamíferos mayores a otros sitios clave del PNLL y su área de influencia. En el 2011, gracias al apoyo brindado por la Dirección General de Investigación, se logró extender la implementación del monitoreo a la zona sur/suroeste del PNLL y los remanentes boscosos principales de su área de influencia que son indispensables para la sobrevivencia de los mamíferos mayores y la viabilidad ecológica de la Ecoregión Lachuá a corto, mediano y largo plazo.

El presente informe incluye los principales resultados obtenidos por el Programa de Monitoreo Ecológico de Mamíferos Mayores Amenazados en la Ecoregión Lachuá durante el período comprendido de febrero a octubre del 2011. Se espera que la información generada y las recomendaciones brindadas contribuyan a la conservación del ensamble de mamíferos mayores; a orientar procesos de planificación territorial, conservación, mitigación ambiental y desarrollo sustentable en la Ecoregión Lachuá y otras áreas protegidas del país; y a sustentar la toma de decisiones e iniciativas legislativas relacionadas con la protección y manejo de la fauna silvestre a nivel local, regional y nacional.

3. ANTECEDENTES

3.1 Importancia ecológica de los mamíferos mayores:

Los mamíferos mayores (medianos y grandes) son un grupo de especies principalmente terrestres y arborícolas muy importantes para el mantenimiento de los ecosistemas tropicales porque cumplen diversas funciones ecológicas. Los frugívoros/folívoros actúan como polinizadores, depredadores de flora y dispersores de semillas, favoreciendo los procesos de regeneración natural y el incremento de la heterogeneidad espacial (Roldán y Simonetti, 2001; Marsh y Loiselle, 2003). Por otra parte, los carnívoros contribuyen a la regulación de las poblaciones de sus presas y/o pueden ocasionar un efecto cascada en otros elementos de los ecosistemas por estar ubicados en la cima de la cadena trófica (Crooks y Soulé, 1999; Terborgh *et al.*, 2001). Algunos son considerados “especies sombrilla” porque sus amplios requerimientos de hábitat engloban las necesidades de varias especies (Roberge y Angelstam, 2004).

Los mamíferos mayores se consideran indicadores de pérdida y alteración del hábitat, debido a que guardan una estrecha relación con la cobertura boscosa y la complejidad estructural/florística del paisaje (Harvey *et al.*, 2006). Se ha reportado que estos mamíferos se ven afectados negativamente por la pérdida de bosque nativo, la disminución de la conectividad física del paisaje y el aumento del efecto de borde (Estrada *et al.*, 1994; Medellín y Equihua, 1998; Rosales-Meda, 2008).

Algunas especies son altamente sensibles y desaparecen a nivel local y/o disminuyen drásticamente su abundancia poblacional en paisajes muy perturbados y/o con alta presión de cacería. Estos mamíferos son de interés especial para la conservación porque la mayoría se encuentran amenazados y en peligro de extinción (Ceballos y Ehrlich, 2002; IUCN, 2006).

3.2 La conservación de mamíferos mayores en agropaisajes

La pérdida de hábitat y la cacería no regulada constituyen las principales amenazas para la conservación de los mamíferos mayores, ya que han ocasionado serias disminuciones poblacionales y la extinción de un gran número de especies (Fahrig, 2003; Laurance y Vasconcelos, 2004). A nivel mundial, las iniciativas para evitar la pérdida de hábitat y de especies generalmente se han centrado en promover la investigación y protección en áreas protegidas, con énfasis en los Parques Nacionales (Roe y Hollands, 2004). Sin embargo, dichas iniciativas no han sido exitosas para detener la pérdida de especies debido a que la mayoría de éstas áreas son pequeñas y aisladas entre sí, se encuentran relacionadas e influenciadas por el paisaje circundante y carecen de los recursos necesarios para funcionar apropiadamente (Galindo-Leal, 2000; Gurd *et al.*, 2001). Por ello, los esfuerzos de conservación no deberían limitarse únicamente al ámbito de las áreas protegidas, ya que la mayoría son insuficientes para mantener la biodiversidad y sus procesos ecológicos en el largo plazo y en grandes regiones (Prendergast *et al.*, 1999; Parrish *et al.*, 2003).

Recientemente, se ha empezado a reconocer la importancia de promover la conservación más allá de las áreas protegidas incorporando los agropaisajes aledaños como estrategia viable para ampliar el hábitat disponible, mejorar la conectividad, proteger zonas con más variedad de condiciones y procesos naturales y mitigar las amenazas que representan las actividades humanas para la biodiversidad (Daily *et al.*, 2003; Schroth *et al.*, 2004; Hermes, 2008). Los agropaisajes son los escenarios predominantes en la superficie terrestre y están formados por áreas rurales utilizadas principalmente para actividades productivas humanas (e.g. agricultura, ganadería) donde también se encuentran inmersos fragmentos de bosque nativo, zonas de regeneración natural y bosques manejados, entre otros (Daily *et al.*, 2001).

El potencial y contribución de los remanentes boscosos existentes en los agropaisajes para la conservación de los ensambles de mamíferos mayores ha sido poco evaluada en Mesoamérica, excepto por estudios realizados en México y Costa Rica (Estrada *et al.*, 1994; Daily *et al.*, 2003; Estrada *et al.*, 2006; Harvey *et al.*, 2006; Hermes, 2008; Rosales-Meda, 2008).

Se desconoce a profundidad qué porción del ensamble original de mamíferos mayores utiliza estos remanentes, cuáles son las especies que logran adaptarse a la pérdida del hábitat en estos sistemas y cómo responden a los cambios ambientales ocurridos para sobrevivir en estos remanentes boscosos menores y más simplificados. Al respecto, algunos estudios han mostrado que ciertas especies de primates pueden habitar en este tipo de paisajes si las características de la matriz son favorables (Estrada *et al.*, 2006; Rosales-Meda, 2008).

La carencia de información de mamíferos mayores en paisajes con remanentes boscosos y predominancia agrícola-ganadera se debe parcialmente a la dificultad que conlleva estudiarlos porque la mayoría son nocturnos, crípticos y elusivos (O'Connell *et al.*, 2006). Sin embargo, la importancia ecológica, los requerimientos de hábitat, el estado de conservación, la sensibilidad de éstos mamíferos ante perturbaciones ambientales y el papel que juegan en la vida de los habitantes rurales los convierte en un grupo clave que debe ser estudiado e integrado a las estrategias de conservación y manejo de agropaisajes en regiones de interés.

3.3 La Ecoregión Lachuá y su importancia:

La Ecoregión Lachuá es un agropaisaje que se encuentra ubicado en el noroeste del municipio de Cobán del departamento de Alta Verapaz, a una distancia aproximada de 145 kilómetros de la cabecera departamental (INAB/CONAP/MAGA, 2010; Figura 1). Sus dos principales vías de acceso son la carretera Franja Transversal del Norte (vía el municipio de Chisec) y el camino de terracería que se dirige del poblado Chiquibul a Playa Grande-Ixcán (vía la comunidad de Salacuim).

La Ecoregión se encuentra delimitada naturalmente por las montañas La Sultana y el Peyán (al sur) y los ríos Chixoy (al oeste) e Icbolay (al este). La región tiene una extensión aproximada de 53,720 ha y está conformada por el Parque Nacional Laguna Lachuá -PNLL- (14,301 ha), 55 comunidades indígenas y varias reservas comunitarias y privadas localizadas sobre y aledañas a la Franja Transversal del Norte (INAB/CONAP/MAGA, 2010; SIAFSA/UICN, 2010; Figura 1).

La Ecoregión Lachuá posee una temperatura media anual de 26.3°C ($\pm 0.6^\circ\text{C}$), la precipitación promedio anual corresponde a 3,300 mm. y la humedad relativa promedio registrada anualmente es del 91.02% ($\pm 40\%$) (INSIVUMEH, 2003; Medina *et al.*, 2008). La temporada de lluvias se extiende durante todo el año; el período de mayor precipitación pluvial se registra durante los meses de julio a octubre y el de menor precipitación comprende los meses de febrero a abril (Medina *et al.*, 2008).

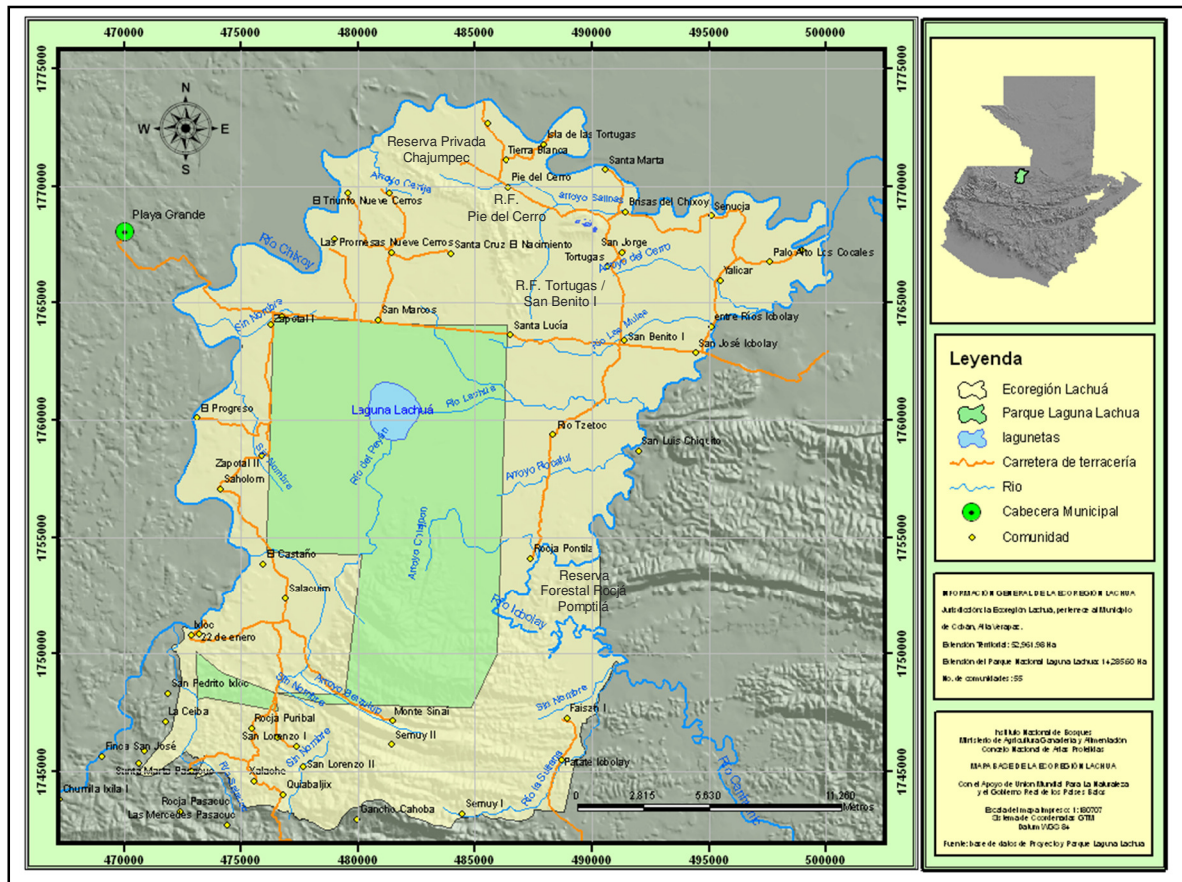


Figura 1. Ubicación geográfica de la Ecoregión Lachuá en el contexto de Guatemala (Fuente: INAB/CONAP/MAGA, 2010).

Su vegetación se encuentra clasificada como selva alta perennifolia o selva alta/mediana siempreverde (Méndez, 2007), el cual es un tipo de cobertura vegetal escasamente representado en el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas. A nivel nacional, el PNLL es muy importante porque constituye uno de los pocos remanentes naturales legalmente protegidos de bosque tropical lluvioso existentes en la Selva Maya guatemalteca y el único existente sobre la Franja Transversal del Norte. El PNLL es también el principal remanente boscoso de la Ecoregión Lachuá y provee hábitat continuo para una alta diversidad de especies de flora y fauna silvestre. En el 2006, la Ecoregión Lachuá fue declarada como humedal de importancia internacional por la Convención RAMSAR (RAMSAR, 2008). Dicho reconocimiento que destaca su valor para el mantenimiento de la captación hídrica de una región prioritaria del país. En el 2008 fue incluida en la Red Iberoamericana de Bosques Modelo y actualmente es reconocida como una de las regiones de mayor biodiversidad en Guatemala.

Por otra parte, el área de estudio fue una zona fuertemente impactada por el conflicto armado interno guatemalteco durante los años 80. Muchos habitantes locales son sobrevivientes de guerra que fueron desplazados de sus tierras originales y se asentaron en las tierras nacionales y grandes fincas privadas existentes alrededor del PNLL en busca de nuevas oportunidades para vivir. Con respecto a la tenencia de la tierra actual, el 60.42% del área es de propiedad nacional, el 14.58% de propiedad comunal, el 20.83% de propiedad particular y el 4.17% de propiedad municipal (INAB/UICN, 2008). El 89% de las comunidades de la Ecoregión tiene certeza jurídica sobre la tierra que ocupa (INAB/UICN, 2008; SIAFSA/UICN, 2010).

La mayoría de las comunidades humanas que habitan en la Ecoregión Lachuá pertenecen al grupo étnico Maya-Q'eqchi'. Actualmente, la población humana de la región se estima en 18,500 habitantes. Las familias locales viven en condiciones de pobreza y basan su economía en la producción agrícola de subsistencia (maíz -*Zea mays*- y frijol -*Phaseolus vulgaris*- principalmente) y agricultura comercial (cardamomo -*Elettaria cardamomum*-, arroz -*Oryza sativa*-, sandía -*Citrullus lanatus*-, piña -*Ananas comosus*- y algunos cítricos), la cual es complementada con actividades extractivas tales como la cacería, pesca y tala de árboles (Hernández, 2004; Rosales Meda *et al.*, 2004; SIAFSA/UICN, 2010).

El área de influencia del PNLL presenta un alto grado de pérdida de bosque y fragmentación del hábitat producto de las presiones humanas derivadas de los procesos de colonización ocurridos a finales de los años setenta, la firma de los Acuerdos de Paz, la construcción de la Franja Transversal del Norte y la dependencia de los recursos naturales que los pobladores locales tienen para asegurar su subsistencia.

Actualmente, la Ecoregión Lachuá se encuentra en un estado muy vulnerable debido a que fuertes presiones económicas y sociales están acelerando la pérdida de recursos naturales y biodiversidad del humedal. Aspectos políticos y mega-proyectos de desarrollo que promueven la siembra de extensos monocultivos de palma africana para producción de biocombustibles, la explotación petrolera y el establecimiento grandes de latifundios para ganadería extensiva están ejerciendo una fuerte demanda sobre los recursos naturales y amenazando la forma tradicional de vida de las comunidades locales.

3.4 Estudios realizados con mamíferos mayores en la Ecoregión Lachuá:

Desde el año 2000, varios investigadores de la Universidad de San Carlos de Guatemala apoyados por la Dirección General de Investigación y organizaciones nacionales e internacionales han realizado estudios cortos de línea base sobre la distribución y abundancia relativa de algunas especies de mamíferos mayores tales como primates (Baumgarten, 2000; Rosales-Meda, 2003; Rosales-Meda *et al.* 2007), felinos (Hermes, 2004) y mamíferos cinegéticos (Yurrita, 2001; Rosales-Meda, 2002; Rosales-Meda *et al.*, 2004; García, 2006) en la Ecoregión Lachuá.

Sin embargo, era muy importante darle continuidad a éstos estudios ecológicos estableciendo un proceso de investigación a largo plazo que permitiera conocer el estado actual de conservación de los mamíferos mayores en el PNLL y su área de influencia y sus cambios a través del tiempo. Hasta inicios del 2009, se carecía de un sistema de monitoreo para evaluar sus poblaciones a través del tiempo dentro del área protegida. La implementación de este sistema de monitoreo constituía una de las prioridades estratégicas del Plan Maestro del PNLL (2004-2009) que estaba definida y pendiente de cumplirse desde el año 2004 (INAB, 2004).

Como respuesta para atender esta prioridad, Hermes y Rosales-Meda (2009) en cooperación con la administración del PNLL implementaron la primera fase del Programa de Monitoreo Ecológico de Mamíferos Mayores, gracias al apoyo brindado por la organización Whitley Fund for Nature. Como parte de este esfuerzo, se formuló un protocolo para monitorear de manera participativa la riqueza, ocurrencia y distribución espacial del ensamble de los mamíferos mayores en la zona norte del PNLL.

A principios del 2009, la administración del PNLL formalizó el compromiso que permitió el involucramiento de los guardarecursos del PNLL para apoyar el proceso. Los guardarecursos de la zona norte del PNLL fueron capacitados en la identificación de individuos y rastros de mamíferos mayores para llevar a cabo los muestreos de campo. Desde enero del 2009, los guardarecursos han participado activamente como investigadores locales realizando los muestreos mensuales y recabando datos muy importantes sobre la presencia y distribución de los mamíferos mayores en la zona norte del PNLL, con base en la metodología y periodicidad establecida en el protocolo de monitoreo.

4. JUSTIFICACIÓN

En Guatemala se han realizado pocos esfuerzos para desarrollar investigaciones de largo plazo para monitorear el estado de conservación de las áreas protegidas y las especies amenazadas y en peligro de extinción que albergan. Esta situación constituye una fuerte debilidad del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP) y limita seriamente la toma de decisiones de conservación y manejo adaptadas a las necesidades y realidad local/regional respaldadas con información científico-técnica actualizada.

En el año 2009, el Parque Nacional Laguna Lachuá (PNLL) se convirtió en la primera área protegida del país que cuenta con un sistema participativo con visión de largo plazo para monitorear parámetros ecológicos clave de mamíferos mayores prioritarios para la conservación. El programa de monitoreo ecológico de mamíferos mayores es un modelo de investigación que promueve la creación de capacidades locales y la cooperación entre científicos, administradores, guardarecursos y habitantes locales para proteger el ensamble de éstas especies indicadoras y su hábitat en la Ecoregión Lachuá; que a su vez tiene el potencial para ser replicado en otras áreas protegidas de Guatemala.

Por otra parte, la conservación y manejo de las áreas protegidas debe involucrar a los agropaisajes circundantes y a las comunidades locales para asegurar su viabilidad a largo plazo, ya que por sí solas presentan serias debilidades para mantener la biodiversidad y sus procesos ecológicos al largo plazo.

Los resultados obtenidos por el programa de monitoreo ecológico hasta la fecha sugieren que la distribución de los mamíferos mayores que habitan en el PNLL no se encuentra restringida a los límites legales del área protegida y que utilizan los remanentes boscosos existentes en el agropaisaje circundante. La identificación, mantenimiento y mejoramiento de dichos vínculos es clave para la conservación de los mamíferos mayores y la viabilidad ecológica del PNLL a largo plazo, debido al reducido tamaño del área protegida y su pérdida progresiva de conectividad física a escala de paisaje y biogeográfica. Adicionalmente, en la actualidad el PNLL y los remanentes boscosos grandes de la Ecoregión Lachuá también se encuentran altamente amenazados por grandes megaproyectos (FTN, exploración/explotación petrolera, monocultivos de palma africana, ganadería extensiva) que están siendo impulsados sin considerar la importancia y fragilidad ecológica de la región.

Por ello, surge la necesidad de ampliar el programa de monitoreo de mamíferos mayores a la zona sur del PNLL y sitios boscosos prioritarios del área de influencia como una estrategia para generar información ecológica actualizada que permita promover la conservación y manejo del PNLL y su área de influencia como un sistema interconectado e interdependiente. Actualmente, la continuidad y ampliación del programa de monitoreo de mamíferos mayores constituye una prioridad para la Ecoregión Lachuá y se encuentra enmarcada en los compromisos planteados dentro del Plan Maestro del PNLL, el Plan Estratégico del Bosque Modelo Lachuá y el Plan de Investigación Estratégica Ecoregional. La información generada permitirá comparar el estado poblacional de los mamíferos mayores prioritarios a través del tiempo; evaluar el estado de conservación del PNLL y los principales remanentes boscosos de su área de influencia; formular y fortalecer estrategias viables de conservación y manejo de los mamíferos mayores amenazados y en peligro de extinción; identificar y evaluar impactos ecológicos ocasionados por megaproyectos sobre la fauna silvestre; y orientar la toma de decisiones y procesos de planificación territorial, mitigación ambiental, conservación y desarrollo sustentable a nivel regional, optimizando la inversión de esfuerzos y recursos en zonas prioritarias del paisaje.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general:

Generar información acerca de la riqueza y distribución espacial de los mamíferos mayores amenazados y en peligro de extinción y monitorear sus fluctuaciones a través del tiempo para promover y orientar su conservación a largo plazo en el Parque Nacional Laguna Lachuá y su área de influencia.

5.2 Objetivos específicos:

- a) Ampliar el sistema de monitoreo participativo de mamíferos mayores amenazados y en peligro de extinción a la zona sur del PNLL y principales remanentes boscosos de su área de influencia, involucrando a guardarecursos y habitantes locales como investigadores de campo.
- b) Estimar la riqueza específica de mamíferos mayores existente en el paisaje del PNLL y remanentes boscosos principales de su área de influencia.
- c) Evaluar la ocurrencia y distribución espacial del ensamble de mamíferos mayores prioritarios en el PNLL y los remanentes boscosos en estudio.
- d) Identificar sitios prioritarios para la conservación de los mamíferos cinegéticos clave y/o que poseen poblaciones amenazadas en la Ecoregión Lachuá y proponer recomendaciones de manejo que favorezcan su conservación.

6. HIPÓTESIS

- El Parque Nacional Laguna Lachuá y los principales remanentes boscosos de su área de influencia albergan y comparten una alta riqueza de mamíferos mayores amenazados y en peligro de extinción.
- Los mamíferos grandes y más amenazados se encuentran ampliamente distribuidos dentro del Parque Nacional Laguna Lachuá y están presentes en los remanentes boscosos grandes que se localizan más cercanos al área protegida.

7. METODOLOGÍA

7.1 Diseño de muestreo y habilitación de unidades muestrales:

Se realizó un reconocimiento de la zona sur del PNLL y los principales remanentes boscosos del área de influencia (≥ 300 ha) para recabar datos necesarios para plantear el diseño de muestreo. Para ello, se utilizaron como guía las hojas cartográficas y las fotografías aéreas del área de estudio (MAGA, 2006). Se recorrieron e identificaron los caminos/veredas y ríos principales existentes para evaluar la accesibilidad.

Se registraron los recorridos diarios mediante rutas y puntos de control con un sistema de posicionamiento global y fueron trasladados al programa ArcView GIS® v.3.3 (ESRI, 2002). Luego, se sobrepuso una rejilla digital de hexágonos (100 ha c/u) a la zona sur del PNLL y a cada remanente boscoso principal de la zona norte del área de influencia utilizando la extensión Patch Analyst® v.3.1 (Rempel, 2007). Empleando la extensión MILA Utilities® v.3.2 (Guissard, 2007), se seleccionaron aleatoriamente al menos 50% de los hexágonos efectivos de muestreo considerando tres criterios de inclusión y el procedimiento propuesto por Hermes (2008): a) sitios no colindantes y separados, al menos, 750 m entre sí; b) zonas no pantanosas y c) zonas con capacidad para retener huellas.

Dentro de cada unidad muestral, se ubicó un transecto de 1,000 metros tratando de cubrir el mayor área posible del hexágono. En cada transecto, se ubicaron a su vez cinco estaciones de observación (una cada 200 m) para búsqueda y registro visual y auditivo de mamíferos. Con base en el diseño establecido, se procedió a realizar la apertura, marcaje y limpieza de los transectos dentro de los hexágonos dejándolos descansar por un período de 15 días antes de iniciar el primer muestreo.

7.2 Capacitación de investigadores locales:

Se diseñaron y desarrollaron cuatro talleres de capacitación técnica (teórico-prácticos) para entrenar e involucrar a guardarecursos del PNLL y habitantes de las comunidades cercanas a los principales remanentes boscosos del área de influencia como investigadores locales del proyecto. Durante los talleres, los investigadores locales del proyecto fueron capacitados sobre las técnicas de detección, identificación, muestreo y registro de mamíferos mayores amenazados y en peligro de extinción; así como el uso de cámaras digitales y binoculares necesarios para estandarizar sus conocimientos y habilidades para desarrollar de forma apropiada los muestreos de mamíferos mayores en la Ecoregión Lachuá. A cada pareja de investigadores se le entregó copias de la guía ilustrada bilingüe (Español-Q'eqchi') de bolsillo diseñada para identificar mamíferos y sus huellas para efectuar consultas rápidas en el campo (Hermes y Rosales-Meda, 2008). También se les asignó una cámara digital Nikon Coolpix L22, un binocular Bushnell 16x32 y un conjunto de materiales (boletas de monitoreo, reglas, lápices, yeso odontológico, folders plásticos, bolsas ziploc, entre otros) como equipo y suministros de apoyo para realizar los muestreos de campo, los cuales fueron gestionados como apoyo de contrapartida para el proyecto.

Durante cada taller se realizaron prácticas de campo dentro del PNLL para que los investigadores locales identificaran las huellas y rastros de mamíferos mayores; aprendieran la forma de monitorear apropiadamente los transectos; practicasen el uso de los binoculares para la identificación y caracterización de individuos/tropas de especies prioritarias; y el uso de cámaras digitales para documentar el proceso de monitoreo. También, se realizaron evaluaciones teórico-prácticas (previas y posteriores a cada taller) para evaluar el conocimiento y habilidades de los investigadores locales en la detección e identificación de mamíferos mayores para determinar la confiabilidad de los registros.

7.3 Muestreos de mamíferos mayores:

Cada transecto fue muestreado dos veces por mes (una c/15 días). Los recorridos se realizaron durante la mañana y parte de la tarde (8.00 a 15.00 h). Los muestreos se realizaron a paso lento (aprox. 500 m/h) sobre el transecto y en una banda de cinco metros de cada lado en búsqueda de evidencias directas (avistamientos) e indirectas (huellas y otros rastros) de mamíferos mayores amenazados y en peligro de extinción. En el caso de las huellas, cada pista (conjunto continuo de huellas) fue considerada un registro (Aranda, 2000). Para maximizar los avistamientos directos, se realizó una parada de 10 minutos en cada estación de observación para buscar y registrar mamíferos arborícolas y terrestres.

Los individuos observados y los rastros detectados fueron identificados en el campo utilizando la guía ilustrada bilingüe diseñada para el efecto (Hermes y Rosales-Meda, 2008) y las guías ilustradas para mamíferos de Reid (1997) y Aranda (2000). Para cada registro, se anotó en las boletas respectivas la especie a la cual pertenece, sexo y edad (avistamientos), medidas de pata/mano (huellas), fecha, clima, tipo de uso/cobertura del suelo donde se detectó, entre otros. Todas las huellas fueron borradas luego de ser registradas para evitar contabilizarlas nuevamente en futuros muestreos. Cuando fue posible, el proceso de documentación incluyó la toma de fotografías y la elaboración de moldes de huellas utilizando yeso odontológico.

Adicionalmente, se gestionó como apoyo de contrapartida el préstamo de préstamo cinco unidades de cámaras digitales con sensor infrarrojo y visor nocturno marca Bushnell® Trophy Cam™ como estrategia complementaria para detectar mamíferos mayores amenazados y en peligro de extinción en el PNLL. Las estaciones de cámaras trampa fueron instaladas y reubicadas durante cuatro meses en las unidades muestrales/transectos donde se registró una mayor cantidad de evidencias de especies prioritarias para la conservación. Las cámaras fueron revisadas cada 15 días para verificar su funcionamiento y descargar las fotografías/videos recabados.

7.4 Análisis de datos:

Se utilizaron los datos de detección/no-detección de cada especie por hexágono recabados durante los muestreos para calcular la riqueza estimada (γ) a escala de paisaje. Para los registros de campo, se asumió “ausencia” si una especie no fue detectada en el sitio de muestreo. Sin embargo, debe considerarse que esto no necesariamente significa que la especie estuvo ausente del sitio, sino que también puede ser reflejo de una baja abundancia poblacional y por ende tuvo menor probabilidad de detección. La riqueza “ γ ” se estimó utilizando el modelo de captura-recaptura para poblaciones cerradas propuesto por Nichols *et al.* (1998) en el programa CAPTURE® (White *et al.*, 1982). Se empleó el estimador $M(th)$ (Chao *et al.*, 1992) debido a que la probabilidad de detección varía entre especies y entre unidades de muestreo (Williams *et al.*, 2002).

Se utilizó estadística descriptiva para analizar la composición del ensamble de mamíferos mayores presente el paisaje. Las especies detectadas fueron clasificadas según el orden y familia taxonómica, tamaño corporal (medianos: $\geq 1 < 20$ kg; grandes: > 20 kg), su estado de conservación legal (amenazada/peligro de extinción) (CONAP, 2009 actualizado por Hermes y Rosales-Meda, 2011) y categoría de vulnerabilidad (alta/moderada/baja) (Daily *et al.*, 2003).

Se evaluó el grado de similitud de la riqueza y composición del ensamble de mamíferos amenazados y en peligro de extinción entre el PNLL y los remanentes boscosos de la zona norte y sur del área de influencia, utilizando el índice de Sorensen (IS).

Se cuantificó la riqueza específica por hexágono partir de todos los datos de detección/no-detección observados para 11 especies indicadoras (cabrito, coche de monte, jaguar, tapir, tepezcuintle, jabalí, venado, puma, ocelote, mono aullador negro y mono araña) que fueron seleccionadas como prioritarias por su categoría de protección y/o demanda cinegética. Dichos registros fueron trasladados al programa ArcView GIS® v.3.3 para elaborar mapas de la distribución espacial general de la riqueza del ensamble y de mamíferos amenazados y en peligro de extinción en el área de estudio.

Se estimaron tasas de ocurrencia como sustitutos de índices de abundancia relativa y/o uso de hábitat de nueve especies de mamíferos prioritarios a partir de los datos recabados en el PNLL. Para ello, se utilizó el programa MARK® v. 5.1 (White, 2009) para estimar la tasa de ocurrencia (Ψ) considerando la probabilidad de detección (p) para las nueve especies prioritarias con mayor cantidad de registros, mediante el modelo propuesto por MacKenzie *et al.* (2002). Los parámetros " Ψ " y " p " fueron estimados utilizando dos modelos: a) nulo= homogeneidad de " p " entre ocasiones de muestreo y b) heterogeneidad= " p " diferente entre ocasiones de muestreo. Se empleó el Criterio de Información de Akaike (CIA) corregido para tamaños de muestra reducidos (CIA_c) para seleccionar los mejores modelos (Burnham y Anderson, 2004). Se ordenaron todos los modelos de acuerdo a sus valores de CIA_c y el mejor fue el que presentó el menor valor de CIA_c .

8. RESULTADOS

8.1 Ampliación del sistema de monitoreo:

El sistema de monitoreo participativo de mamíferos mayores prioritarios se ha ampliado exitosamente a la zona sur/suroeste del PNLL, cuatro reservas forestales comunitarias (R.F.) y una reserva natural privada de su área de influencia protegidas bajo el Programa de Incentivos Forestales (PINFOR) del Instituto Nacional de Bosques (INAB). En la zona norte y noreste del área de influencia, se incorporó a la R.F. de las comunidades Pie del Cerro, Las Tortugas/San Benito I y la Reserva Natural Privada Chajumpec Nueve Cerros. En la zona sur, sureste y suroeste, se incorporó a la zona del PNLL colindante con la comunidades Monte Sinaí y Faisán I, el polígono del PNLL denominado “cola de pescado” colindante con las comunidades Rocjá Purribal y Salacuim y la R.F. de Rocjá Pomptilá (Figuras 1 y 2). Hasta la fecha, se cuenta con un total de 25 hexágonos habilitados como unidades muestrales del proyecto y cuyos transectos están siendo utilizados para realizar los muestreos. Dichas unidades representan más del 55% de hexágonos efectivos de muestreo existentes en el PNLL y los remanentes boscosos seleccionados de su área de influencia (ver Figura 2).

Por otra parte, se involucró a cuatro nuevos guardarecursos de la zona sur del PNLL y cinco habitantes locales de las comunidades Pie del Cerro, Rocjá Pomptilá y Santa Lucía en el proceso de monitoreo. Actualmente, un total de 12 guardarecursos del PNLL y cinco habitantes de las comunidades participan como investigadores locales (n=17). Se diseñaron e impartieron cuatro talleres de capacitación técnica (teórico-prácticos) relacionados con la detección, identificación, muestreo y registro de los mamíferos mayores amenazados y en peligro de extinción mediante avistamientos directos, huellas y otros rastros para entrenar, estandarizar, fortalecer y evaluar el conocimiento y habilidades requeridas para desarrollar los muestreos (favor ver detalles incluidos en sección 7.2 del presente documento). De febrero a octubre 2011, se realizó un total de 18 muestreos en el PNLL y 14 muestreos en los remanentes boscosos de su área de influencia, durante los cuales se recorrieron 424 km dentro de las unidades muestrales.

8.2 Riqueza y composición del ensamble de mamíferos mayores:

Se registró un total de 30 especies de mamíferos mayores durante los muestreos en el PNLL y su área de influencia (Cuadro 1). Sin embargo, existieron cuatro especies para las cuales la similitud entre sus huellas y/o rastros dificultaron su diferenciación en el campo.

El primer caso lo constituyen las dos especies de tacuazines (*Didelphis marsupialis* y *D. virginiana*) cuyas huellas fueron probablemente registradas durante los muestreos, pero se contabilizaron como una sola especie ya que es prácticamente imposible diferenciar sus huellas. De igual manera, también pudo haber traslape entre el tamaño de huellas de dos especies de zorrillos (*Conepatus semistriatus* y *Mephitis macroura*) que posiblemente habitan en el área de estudio. Por ello, ambos zorrillos también fueron registrados como una especie.

La riqueza “ γ ” estimada del ensamble de mamíferos mayores fue de 30 especies (error estándar $\pm 2,17$) con una probabilidad de detección asociada equivalente a 0,99. Con base en lo anterior y complementado con los datos de las especies cuya presencia ha sido corroborada, se establece que el paisaje de la Ecoregión Lachuá alberga, al menos, 31 especies de mamíferos mayores pertenecientes a siete órdenes y 14 familias taxonómicas (Cuadro 1). El orden mejor representado fue el de los carnívoros, el cual agrupó la mayor cantidad de especies ($n=12$). El ensamble de mamíferos mayores estuvo compuesto por 24 especies de talla mediana y siete grandes (coche de monte -*Pecari tajacu*-, jabalí -*Tayassu pecari*-, jaguar -*Panthera onca*-, puma -*Puma concolor*-, tapir -*Tapirus bairdii*-, venado -*Odocoileus virginianus*- y cabrito -*Mazama temama*-).

El 61% ($n=19$) de las especies registradas poseen poblaciones amenazadas ($n=8$) o en peligro de extinción ($n=11$) a nivel nacional o regional. El tapir, jabalí, nutria de río, jaguar, puma, ocelote (*Leopardus pardalis*), margay (*Leopardus wiedii*), yaguarundi (*Puma yagouaroundi*), mono aullador negro (*Alouatta pigra*), mono araña (*Ateles geoffroyi*) y tacuazín de agua (*Chironectes minimus*) son especies que se encuentran en peligro de extinción en la Ecoregión Lachuá. El venado cola blanca, cabrito, coche de monte, oso hormiguero, tepezcuintle (*Cuniculus paca*), perico ligero (*Eira barbara*), micoleón (*Potos flavus*) y hurón (*Galictis vittata*) son especies amenazadas y tienen poblaciones reducidas en la región. El 70% de los mamíferos detectados se clasifican como alta ($n=9$) o moderadamente sensibles ($n=12$) ante cambios de uso del suelo e impactos humanos (Daily *et al.*, 2003).

El ensamble de mamíferos amenazados y en peligro de extinción registrado en el PNLL ($n=19$) y en los remanentes boscosos de la zona norte y zona sur del área de influencia ($n=15$ y $n=16$, respectivamente) presentó un alto grado de similitud en su riqueza y composición de especies ($IS_{PNLL-zona\ norte} = 88,24\%$; $IS_{PNLL-zona\ sur} = 91,43\%$). El tapir y el jabalí fueron las dos especies grandes de alta prioridad de conservación que se registraron únicamente en el PNLL.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica y estado de conservación de las especies de mamíferos mayores registradas en el Parque Nacional Laguna Lachuá y remanentes boscosos principales de su área de influencia, Alta Verapaz, febrero a octubre 2011.

TAXONOMIA ^a	NOMBRE COMÚN ^b	TAMAÑO ^c	EC ^d	CV ^e	LUGAR ^f
DIDELPHIMORPHIA					
Didelphidae					
<i>Didelphis marsupialis</i>	Tacuazín	Mediano	NA	Baja	PL, AI
<i>Didelphis virginiana</i>	Tacuazín blanco	Mediano	NA	Baja	PL, AI
<i>Philander opossum</i>	Tacuazín cuatro ojos	Mediano	NA	Baja	PL
<i>Chironectes minimus</i>	Tacuazín de agua	Mediano	PE	ND	PL
CINGULATA					
Dasypodidae					
<i>Dasypus novemcinctus</i>	Armadillo	Mediano	NA	Baja	PL, AI
<i>Cabassous centralis</i>	Tumboarmado	Mediano	ND	ND	PL
PILOSA					
Myrmecophagidae					
<i>Tamandua mexicana</i>	Oso hormiguero	Mediano	A	Moderada	PL, AI
PRIMATES					
Atelidae					
<i>Alouatta pigra</i>	Mono aullador negro	Mediano	PE	Alta	PL, AI
<i>Ateles geoffroyi</i>	Mono araña	Mediano	PE	Alta	PL, AI
RODENTIA					
Cuniculidae					
<i>Cuniculus paca</i>	Tepezcuintle	Mediano	A	Moderada	PL, AI
Dasyproctidae					
<i>Dasyprocta punctata</i>	Cotuza	Mediano	NA	Moderada	PL, AI
Erethizontidae					
<i>Sphiggurus mexicanus</i>	Puercoespín	Mediano	NA	Moderada	PL, AI
CARNIVORA					
Canidae					
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorro gris	Mediano	NA	Baja	PL, AI
Felidae					
<i>Puma yagouaroundi</i>	Yaguarundi	Mediano	PE	Moderada	PL, AI
<i>Leopardus pardalis</i>	Ocelote	Mediano	PE	Moderada	PL, AI
<i>Leopardus wiedii</i>	Margay	Mediano	PE	Alta	PL, AI
<i>Puma concolor</i>	Puma	Grande	PE	Moderada	PL, AI
<i>Panthera onca</i>	Jaguar	Grande	PE	Alta	PL, AI
Mephitidae					
<i>Conepatus semistriatus</i>	Zorrillo	Mediano	NA	Baja	PL, AI
Mustelidae					
<i>Eira barbara</i>	Perico ligero	Mediano	A	Moderada	PL, AI
<i>Lontra longicaudis</i>	Nutria	Mediano	PE	Alta	PL, AI
<i>Galictis vittata</i>	Hurón	Mediano	A	Alta	PL, AI
Procyonidae					
<i>Nasua narica</i>	Pizote	Mediano	NA	Moderada	PL, AI
<i>Potos flavus</i>	Micoleón	Mediano	A	Moderada	PL, AI
<i>Procyon lotor</i>	Mapache	Mediano	NA	Baja	PL, AI

Continuación...

TAXONOMIA ^a	NOMBRE COMÚN ^b	TAMAÑO ^c	EC ^d	CV ^e	LUGAR ^f
ARTIODACTYLA					
Cervidae					
<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	Grande	A	Alta	PL, AI
<i>Mazama temama</i>	Cabrito	Grande	A	Moderada	PL, AI
Tayassuidae					
<i>Pecari tajacu</i>	Coche de monte	Grande	A	Moderada	PL, AI
<i>Tayassu pecari</i>	Jabalí	Grande	PE	Alta	PL
PERISSODACTYLA					
Tapiridae					
<i>Tapirus bairdii</i>	Tapir	Grande	PE	Alta	PL
LAGOMORPHA					
Leporidae					
<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo	Mediano	NA	ND	PL, AI

^a Orden, familia y nombre científico de cada especie; ^b Nombre común local^c Tamaño corporal: Mediano ($\geq 1 < 20$ kg); Grande (≥ 20 kg).^d Estado de conservación y categoría de protección para Guatemala (CONAP, 2009) modificado por Hermes y Rosales-Meda (2011) para adaptar la información a la realidad de la Ecoregión Lachuá: PE= especies en peligro extinción; A= especies amenazadas o con poblaciones reducidas; NA= especies no amenazadas; ND = no disponible.^e Categoría de vulnerabilidad (Daily *et al.*, 2003): Alta = especies dependientes de bosque que son muy sensibles a la pérdida/alteraciones de la cobertura boscosa e impactos humanos debido a sus requerimientos alimenticios/espacio y/o que son afectadas por cacería; Moderada = especies moderadamente sensibles que requieren bosque pero utilizan frecuentemente otros usos/coberturas del suelo y no dependen de hábitat boscosos específicos; Baja = especies poco sensibles que utilizan tanto los hábitat naturales como los creados por humanos y que generalmente son capaces de mantener o incrementar sus poblaciones en paisajes antropogénicos; ND = no disponible.^f Lugar de registro: PL = Parque Nacional Laguna Lachuá; AI = remanentes boscosos de su área de influencia.

8.3 Distribución espacial de la riqueza y de especies prioritarias:

La mayoría de unidades muestrales (80%) presentaron valores moderados y altos de riqueza de mamíferos mayores prioritarios para la conservación ($n \geq 7$ especies) (Figura 2). Se registró un mayor número de especies prioritarias en la zona central, norte, este y sureste del PNLL. Sin embargo, los sitios de muestreo localizados en la zona sur y suroeste del PNLL cerca de las áreas afectadas por invasiones humanas muestran una tendencia a presentar menores valores de riqueza que la zona central y sureste del área protegida (Figuras 2 y 3).

El 50% de los sitios de muestreo ubicados en los remanentes boscosos del área de influencia presentaron valores de riqueza moderados/altos similares a los del PNLL. La R.F. de la Comunidad Pie del Cerro y la reserva privada Chajumpec Nueve Cerros fueron los dos sitios del área de influencia que presentaron un mayor número de especies grandes (Figura 3). Las unidades muestrales de la zona norte del área de influencia que se encuentran más alejados de la zona central del PNLL presentaron una mayor riqueza de especies prioritarias, mientras que en R.F. de Rocjá Pomptilá se observó una tendencia inversa (Figura 2). Por otra parte, únicamente 20% de los sitios de muestreo ($n=5$) presentaron una baja riqueza de mamíferos prioritarios, pero éstos se encuentran dispersos y localizados en zonas críticas para el mantenimiento de la conectividad física del PNLL a escala biogeográfica y de paisaje (Figura 2).

De febrero a octubre 2011, se detectaron un total de 941 registros correspondientes a 31 especies de mamíferos mayores. Siete especies (cabrito, coche de monte, mono aullador negro, armadillo, tepezcuintle, cotuza y jaguar) produjeron el 73% ($n=680$) de los reportes.

Los datos recabados permitieron estimar la tasa de ocurrencia y probabilidad de detección para nueve especies prioritarias en el PNLL (Cuadro 2). El modelo de homogeneidad de "p" entre ocasiones de muestreo fue el seleccionado como más apropiado para estimar la Ψ de todas las especies (Cuadro 3). La probabilidad de detección general (p_g) para la mayoría de estos mamíferos fue superior a 0,85. Los valores de p_g fueron más altos para especies con rastros conspicuos (tapir, jaguar) o mamíferos que probablemente son abundantes o se encuentran ampliamente distribuidos en el paisaje (cabrito, coche de monte, tepezcuintle) (Cuadro 2). Las ocho especies tuvieron bajas probabilidades de detección por ocasión de muestreo ($p_o \leq 0,38$). Las especies con valores más altos de p_o fueron el coche de monte y el cabrito, mientras que el venado y el jabalí presentaron los valores más bajos de p_o .

Las especies prioritarias que estuvieron presentes en una mayor proporción del PNLL fueron el cabrito, jaguar, ocelote, mono aullador negro, tepezcuintle y coche de monte, ya que su ocurrencia fue estimada con precisión en más del 80% ($\Psi > 0,85$) de las unidades muestrales. Comparativamente, el tapir, jabalí y el venado estuvieron presentes en una menor proporción del área protegida (Cuadro 2). Los estimados de Ψ para el jabalí y venado tuvieron poca precisión debido al bajo número de ocurrencias registradas para estas especies en el PNLL, lo cual se refleja en los amplios intervalos de confianza obtenidos para dicho parámetro.

Por otra parte, la mayoría de registros recabados en los remanentes boscosos del área de influencia del PNLL fueron de mono aullador negro ($n=74$; 21,3%) y cabrito ($n=73$, 21%). Como dato interesante, se registraron más ocurrencias de mono araña en el área de influencia que dentro del PNLL ($n=34$ vs. 6 registros, respectivamente). La cantidad de ocurrencias registradas para el resto de mamíferos mayores prioritarios fue insuficiente para realizar estimaciones precisas de Ψ para estas especies en el área de influencia.

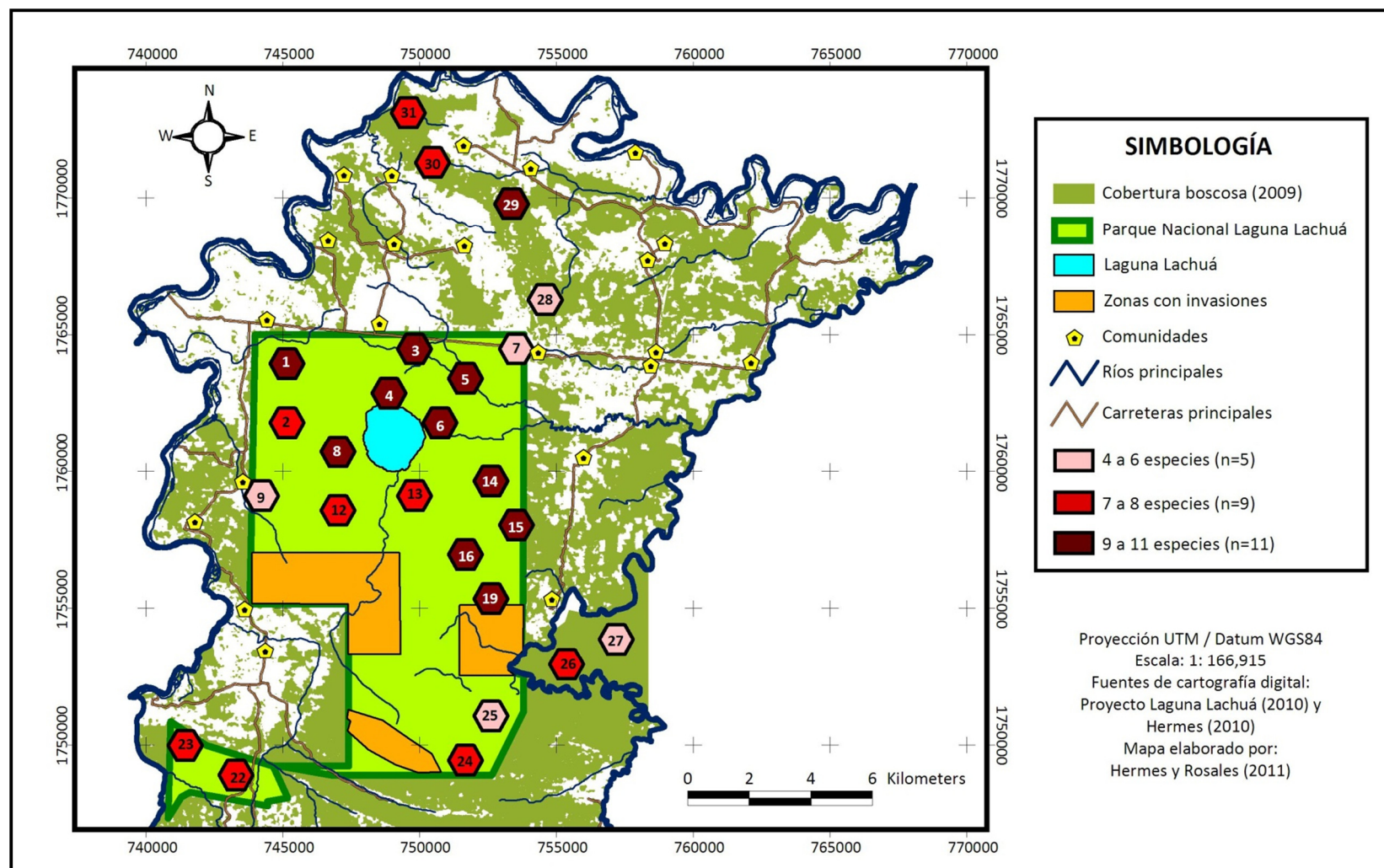


Figura 2. Número de especies de mamíferos mayores indicadores (n=11) detectadas en los sitios de muestreo del Parque Nacional Laguna Lachuá y su área de influencia, Alta Verapaz, 2011.

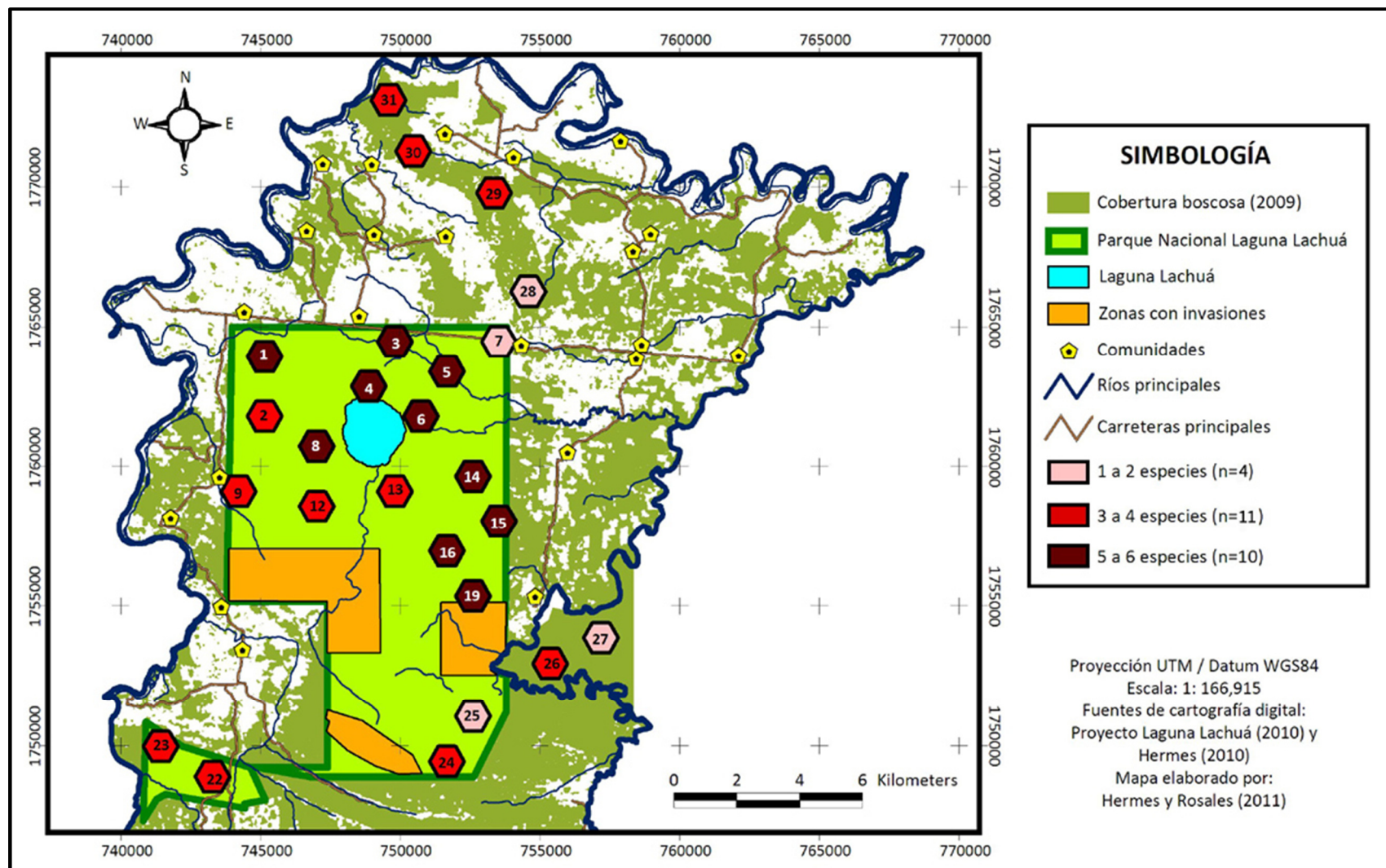


Figura 3. Número de especies de mamíferos mayores grandes (n=7) detectadas en los sitios de muestreo del Parque Nacional Laguna Lachuá y su área de influencia, Alta Verapaz, 2011.

Cuadro 2. Tasa de ocurrencia y probabilidad de detección por muestreo, estimadas a partir de los mejores modelos seleccionados, para nueve especies de mamíferos mayores prioritarias registradas en el Parque Nacional Laguna Lachuá, Alta Verapaz, febrero a octubre del 2011.

Espece	Ψ^a	$\Psi IC\ 95\%^b$	p_g^c	p_o^d	$pIC\ 95\%^e$
Cabrito	1,00	1,00 - 1,00	1,00	0,36	0,29 - 0,44
Jaguar	1,00	0,99 - 1,00	0,98	0,21	0,15 - 0,28
Ocelote	1,00	0,99 - 1,00	0,97	0,20	0,14 - 0,27
Mono aullador negro	1,00	0,99 - 1,00	0,73	0,15	0,11 - 0,25
Tepezcuintle	0,91	0,54 - 0,99	0,99	0,30	0,22 - 0,39
Coche de monte	0,86	0,55 - 0,95	0,99	0,38	0,29 - 0,47
Tapir	0,63	0,33 - 0,85	0,98	0,22	0,14 - 0,34
Jabalí	0,58	0,13 - 0,94	0,87	0,12	0,03 - 0,36
Venado	0,54	0,15 - 0,91	0,77	0,09	0,05 - 0,43

^a Ψ = tasa ocurrencia estimada utilizando probabilidades de detección obtenidas a partir de datos de 16 hexágonos.

^b $\Psi IC\ 95\%$ = intervalo de confianza al 95% de Ψ .

^c p_g = probabilidad de detección general; ^d p_o = probabilidad de detección por ocasión de muestreo. Se reporta un solo valor para cada especie por muestreo porque presentaron similares "p" entre ocasiones de muestreo (modelo homogeneidad).

^e $pIC\ 95\%$ = intervalo de confianza al 95% de p_o .

Cuadro 3. Modelos utilizados para estimar las tasas de ocurrencia y probabilidades de detección de nueve especies de mamíferos mayores prioritarios registrados en los sitios de muestreo del Parque Nacional Laguna Lachuá, Alta Verapaz, febrero a octubre 2011.

ESPECIE	MODELO ^a	K ^b	CIA _c	ΔCIA _c ^d	MV ^e	Wi ^f
Cabrito	Homogeneidad	2	193,290	0,000	1,0000	1,0000
	Heterogeneidad	10	246,999	53,708	0,0000	0,0000
Coche de monte	Homogeneidad	2	175,930	0,000	1,0000	1,0000
	Heterogeneidad	10	221,591	45,661	0,0000	0,0000
Jabalí	Homogeneidad	2	165,379	0,000	1,0000	1,0000
	Heterogeneidad	10	197,586	32,207	0,0000	0,0000
Jaguar	Homogeneidad	2	152,304	0,000	1,0000	1,0000
	Heterogeneidad	10	196,723	44,418	0,0000	0,0000
Mono aullador negro	Homogeneidad	2	164,693	0,000	1,0000	1,0000
	Heterogeneidad	10	182,749	18,056	0,0000	0,0000
Ocelote	Homogeneidad	2	149,591	0,000	1,0000	1,0000
	Heterogeneidad	10	188,551	38,959	0,0000	0,0000
Tapir	Homogeneidad	2	115,696	0,000	1,0000	1,0000
	Heterogeneidad	10	164,967	49,271	0,0000	0,0000
Tepezcuintle	Homogeneidad	2	171,791	0,000	1,0000	1,0000
	Heterogeneidad	10	221,452	49,661	0,0000	0,0000
Venado	Homogeneidad	2	174,586	0,000	1,0000	1,0000
	Heterogeneidad	10	198,251	23,665	0,0000	0,0000

^a Modelo = homogeneidad: similares valores de probabilidad de detección (p) por ocasión de muestreo; heterogeneidad: "p" fue distinta entre ocasiones de muestreo.

^b k = número de parámetros en el modelo.

^c CIA_c = Criterio de información de Akaike para muestras reducidas $[CIA + (2k(k+1)) / (n-k-1)]$.

^d ΔCIA_c = diferencia entre el valor de CIA_c de cada modelo y el CIA_c mínimo.

^e VM = Verosimilitud del modelo $[\exp(-\Delta CIA_c / 2)]$

^f Wi = ponderados de Akaike $[\exp(-\Delta CIA_c / 2) / \sum \exp(-\Delta CIA_c / 2)]$.

Nota: Modelos por especie ordenados de manera ascendente de acuerdo a sus valores de CIA_c.

Los mapas de distribución espacial general elaborados para nueve mamíferos prioritarios para la conservación muestran que la mayoría se encuentran ampliamente distribuidos en la Ecoregión Lachuá y que hacen uso extensivo de las zonas y hábitats disponibles para sobrevivir. El cabrito y el mono aullador negro fueron las dos especies con mayor extensión y continuidad en distribución espacial, ya que se registraron en todas las unidades de muestreo ($n=25$) abarcando todo el gradiente ecológico sur-norte del área de estudio (Figuras 4 y 5).

El coche de monte y el tepezcuintle se estuvieron distribuidos en 88% de los sitios de muestreo ($n=22$) (Figuras 6 y 7). La presencia de tepezcuintle no fue registrada en los sitios próximos más a las invasiones humanas existentes en el suroeste del PNLL. El jaguar también presentó una amplia distribución espacial en el PNLL y su presencia en dos sitios de muestreo del área de influencia evidencia la importancia de la conectividad física para esta especie de grandes requerimientos de hábitat que utiliza el agropaisaje circundante para sobrevivir (Figura 8).

El venado cola blanca y tapir mostraron una distribución espacial intermedia y discontinua (52% y 44% de unidades muestrales, respectivamente) (Figuras 9 y 10). La distribución espacial del tapir tiende a estar restringida a las zonas no montañosas del PNLL y se encuentra ausente por completo en los remanentes boscosos del área de influencia. El jabalí también fue registrado únicamente en 44% de unidades muestrales pero su distribución espacial tiende a estar concentrada en la zona central y sureste del PNLL y ausente en el área de influencia (Figura 11).

El mono araña fue la especie que mostró una distribución espacial más restringida en la Ecoregión Lachuá (40% de sitios de muestreo); dicha especie se encuentra distribuida en las zonas montañosas del sur/sureste del PNLL y los sitios de muestreo de la zona norte del área de influencia conformando dos subpoblaciones que carecen de interconexión por la ausencia de tropas de mono araña en la zona central y norte del área protegida (Figura 12).

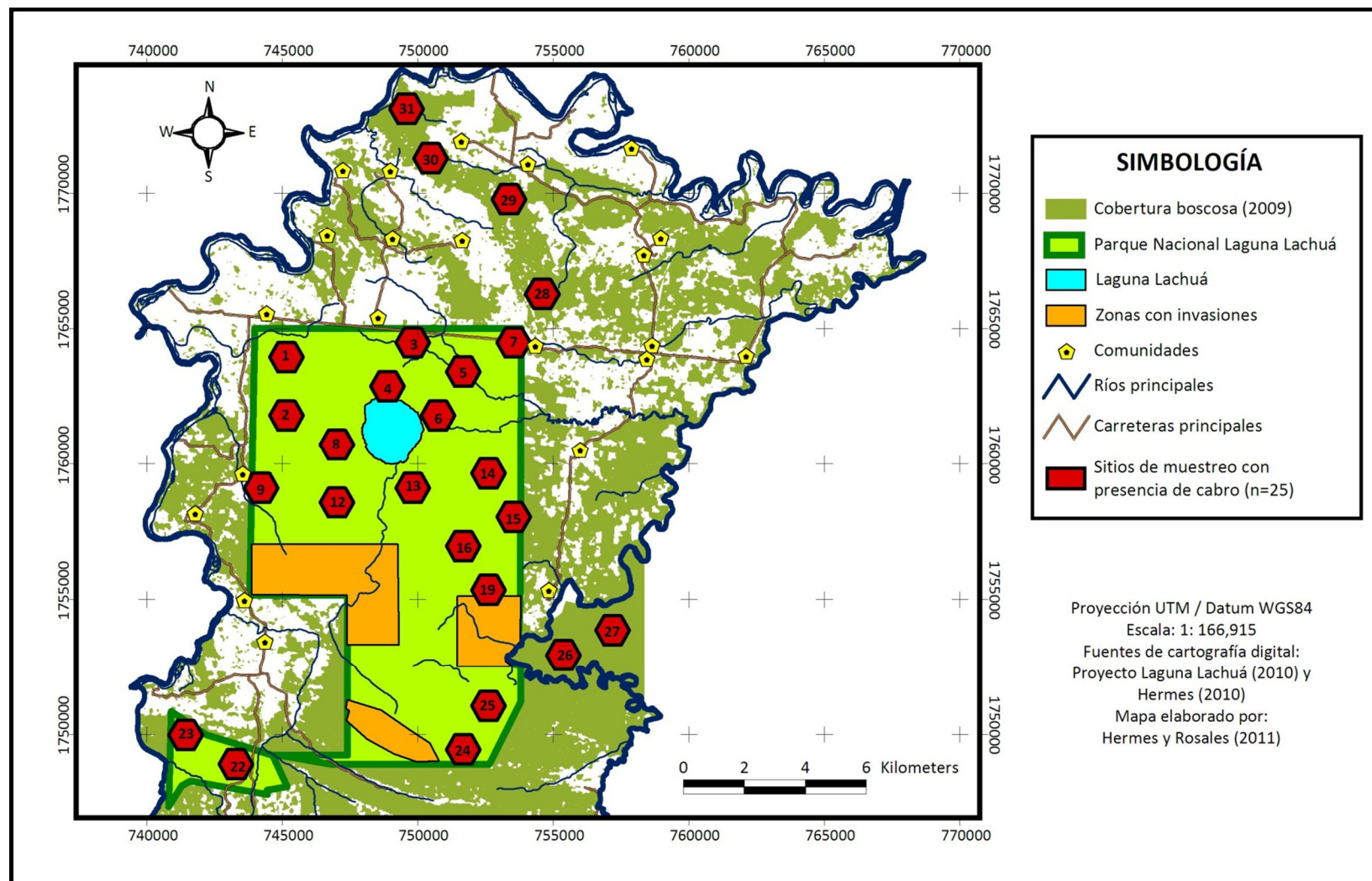


Figura 4. Distribución espacial general del cabrito (*Mazama temama*) en los sitios de muestreo en el Parque Nacional Laguna Lachuá y su área de influencia, Alta Verapaz, 2011.

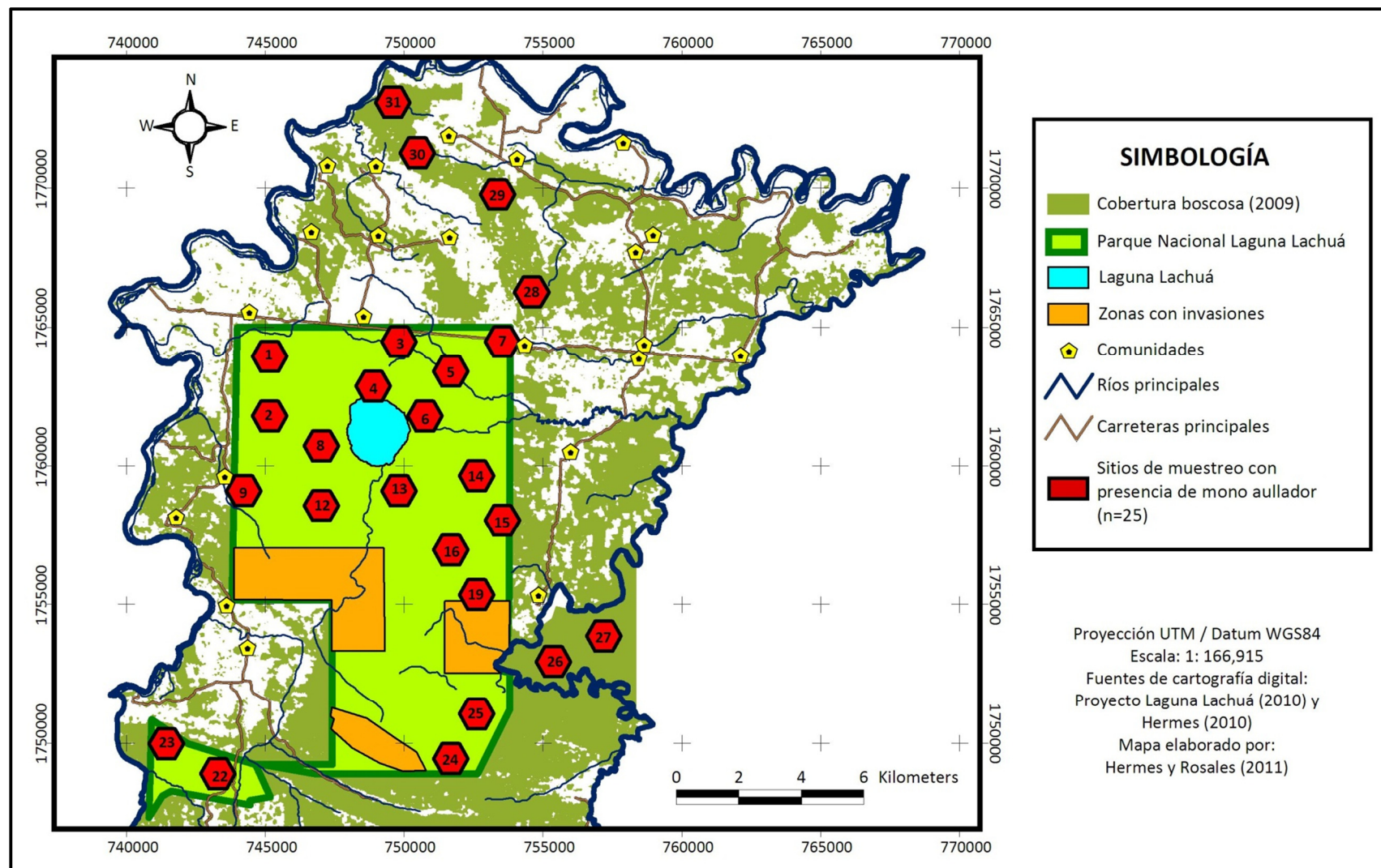


Figura 5. Distribución espacial general del mono aullador negro (*Alouatta pigra*) en los sitios de muestreo en el Parque Nacional Laguna Lachuá y su área de influencia, Alta Verapaz, 2011.

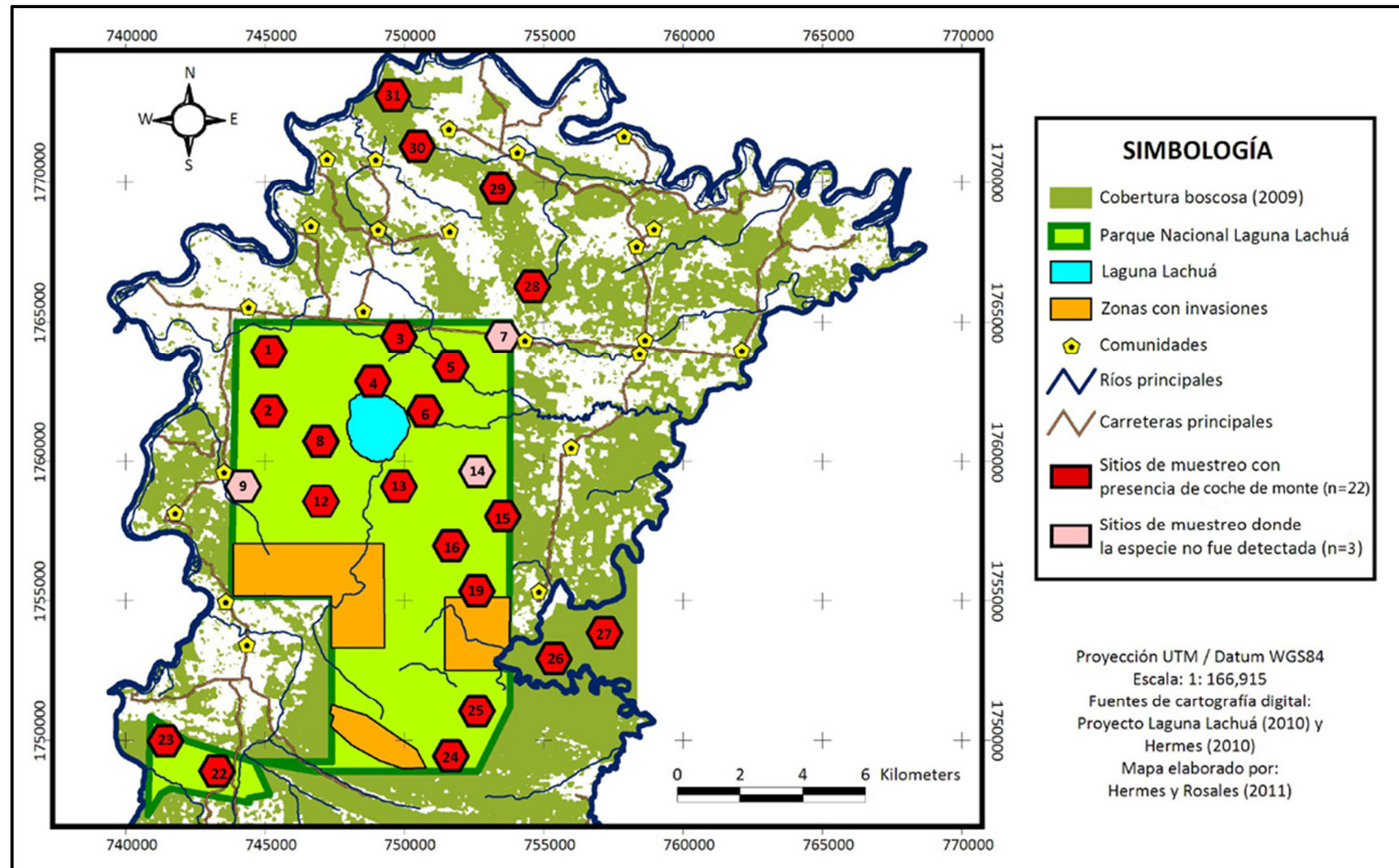


Figura 6. Distribución espacial general del coche de monte (*Pecari tajacu*) en los sitios de muestreo en el Parque Nacional Laguna Lachuá y su área de influencia, Alta Verapaz, 2011.

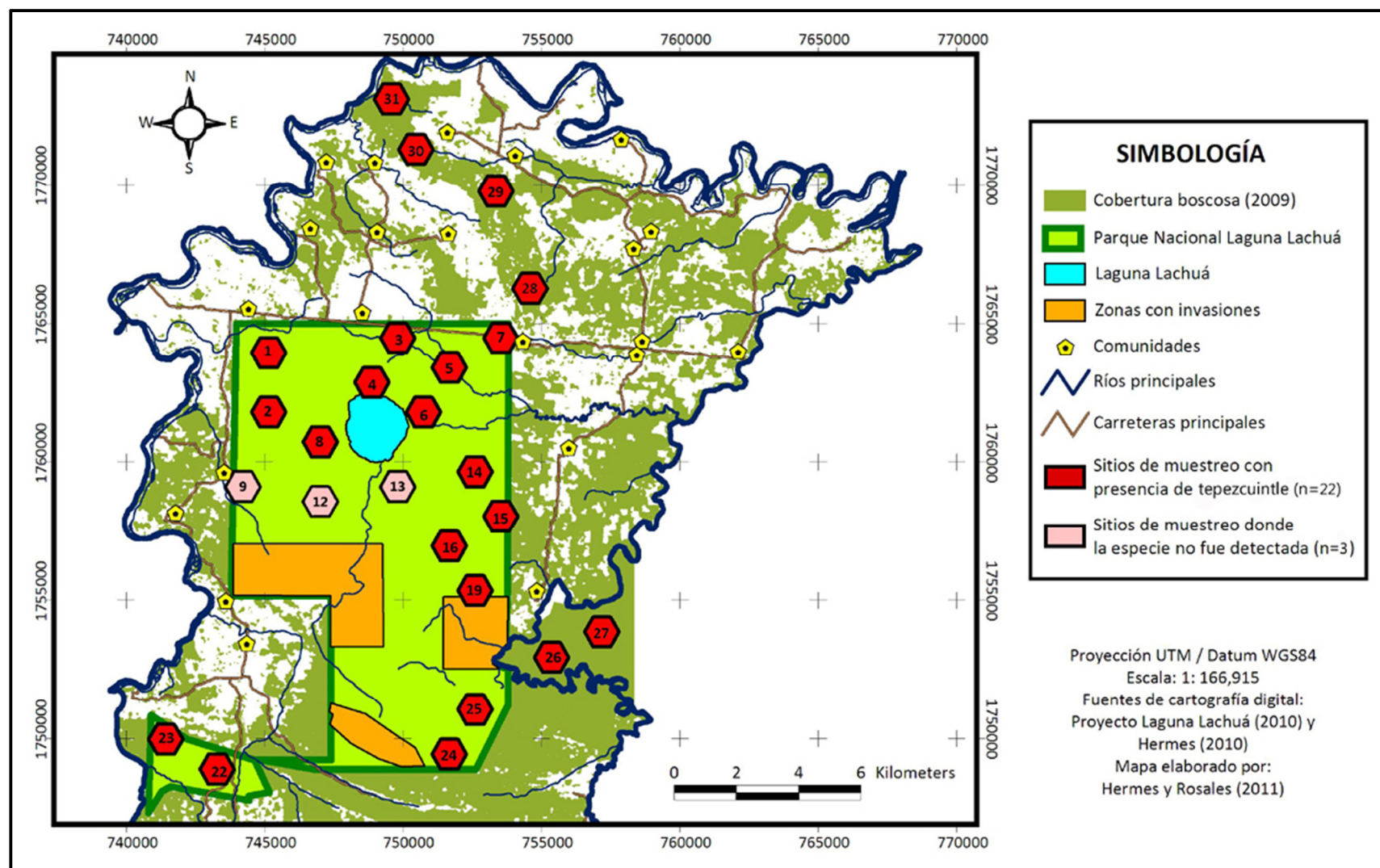


Figura 7. Distribución espacial general del tepezcuintle (*Cuniculus paca*) en los sitios de muestreo en el Parque Nacional Laguna Lachuá y su área de influencia, Alta Verapaz, 2011.

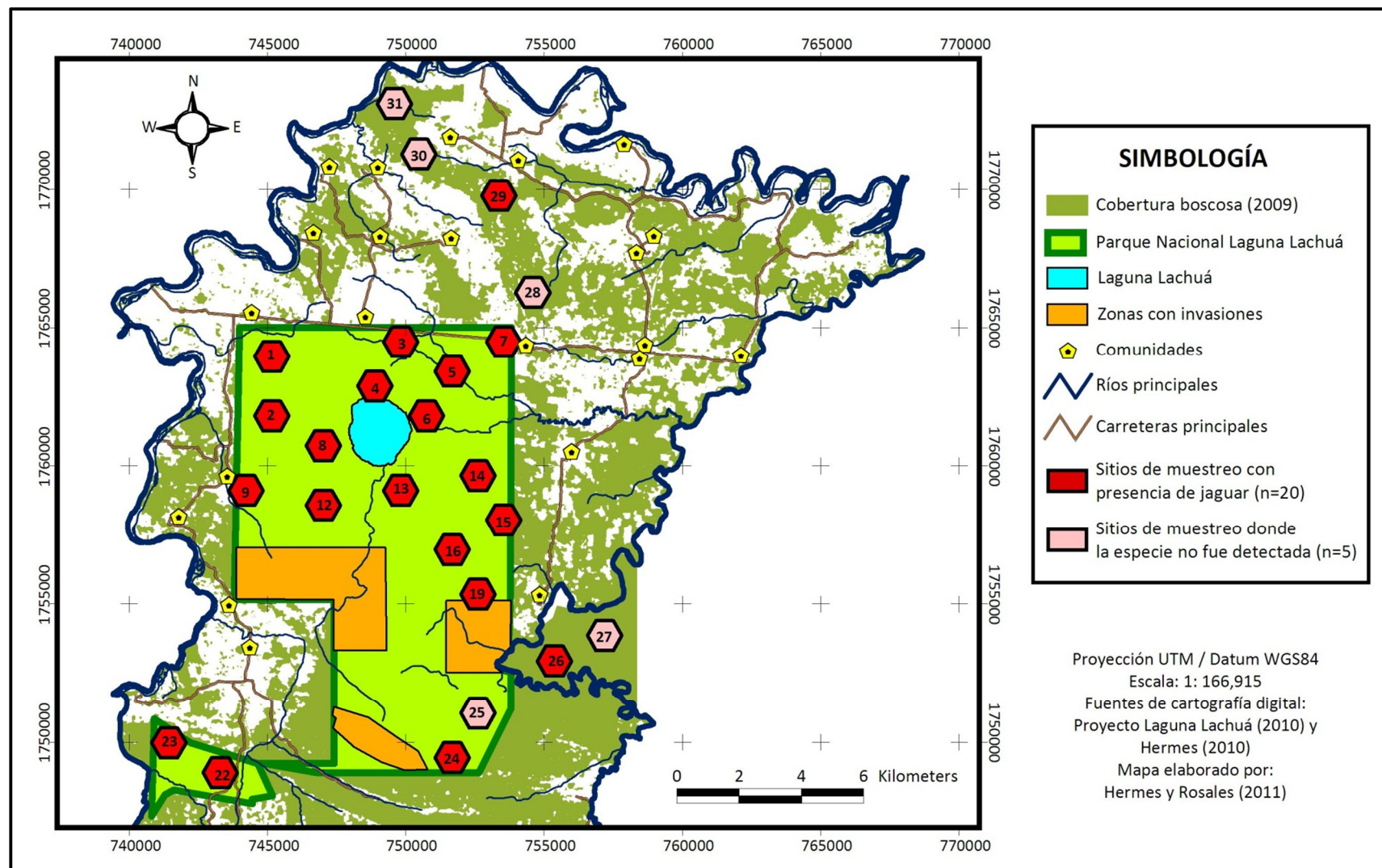


Figura 8. Distribución espacial general del jaguar (*Panthera onca*) en los sitios de muestreo en el Parque Nacional Laguna Lachuá y su área de influencia, Alta Verapaz, 2011.

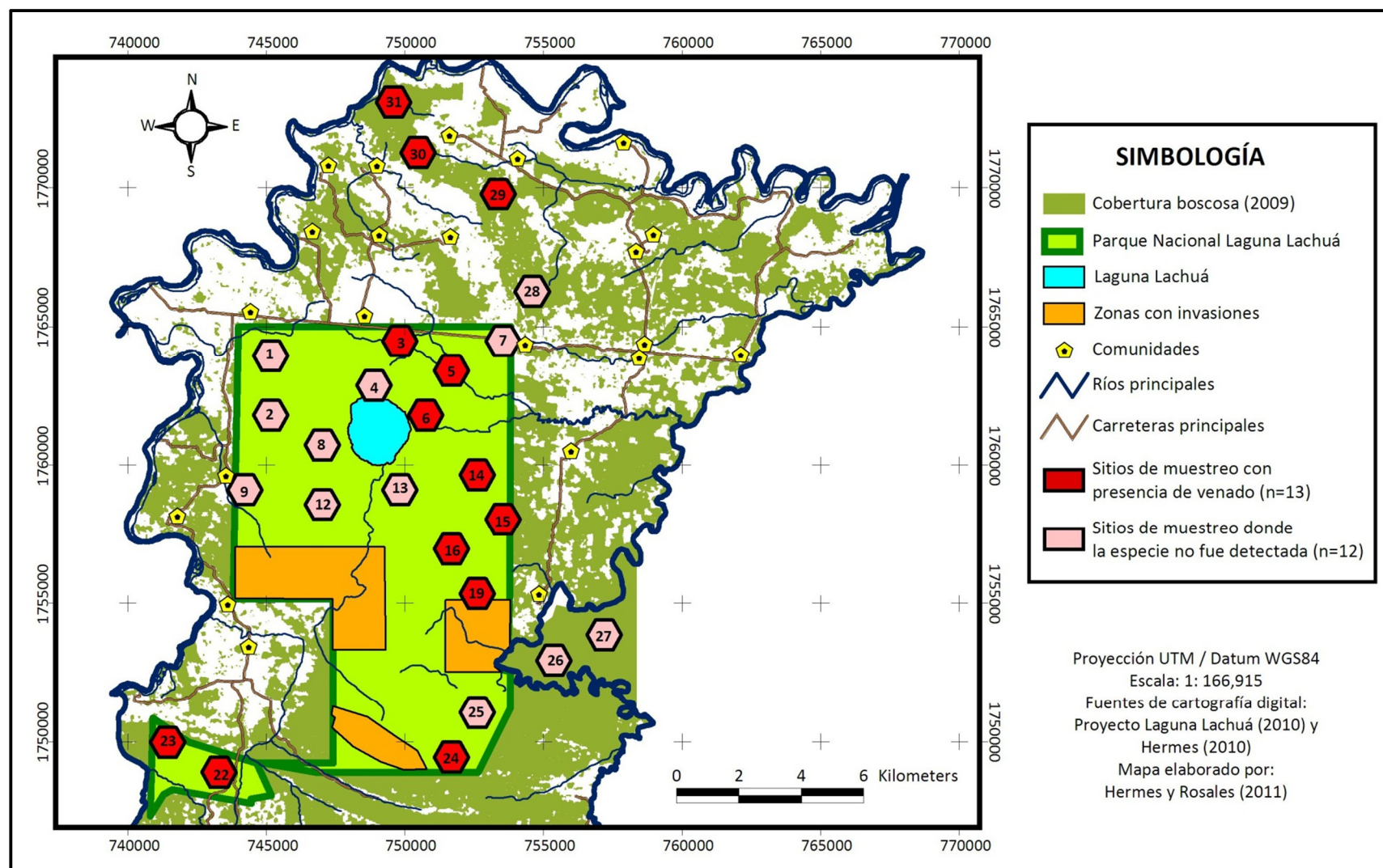


Figura 9. Distribución espacial general del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en los sitios de muestreo en el Parque Nacional Laguna Lachuá y su área de influencia, Alta Verapaz, 2011.

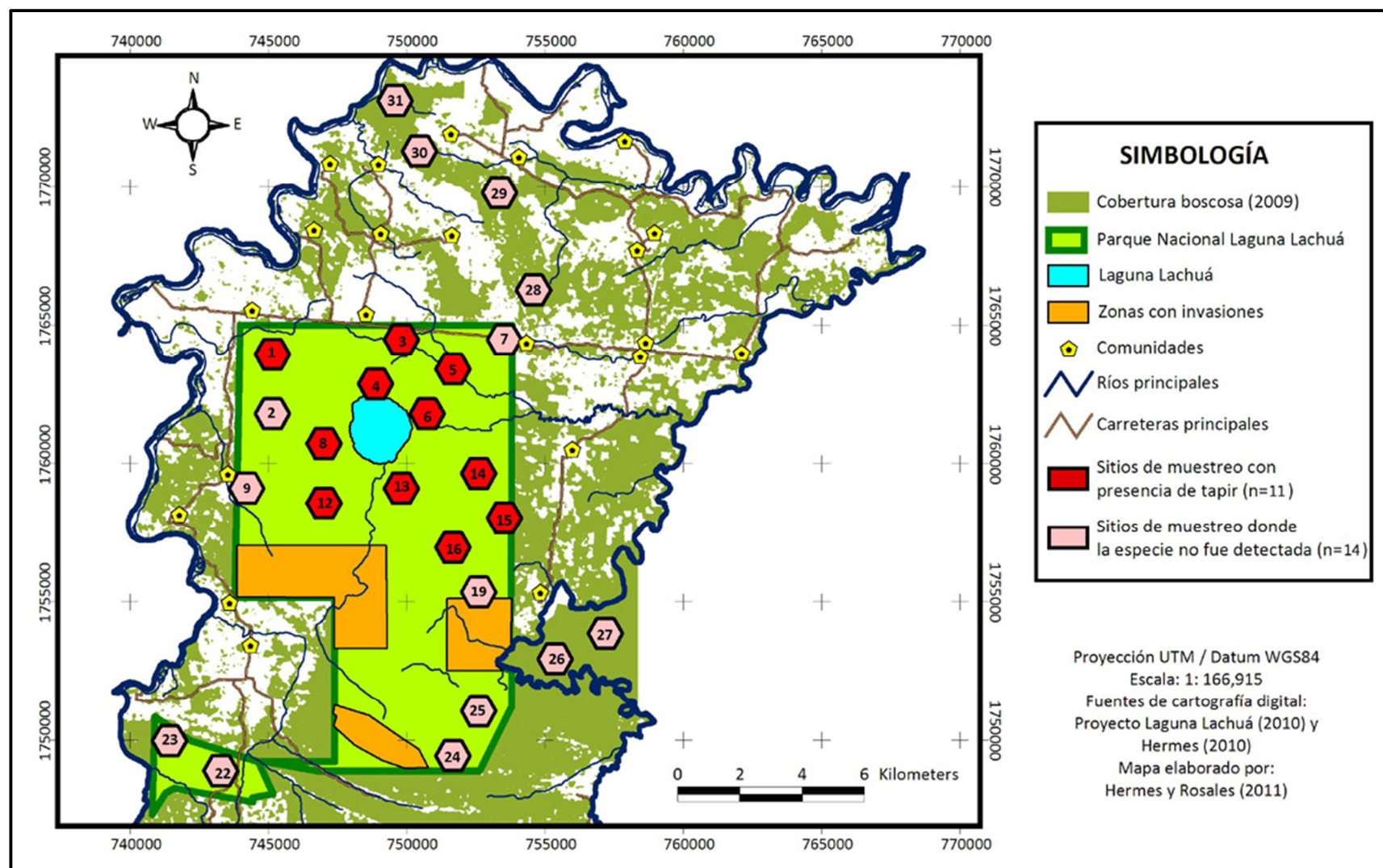


Figura 10. Distribución espacial general del tapir (*Tapirus bairdii*) en los sitios de muestreo en el Parque Nacional Laguna Lachuá y su área de influencia, Alta Verapaz, 2011.

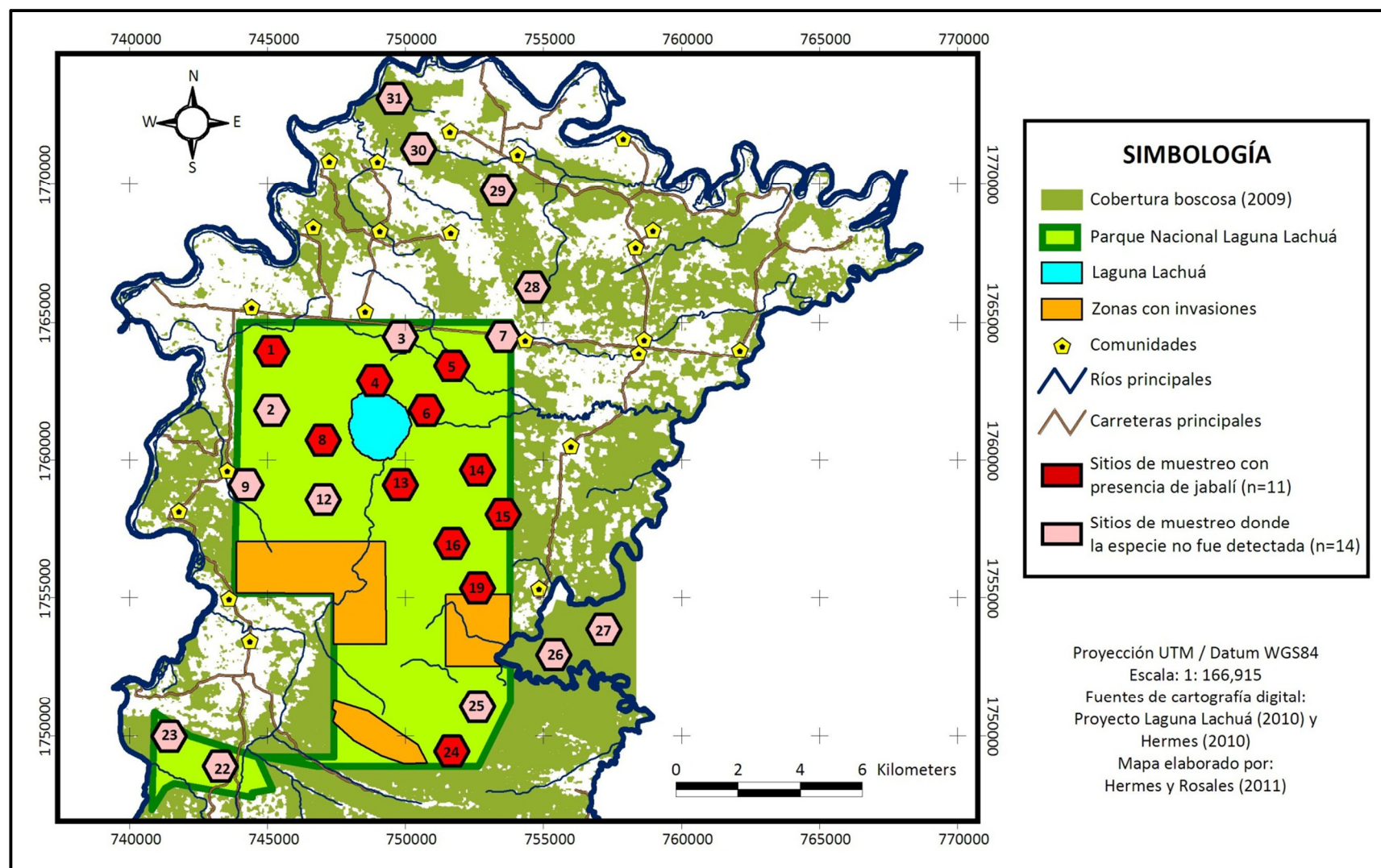


Figura 11. Distribución espacial general del jabalí (*Tayassu pecari*) en los sitios de muestreo en el Parque Nacional Laguna Lachuá y su área de influencia, Alta Verapaz, 2011.

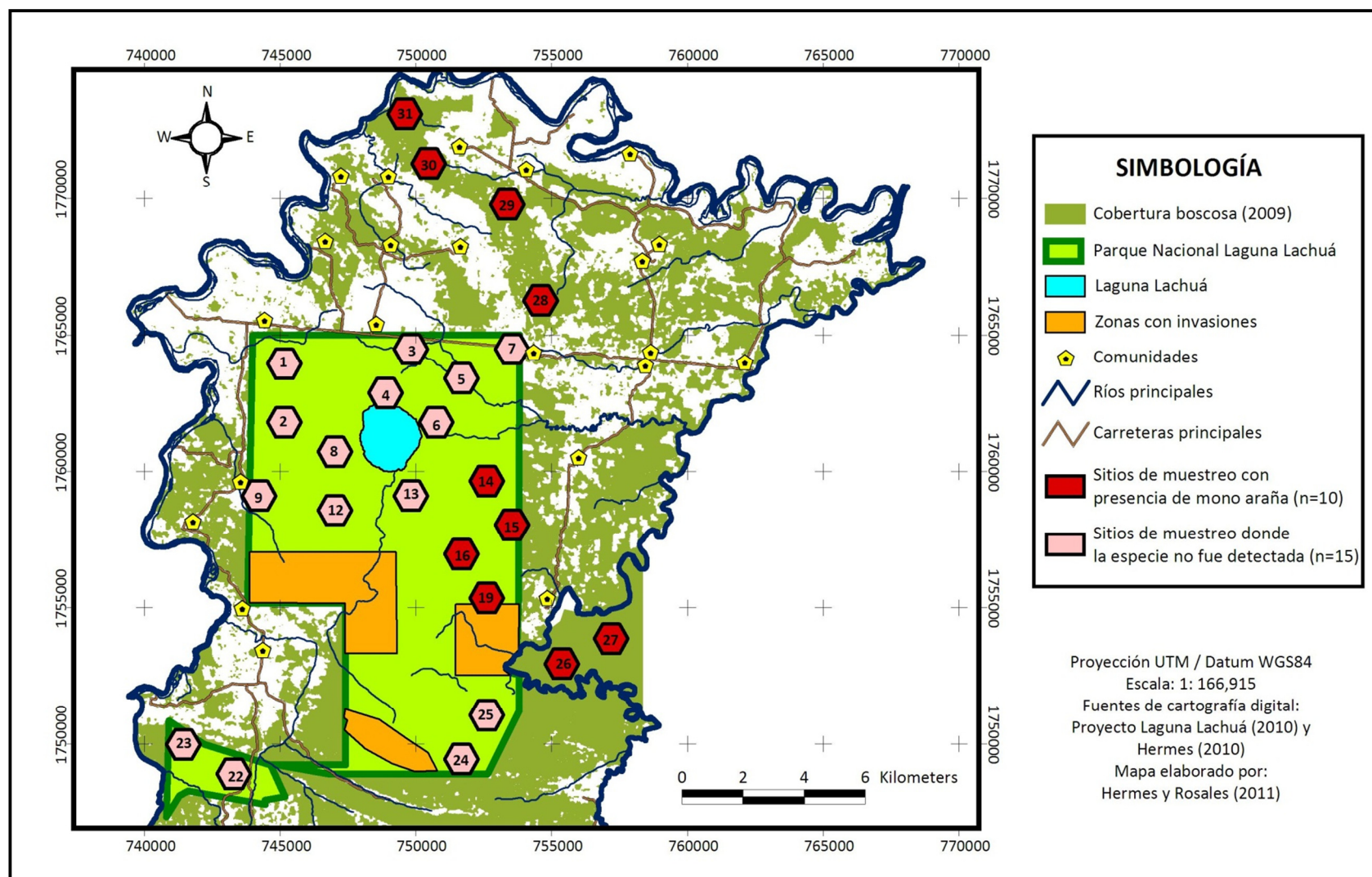


Figura 12. Distribución espacial general del mono araña (*Ateles geoffroy*) en los sitios de muestreo en el Parque Nacional Laguna Lachúa y su área de influencia, Alta Verapaz, 2011.

9. DISCUSIÓN

9.1 Riqueza y composición del ensamble de mamíferos mayores:

Los resultados obtenidos hasta la fecha evidencian el importante valor y potencial de conservación que posee el PNLL y los remanentes de bosque nativo principales de su área de influencia que conforman bloques de hábitat continuo y se encuentran protegidos por el PINFOR para albergar una alta riqueza y un diverso ensamble de mamíferos mayores. El ensamble que habita actualmente en la Ecoregión Lachuá se ha mantenido a través del tiempo y está compuesto por todos los mamíferos mayores reportados históricamente por Ponciano y Sandoval (1982) para esta zona del país. La mayoría de especies registradas poseen alta prioridad de conservación por encontrarse amenazadas o peligro de extinción y representan el 83% del total de mamíferos mayores terrestres incluidos en la Lista Roja de Fauna para Guatemala (n=23) (CONAP, 2009) y el 88% de mamíferos terrestres presentes en el Listado CITES de Guatemala (n=16) (CONAP, 2006).

Es importante destacar que a pesar de ser un región protegida relativamente pequeña y relativamente aislada de otras áreas protegidas, la riqueza y la composición específica del ensamble de mamíferos mayores de la Ecoregión Lachuá es muy similar a la que ha sido reportada en las áreas protegidas más grandes, con mayor grado de conectividad y/o menor grado de perturbación de la Reserva de Biosfera Maya (RBM) localizadas en Petén (Tikal, Laguna del Tigre, Sierra de Lacandón, Mirador-Río Azul, Yaxhá-Nakum-Naranjo) e Izabal (Sierra de las Minas, Punta de Manabique) (CONAP, 2000; Parkswatch y Trópico Verde, 2002; Parkswatch, 2002, 2003a y 2003b).

Estos resultados son interesantes y evidencian parcialmente el grado de resiliencia y la capacidad de adaptación que pueden tener dichas especies ante cambios en la vegetación y perturbaciones humanas (Trzcinski *et al.*, 1999). Por el contrario, los resultados difieren parcialmente de lo planteado por Brown *et al.* (2001) respecto a que los paisajes con menos cobertura boscosa poseen menores valores de riqueza y un subconjunto de las especies encontradas en paisajes similares con más bosque disponible, que son capaces de utilizar los recursos limitantes y tolerar las condiciones ambientales alteradas.

Respecto a los mamíferos mayores que poseen importancia para la conservación, la Ecoregión Lachuá y estas áreas protegidas grandes del norte y noreste del país comparten casi todas las especies clasificadas bajo las categorías de moderada y alta vulnerabilidad (Cuadro 1). Los mamíferos moderadamente vulnerables son importantes porque necesitan fragmentos de vegetación nativa para sobrevivir, pero también pueden utilizar otros hábitats (Daily *et al.*, 2003). La

presencia de todos los mamíferos altamente vulnerables (e.g. jaguar, tapir, jabalí, mono araña) en el área de estudio es interesante y alentadora por ser especies clave que necesitan extensas zonas de vegetación nativa para obtener alimento/refugio y son muy sensibles a la pérdida de bosque y la actividad de cacería (Daily *et al.*, 2003; Michalski y Peres, 2005; Medici *et al.*, 2006). Todas estas especies especial atención ya que se ha reportado que su sobrevivencia se encuentra seriamente limitada tanto en áreas protegidas pequeñas y/o con poca conectividad como en agropaisajes intensamente manejados por humanos (tales como la Ecoregión Lachuá) en los que ha habido una considerable reducción en la cobertura boscosa original y/o donde la presión de cacería es intensa (Daily *et al.*, 2003; Harvey *et al.*, 2006; Hermes, 2008).

9.2 Distribución espacial de la riqueza y de especies prioritarias:

Los patrones de distribución espacial de la riqueza de mamíferos indicadores y grandes muestran que la conectividad entre el PNLL y los remanentes boscosos de la zona norte y sur de área de influencia se mantiene conformando un interrelacionado que mantiene la continuidad ecológica de las poblaciones de la mayoría de éstas especies, lo cual sustenta la hipótesis planteada. Los patrones de distribución observados sugieren que la riqueza y distribución especial e mamíferos mayores prioritarios se ve afectada de forma positiva por la conectividad física y negativamente por la influencia de las actividades humanas en el área de estudio.

Varios estudios han resaltado la importancia de la conectividad para los mamíferos mayores (Hilty y Merenlender, 2004; Hermes, 2008; Sáenz y Sáenz, 2008). A escala de paisaje, la información generada muestra que la conectividad existente entre la zona central PNLL y los remanentes boscosos de la zona sur es más fuerte en la región este del área protegida. La mayor extensión de cobertura forestal y más superficie de contacto que existe entre el PNLL y las zonas forestadas circundantes de la zona sur/sureste puede proveer múltiples beneficios para los mamíferos mayores, entre los cuales destacan el incremento del hábitat y recursos disponibles al favorecer el acceso a otras zonas con vegetación nativa (Rosales-Meda, 2008); más oportunidades exitosas de movimiento y dispersión (Revilla *et al.*, 2004); mayores probabilidades de reproducción e intercambio genético (Quan, 2008); y disminución de los riesgos asociados cuando individuos se desplazan por los hábitats abiertos de la matriz, entre otros aspectos.

El hábitat disponible y la conectividad física también contribuyen a explicar los patrones espaciales de mayor riqueza registrados en la zona central, norte, este y sureste del PNLL. En estas zonas se detectó el ensamble más diverso de especies, la mayoría de mamíferos mayores que son de interés para la

conservación (e.g. felinos, pecaríes, cérvidos, primates) y una mayor cantidad de ocurrencias y registros reproductivos de estas especies. Con base en la evidencia recabada, se sugiere que dicha región podría estar actuando como un hábitat “fuente” clave en el paisaje (donador de animales) y como un puente ecológico que favorece el movimiento e intercambio de especies entre el PNLL y su área de influencia. Como ejemplo de ello, en dicha área se logró fotografiar y filmar a cuatro jaguares saludables (dos machos adultos, una hembra preñada y una hembra juvenil entrando a edad adulta). Los registros de la hembra preñada y el juvenil son sumamente importantes porque son buenos indicadores de calidad de hábitat y muestran que está ocurriendo actividad reproductiva de jaguar en la zona norte y central del PNLL, siendo los datos reproductivos confiables que se ha logrado recabar de esta especie prioritaria a lo largo de nueve años de investigación en el área protegida.

Se ha reportado que los procesos de dispersión y movimiento de algunos mamíferos mayores pueden incrementarse conforme disminuye la distancia de los sitios a los hábitat fuente (Revilla *et al.*, 2004). En este sentido, la zonas centro, sur, sureste y suroeste del PNLL son críticas y de alta prioridad para la conservación porque conforman el corredor biológico más importante para la viabilidad ecológica del área protegida, debido a que la conecta físicamente con los grandes bosques lluviosos de la Sierra de Chamá existentes en el departamento de Quiché y el municipio de Chisec con los cuales se encuentra biogeográficamente relacionada. Dicha conexión contribuye a amortiguar los problemas que tiene el PNLL por ser un área protegida pequeña rodeada por una zona altamente deforestada y fragmentada, ampliando el hábitat disponible y permitiendo el movimiento/intercambio de animales silvestres. Dicho vínculo probablemente ha sido clave para permitir la existencia y el mantenimiento de un ensamble diverso de mamíferos mayores en el PNLL y los remanentes boscosos de su área de influencia.

Las características físicas y la heterogeneidad de la matriz también pueden afectar la disponibilidad de recursos y el movimiento de los mamíferos mayores entre remanentes, debido a que la mayoría de especies no se encuentran restringidas únicamente a las zonas boscosas legalmente protegidas (Revilla *et al.*, 2004; Hermes, 2008). Considerando el tamaño de las áreas de actividad que han sido reportadas para felinos, pecaríes y primates, entre otros (Fragoso, 1998; Michalski y Peres, 2005) es altamente probable que los territorios de individuos, manadas y/o tropas de varias especies abarquen considerables áreas fuera del PNLL como lo evidencian los mapas de distribución espacial de mamíferos mayores prioritarios generados por el presente estudio.

El paisaje del área de influencia de la zona sur y sureste del PNLL es más heterogéneo, más conectado y menos adverso que el de la zona norte, noroeste, noreste y suroeste, ya que posee extensos bosques/cardamomales y menos potreros y monocultivos abiertos/estacionales. Tal conformación también puede estar influyendo en la disponibilidad de alimento y vulnerabilidad de los mamíferos mayores de interés. Fahrig (2003) indica que la proximidad entre los hábitats requeridos por la fauna determina en gran medida su movimiento a través de ellos. La estructura del paisaje aledaño a la zona sur y sureste del PNLL probablemente se encuentre favoreciendo el movimiento de mamíferos amenazados y en peligro de extinción, que son grandes y/o que poseen extensas áreas de actividad, entre fragmentos de cobertura nativa circundantes y reduciendo su vulnerabilidad.

Por el contrario en la zona norte, noroeste y noreste la cobertura boscosa es escasa y el paisaje se encuentra dominado por monocultivos abiertos (milpas, frijol, sandía, piña, palma africana) y pastos. A pesar de ello, se registró una alta riqueza de especies prioritarias en la zona norte del PNLL y en la mayoría de reservas naturales/forestales que conforman la Serranía Nueve Cerros en el norte del área de influencia, lo cual sustenta la hipótesis planteada. Los valores de riqueza obtenidos en la R.F. de Pie del Cerro y la reserva privada Chajumpec incluso son similares a los de algunos sitios del PNLL, lo cual también resalta el valor y potencial de conservación de los grandes remanentes de bosque nativo comunitarios y/o protegidos por PINFOR.

Sin embargo, se ha reportado que una mayor cantidad de áreas abiertas y la configuración espacial de la matriz puede afectar negativamente la distribución, tasas de movimiento y sobrevivencia de algunos mamíferos mayores (Revilla *et al.*, 2004). En estas zonas, la predominancia de pastos y agricultura con poca o sin cobertura forestal ha generado una matriz de menor calidad que ha reducido el hábitat disponible para los mamíferos. Esto a su vez, restringe sus posibilidades de movimiento a través de una matriz menos permeable y/o incrementa el riesgo de mortalidad de las especies que transitan por las áreas abiertas del norte del paisaje. Al respecto, la conectividad del área protegida y la zona norte/noreste de la Ecoregión parece estar limitada por las características del paisaje aledaño a la esquina noreste del PNLL donde la riqueza de especies es baja. En dicha zona crítica, la proximidad y las actividades extractivas de la comunidad Santa Lucía compuesta por más de 100 familias, la presencia de la Franja Transversal del Norte (FTN) y la pérdida de cobertura boscosa que ha ocurrido en el extremo sur de la Serranía Nueve Cerros a causa de incendios y deforestación constituyen tres factores limitantes cuya influencia negativa debe ser manejada y mitigada para mantener y fortalecer la conectividad existente entre el PNLL, la Serranía Nueve Cerros y remanentes boscosos aledaños.

Por ser de difícil acceso a humanos, las montañas del sur y sureste del PNLL probablemente provean refugio y favorezcan los movimientos de estas especies clave entre sitios boscosos vecinos tales como la R.F. de Rocjá Pomptilá, serranías de San Luís Chiquito, Pataté, Faisán I y II, Monte Sinaí, Semuy I y II, entre otros. Al respecto, la región sureste del PNLL donde se localiza la invasión denominada “Mansión del Norte” es clave por su ubicación geográfica estratégica porque juega un papel muy importante como un corredor biológico que facilita el movimiento de mamíferos mayores amenazados y en peligro de extinción entre estos sitios. Sin embargo, la deforestación masiva y la cacería ilegal que ha ocurrido y continua ocurriendo en esta zona constituyen serias amenazas para la sobrevivencia de estos mamíferos.

La influencia humana es un factor crítico que afecta la sobrevivencia y conservación de los mamíferos mayores en áreas protegidas inmersas en paisajes alterados. En términos generales, la cantidad de especies bajo categoría de protección y el número de mamíferos grandes fue mayor en las zonas central, este y sureste del PNLL que se encuentran más alejadas de las áreas con mayor intervención humana. La distribución espacial de la cobertura vegetal nativa y ubicación geográfica de las comunidades humanas existentes en el área de influencia muestran que el PNLL se encuentra sometido a un “cinturón de presión antropogénica”, lo cual se ve reflejado en la distribución espacial de las especies más grandes y sensibles como el tapir y el jabalí. Dicha presión antropogénica posiblemente está haciendo que el ensamble de especies se concentre o tienda a usar más la zona central, este y sureste del PNLL. Esto probablemente se deba a los efectos negativos que pueden ocasionar las actividades humanas para la sobrevivencia de los mamíferos mayores (Hansen y Rotella, 2002; Riley *et al.*, 2003) entre los cuales destacan el incremento de la vulnerabilidad y/o mortalidad a causa de conflictos con humanos y/o cacería (Woodroffe y Ginsberg, 1998; Peres, 2001; Rosales-Meda *et al.*, 2004), depredadores no nativos (Hilty y Merenlender, 2004) y tráfico vehicular (Kramer-Schadt *et al.*, 2004).

El PNLL es un área protegida pequeña que posee serios problemas en su diseño y carece de una zona de amortiguamiento legalmente definida. Actualmente se encuentra rodeado de comunidades humanas cuyas actividades extractivas y la modificación del paisaje circundante ejercen una fuerte presión sobre el área protegida. La zona norte, noreste y noroeste del área de influencia del PNLL es habitada por una gran cantidad de personas que viven en comunidades más cercanas entre sí. En algunos casos tales como Zapotal I, San Luis, Zapotal II, San Marcos y Santa Lucia, el centro de la comunidad colinda con el PNLL y por ello ejercen una influencia directa sobre el mismo. Por el contrario, la zona sur, este y sureste del PNLL posee menos comunidades y más distantes

entre sí. Estos sitios también se encuentran más alejados de las comunidades más grandes y con mayor densidad poblacional. Esto incrementa el hábitat disponible, contribuye a intensificar el efecto positivo y amortiguador de la cobertura boscosa y la conectividad física sobre los mamíferos mayores y disminuye las probabilidades de encuentros negativos con seres humanos.

La cacería es una de las principales amenazas para sobrevivencia de los mamíferos mayores en la Ecoregión Lachuá (Rosales-Meda *et al.*, 2010a; Rosales-Meda y Hermes, 2010). Desde el 2004 a la fecha, la cacería de mamíferos mayores ha disminuido considerablemente dentro del área protegida gracias al efecto sinérgico de los esfuerzos de control/vigilancia que se realizan en el PNLL y los procesos de educación, sensibilización y manejo comunitario ambiental que se desarrollan en su área de influencia. Como aspecto positivo, los resultados del programa de monitoreo durante el 2011 muestran que las poblaciones de algunas especies se encuentran en mejor estado de conservación que hace ocho años cuando la cacería en la región era intensa (Hermes, 2004; Rosales-Meda *et al.* 2004). Como ejemplo, durante el presente año se lograron registrar cuatro jaguares (dos machos adultos, una hembra preñada y una hembra juvenil) en un área relativamente pequeña (25 km²) de la zona central/este del PNLL en un período tres meses; mientras que en el 2004 se logró fotografiar únicamente tres individuos adultos (dos machos y una hembra) en 95 km² del área protegida a lo largo de un año de muestreo mediante cámaras trampa (Hermes, 2004). Dichos registros son muy importantes porque sugieren que actualmente existe una alta densidad de este gran carnívoro en el PNLL y que las poblaciones de sus presas son más abundantes en dicha zonas del PNLL.

Sin embargo, desde el 2005 la cacería se ha incrementado fuertemente en las zonas suroeste y sur del PNLL debido a la agudización del conflicto de las cinco invasiones humanas localizadas dentro del PNLL (Baleu, Caal, Chub, Sacrab com. pers. 2011). Actualmente, se carece de información sistemática sobre la riqueza del ensamble y la presencia de mamíferos mayores prioritarios en la zona suroeste del PNLL debido que los habitantes de las invasiones “XYa’alko be’” y “Se’ Quixpur” han vedado de forma violenta el acceso a esta región a los guardarecursos e investigadores. En el año 2004 previo a que ocurriera deforestación masiva en esta región, el estudio realizado con grandes depredadores mostró la importancia de la zona suroeste del PNLL para la conservación de mamíferos mayores amenazados y en peligro de extinción, ya que en esta zona se registró la mayor cantidad de ocurrencias de felinos (jaguar, puma, ocelote) y sus presas potenciales (tepezcuintle, cabrito, coche de monte, jabalí, armadillo, cotuza) (Hermes, 2004).

Sin embargo, los datos recabados por los guardarecursos durante el monitoreo ecológico y sus actividades de control/vigilancia muestran que los registros de estos mamíferos han disminuido fuertemente por la severa deforestación e intensa presión de cacería que están ocasionando dichas invasiones. Se observa que los sitios de muestreo próximos a estas invasiones poseen un menor número de especies y rastros de mamíferos mayores en comparación con las regiones más conservadas del PNLL (centro, norte, este y sureste). La frecuencia de encuentro de personas con armas de fuego, perros y cadáveres de animales silvestres ha aumentado considerablemente en estas y otras zonas aledañas a las invasiones.

Durante las actividades de control y vigilancia, los guardarecursos han registrado numerosas evidencias de actividades extractivas ilegales tales como deforestación y caza de especies amenazadas y en peligro de extinción tales como el tapir, tepezcuintle, venado, coche de monte, cabrito, margay y varias especies de aves amenazadas, entre otras. Los usurpadores han abierto numerosas brechas y caminos dentro del PNLL para facilitar su acceso, lo cual ha incrementado los efectos negativos de las actividades humanas. La influencia negativa de estas invasiones se ha extendido hacia el área sur y suroeste de la Laguna Lachuá en el centro del PNLL. Frecuentemente se encuentran evidencias de personas (huellas, champas, tapescos, brasas, animales destazados) que se dedican a realizar actividades extractivas ilícitas en la Laguna y zonas aledañas. La distribución espacial de la riqueza de especies prioritarias y grandes sugiere que las invasiones están ejerciendo una fuerte presión que induce los mamíferos a evitar estas dichas áreas y hacer uso intensivo de la zona norte y este del PNLL.

Las evidencias recabadas muestran que la zona suroeste del PNLL está siendo defaunada aceleradamente y es altamente probable que se haya convertido en un sumidero poblacional para las poblaciones de varios mamíferos mayores prioritarios para la conservación. La distribución espacial de especies cinegéticas clave tales como el tepezcuintle, venado y jabalí también muestran la influencia negativa de estas invasiones, ya que su presencia no fue registrada en los sitios cercanos a las áreas más conflictivas. Además, dichas invasiones se encuentran afectando negativamente la conservación y viabilidad ecológica del PNLL reduciendo progresivamente su conectividad física a escala de paisaje y biogeográfica. Esto también aplica al caso de las invasiones “Se Jobche” y “Michbil Rix Pu” que ocupan una zona prioritaria para la conservación en el extremo sur del PNLL y han disminuido su conectividad con los remanentes montañosos del sur. Dichos conflictos merman fuertemente el potencial de conservación del PNLL y la Ecoregión Lachuá y ponen en riesgo la viabilidad ecológica del sistema y la sobrevivencia de los mamíferos mayores amenazados y en peligro de extinción a corto, mediano y largo plazo.

Los datos recabados muestran que la cacería es practicada en menor escala en algunos remanentes boscosos estudiados y protegidos por el PINFOR en el área de influencia tales como la R.F. de Rocjá Pomptilá, la R.F. de Las Tortugas/San Benito I y la reserva privada Chajumpec, lo cual puede a futuro disminuir la calidad del hábitat que éstos proveen y limitar su potencial de conservación. El sector Jimbal de la R.F. de Rocjá Pomptilá constituye el caso más notorio de un remanente boscoso próximo a la invasión “Mansión del Norte” que fue defaunado por cacería a pesar de su gran tamaño y cercanía al PNLL. Por el contrario, la R.F. de Pie del Cerro representa un claro ejemplo del impacto positivo que puede tener la sensibilización ambiental y organización comunitaria para conservar la naturaleza y reducir la cacería. En dicha reserva se registró la mayor cantidad de mamíferos grandes del área de influencia del PNLL, lo cual es reflejo de los valiosos esfuerzos realizados por los líderes y habitantes locales de la comunidad Pie del Cerro a través del tiempo para salvaguardar la flora y fauna que allí habita.

Adicionalmente, se ha reportado que las carreteras y caminos también constituyen elementos críticos que disminuyen la permeabilidad del paisaje porque actúan como barreras artificiales para el movimiento, ocasionan alta mortalidad de individuos y facilitan el acceso de personas al hábitat de los mamíferos mayores (Kerley *et al.*, 2002; Tigas *et al.*, 2002). Al respecto, se registraron bajos valores de riqueza de mamíferos prioritarios y grandes en los sitios aledaños a la zona noreste del PNLL cercanos a la carretera FTN que constituye la principal vía de acceso al área de estudio y cuyo contexto se encuentra severamente deforestado. Durante el trabajo de campo, se encontraron varios cadáveres de mamíferos, reptiles y anfibios que fueron atropellados cuando intentaban cruzar esta carretera. Sin embargo, también se han observado a varios mamíferos cruzando la carretera (e.g. tepezcuintle, ocelote, cabrito, jaguar, cotuza, armadillo, conejo) ya que el tráfico vehicular es aun relativamente escaso y los vehículos viajan a una velocidad moderada/baja por ser un camino de terracería en mal estado. Dado que el proceso de asfalto de la FTN se encuentra aprobado y ha dado inicio, es muy importante que se implementen y extremen todas las medidas de mitigación necesarias (CAMINOS, 2005; Rosales-Meda *et al.*, 2010b) para evitar que la carretera se convierta en un problema mayor para la sobrevivencia de los mamíferos mayores y el mantenimiento de la conectividad entre el PNLL y la zona noreste de su área de influencia.

Por otra parte, la proporción de sitios de muestreo con presencia de una especie de interés ha sido empleada como un estimador de su distribución (MacKenzie *et al.*, 2002) o de su abundancia en determinada zona (MacKenzie y Nichols, 2004). En el presente estudio, los valores de Ψ pueden o no reflejar la

abundancia poblacional de las especies registradas. Esto se debe a la escala espacial de análisis, el diseño de muestreo utilizado, la longitud de la temporada de muestreo y los requerimientos de espacio de las especies que conforman el ensamble de mamíferos mayores en el área de estudio. Con los recursos humanos, económicos y logísticos disponibles hubiera sido imposible implementar un programa de monitoreo de mamíferos mayores cuyo diseño de muestreo considerara los requerimientos de espacio de cada especie que era posible encontrar en el paisaje. Por ello, se empleó el término “tasa de ocurrencia” como una expresión más amplia que engloba la “ocupación” y el “uso”, dando margen para hacer distinciones.

En particular, los valores Ψ de las especies cuyos individuos poseen áreas de actividad menores que el tamaño de las unidades de muestreo (≤ 100 ha) pueden utilizarse como una medida correlacionada positivamente con su abundancia relativa en el PNLL. Con base en lo anterior, el cabrito, el mono aullador negro y el tepezcuintle fueron las especies más comunes y abundantes de las nueve especies para las cuales fue posible estimar sus tasas de ocurrencia en el PNLL. Dichas especies pueden verse favorecidas por su capacidad para utilizar los recursos alimenticios y hábitat disponible en el área protegida, debido a sus características conductuales y ecológicas.

Para el resto de especies que tienen áreas de actividad mayores a 100 ha (e.g. carnívoros y algunos ungulados), la tasa de ocurrencia refleja la proporción del paisaje que utilizan para llevar a cabo sus actividades. De ellas, el jaguar, el ocelote y el coche de monte fueron las especies que utilizan una mayor extensión del PNLL. Debido a sus características biológicas y ecológicas, estas tres especies poseen grandes áreas de actividad y necesitan recorrer distancias amplias en búsqueda de los recursos necesarios para satisfacer sus necesidades.

Las tasas de ocurrencia observadas y mapas de distribución espacial general también muestran el grado de restricción espacial que algunas especies poseen debido a diversos factores antropogénicos y disponibilidad de hábitat. En el área de estudio, los casos más evidentes son el mono araña y el jabalí quienes se encuentran utilizando una menor proporción del paisaje a pesar de tener grandes áreas de actividad y alta capacidad de movimiento (Keuroghlian *et al.*, 2004; Reyna-Hurtado *et al.*, 2009). Ambas especies son altamente sensibles a la pérdida de hábitat y la cacería intensa; y se ha reportado que son dos de las primeras especies de mamíferos mayores que se extinguen en agropaisajes y áreas protegidas que han sufrido fuerte perturbación humana (Peres, 2001; Daily *et al.*, 2003). Por ello, las zonas donde se encuentran distribuidas dichas especies deben considerarse de alta prioridad para la conservación en la Ecoregión Lachuá.

A futuro, es importante prestar mucha atención a los patrones de distribución espacial y las tendencias de los valores de las tasas de ocurrencia de estos nueve mamíferos mayores amenazados y en peligro de extinción para evaluar sus poblaciones y el estado de conservación del PNLL a través del tiempo.

Todos los patrones observados en la distribución espacial de la riqueza y especies prioritarias descritos anteriormente constituyen evidencias sólidas de la importancia ecológica y el valor de conservación que posee la Ecoregión Lachuá, pero a su vez muestran claramente el estado de amenaza y vulnerabilidad en que se encuentra actualmente. Dichos resultados deben ser tomados como base para planificar, orientar e implementar de forma eficiente y a la brevedad posible estrategias y acciones para ampliar el hábitat nativo disponible; mejorar/mantener la conectividad del PNLL con sitios boscosos a escala de paisaje y biogeográfica; y mitigar los impactos negativos de las invasiones y otras actividades humanas sobre la Ecoregión Lachuá y su biodiversidad en el corto, mediano y largo plazo.

10. CONCLUSIONES

- La Ecoregión Lachuá alberga un ensamble diverso de mamíferos mayores compuesto por al menos 31 especies, el cual es muy similar al existente en las áreas protegidas grandes e interconectadas de la Reserva de Biosfera Maya.
- El ensamble de mamíferos amenazados y en peligro de extinción registrado en el PNLL y en los remanentes boscosos de la zona norte y sur del área de influencia presentó un alto grado de similitud ($> 88\%$) en su riqueza y composición de especies.
- Los patrones de distribución espacial de la riqueza de mamíferos indicadores y grandes muestran que el PNLL y los remanentes boscosos del norte y sur del área de influencia conforman un sistema interconectado que mantiene la continuidad ecológica de las poblaciones de la mayoría de éstas especies.
- La distribución de la riqueza del ensamble de mamíferos mayores prioritarios en la Ecoregión Lachuá se ve afectada de forma positiva por la conectividad física del paisaje y negativamente por la influencia de las actividades antropogénicas.
- La mayor riqueza y el ensamble más diverso de mamíferos se registraron en las zonas central, norte, este y sureste del PNLL, mientras que los sitios cercanos a las invasiones humanas presentaron menos especies de interés.
- Las especies prioritarias que estuvieron presentes en una mayor proporción del paisaje fueron el cabrito, jaguar, ocelote, mono aullador negro, tepezcuintle y coche de monte, mientras que especies más sensibles como el tapir, jabalí y mono araña presentaron una distribución espacial más restringida asociada a las zonas con mejor estado de conservación del hábitat, menor intervención humana y/o mayor conectividad física.
- La zona suroeste/sur del PNLL y el paisaje aledaño a la esquina noreste del área protegida constituyen áreas críticas para la conservación debido a que se encuentran limitando la conectividad física y amenazando la integridad ecológica de la Ecoregión Lachuá.

11. RECOMENDACIONES

La información base recabada muestra que la Ecoregión Lachuá alberga un ensamble diverso de mamíferos mayores que constituye una excelente representación del que originalmente habitaba en esta región. El ensamble es prácticamente idéntico al que había cuando esta región y las áreas circundantes estaban cubiertas por bosques extensos hace 30 años y conserva en una considerable proporción del paisaje a varias especies que se encuentran legalmente protegidas y/o que son importantes para el mantenimiento de los procesos ecológicos de los sistemas naturales.

La Ecoregión Lachuá es un ejemplo claro que muestra que agropaisajes con áreas protegidas relativamente pequeñas inmersas en matrices con predominancia de agrícola pero que mantienen fragmentos de cobertura arbórea nativa cercanos entre sí y se encuentran conectadas a remanentes boscosos grandes con los que guardan relación biogeográfica son valiosos para conservar a los mamíferos mayores a través del tiempo. El PNLL y los remanentes boscosos grandes de su área de influencia con los cuales se encuentra vinculado proveen hábitat continuo e importante que posee la capacidad para mantener poblaciones viables de varios mamíferos moderadamente vulnerables y algunos de alta vulnerabilidad. Para el resto de especies grandes, su conservación debe visualizarse y plantearse como una estrategia complementaria que involucre al área protegida y el paisaje aledaño, ya que ambos conforman un sistema interconectado cuyas partes requieren distintas acciones de manejo para su buen funcionamiento a corto, mediano y largo plazo.

Los patrones observados en la distribución espacial de la riqueza y especies prioritarias muestran la importancia ecológica y el valor de conservación que posee la Ecoregión Lachuá, pero a su vez reflejan claramente el estado crítico de amenaza y vulnerabilidad en que se encuentra actualmente. Con base en la experiencia de campo y los resultados generados hasta la fecha, a continuación se brindan recomendaciones para fortalecer el programa de monitoreo, favorecer la conservación de los mamíferos mayores y el manejo sustentable de la Ecoregión Lachuá:

- **Fortalecimiento del Programa de Monitoreo de mamíferos Mayores:**
 - Capacitación y evaluación continua: Se deben realizar capacitaciones y supervisiones periódicas para retroalimentar y evaluar los conocimientos adquiridos por investigadores locales los guardarecursos para fortalecer su conocimiento y habilidades respecto a la detección, identificación y muestreo de mamíferos mayores.

- Ampliación del programa a otros sitios clave de la Ecoregión Lachuá: Es necesario extender la implementación del proceso de monitoreo participativo de mamíferos mayores a la zona suroeste del PNLL y a otros remanentes boscosos clave del área de influencia (Reserva Municipal Salinas Nueve Cerros, Pataté, Faisán I y II, Monte Sinai, Semuy I y II, entre otros) que mantienen vínculos ecológicos con el PNLL y que son clave para la sobrevivencia de los mamíferos mayores a corto, mediano y largo plazo. Para ello, se recomienda capacitar e involucrar a habitantes locales y guías comunitarios de turismo en el monitoreo de mamíferos en el área de influencia con el apoyo de los Consejos de Comunitarios de Desarrollo, organizaciones locales y/o administradores de los sitios de interés.

Por otra parte, el sustrato de los transectos ubicados en la zona montañosa sur del PNLL colindante con las comunidades Pataté y Faisán (hexágonos 24 y 25) presenta dificultad para retener huellas debido a la elevada precipitación y condiciones de filtración del suelo que existen en dicha región. Por ello, se recomienda complementar el proceso de monitoreo con la instalación de estaciones de huellas a lo largo del transecto como alternativa para incrementar la detección y registro de mamíferos mayores en esta zona.

- Otros estudios necesarios: Se recomienda complementar el proceso de monitoreo con estudios específicos que provean información sobre los siguientes aspectos ecológicos:
 - *Abundancia poblacional y demografía:* Los datos de riqueza, composición y distribución espacial del ensamble de mamíferos mayores necesitan ser complementados con estimaciones de cuantitativas de abundancia y parámetros demográficos de los mamíferos mayores clave para conocer su estado poblacional. Esto permitirá conocer la estructura del ensamble de mamíferos mayores, determinar si existen patrones de dominancia/equidad y calcular las tasas de reproducción de especies clave (e.g. carnívoros estrictos, frugívoros/folívoros y mamíferos cinegéticos), entre otros aspectos.
 - *Uso de hábitat:* Los resultados obtenidos muestran la necesidad de comprender como los mamíferos prioritarios para la conservación utilizan los espacios no protegidos del área de influencia y los existentes fuera de la Ecoregión Lachuá para poder extender, de forma consensuada y viable, el manejo de sus poblaciones.

Por ello, es importante realizar estudios que permitan evaluar el movimiento/dispersión y uso de hábitat de mamíferos dependientes de bosque y/o que poseen grandes requerimientos de hábitat (e.g. felinos, primates, pecaríes) para determinar como utilizan los usos/coberturas del suelo existentes en el paisaje; la influencia y factores limitantes existentes en la matriz; la conectividad funcional existente dentro/entre el área de estudio y sitios aledaños; y el grado en que las poblaciones que habitan en el PNLL dependen de los remanentes boscosos circundantes para generar información que fortalezca las estrategias regionales de corredores biológicos y manejo del paisaje, entre otros aspectos.

- *Movimiento y mortalidad de mamíferos en la FTN:* Se recomienda monitorear el movimiento y cuantificar la mortalidad de mamíferos mayores a lo largo de la FTN previo, durante y después del proceso de asfalto, habilitación y mantenimiento de la infraestructura vial. Esto permitirá evaluar el estado actual y el impacto generado por la carretera; identificar las principales rutas de paso de mamíferos; determinar las características del paisaje que se encuentran relacionadas con los sitios de paso y atropello de individuos; y proponer/ajustar las medidas de mitigación ambiental que sean necesarias para minimizar el impacto negativo del megaproyecto sobre la fauna silvestre y su hábitat en la Ecoregión Lachúa (Rosales-Meda *et al.*, 2010b).
 - *Dieta:* Se considera importante conocer los hábitos alimentarios de mamíferos prioritarios para la conservación (felinos, primates y mamíferos cinegéticos) y la fenología/distribución de las principales especies vegetales que les proporcionan alimento (en el caso de los herbívoros), ya que dicha información es clave para el manejo de sus poblaciones y promover iniciativas de enriquecimiento vegetal del paisaje en la Ecoregión.
- **Conservación de la cobertura nativa y mejoramiento de la conectividad física:** Se recomienda ampliar el programa PINFOR e implementar otros mecanismos de pago por servicios ambientales que promuevan la conservación de los principales fragmentos de cobertura nativa existentes y bosques ribereños, dando prioridad a los bloques grandes de bosque nativo y ríos importantes (Chixoy, Salinas, Las Mulas, Lachúa, Tzetoc, Icbolay, Quixpur) que se encuentran en la zona sur,

sureste, este y noreste de la Ecoregión Lachuá. Dicha estrategia permitirá mantener y mejorar el vínculo físico existente entre los sitios del PNLL con mayor riqueza de mamíferos, el paisaje norte de la Ecoregión y las grandes áreas boscosas ubicadas al sur, suroeste y sureste del área de estudio.

Para ello, es necesario fortalecer y extender la cobertura de los programas de incentivos económicos por servicios ambientales que ya operan en la zona para incorporar a un mayor número de habitantes locales, optimizando la inversión de recursos en las reservas comunitarias, bosques ribereños y otras propiedades grandes y colindantes que abarcan sectores estratégicos en términos de hábitat y conectividad física. Al respecto, se considera importante que el PINFOR incorpore criterios ecológicos adicionales tales como la riqueza de mamíferos y otras especies prioritarias/sensibles como indicadores para identificar sitios prioritarios para la conservación y evaluar el impacto/contribución del programa sobre el mantenimiento de la biodiversidad.

La promoción de éstas y otras actividades compatibles con la conservación que incrementen la protección del hábitat disponible, la regeneración natural y la conectividad física del paisaje circundante permitirá que ciertas áreas clave funcionen como zonas de amortiguamiento que disminuyan la presión de las actividades humanas sobre el PNLL y los remanentes boscosos principales y favorezcan la conservación de los mamíferos mayores en la región.

- **Resolución de conflictos por invasiones y restauración ecológica de las áreas degradadas dentro del PNLL:** Es urgente e indispensable brindar una solución pacífica, viable y de fondo al conflicto de las cinco invasiones existentes en la zona sur, suroeste y sureste del PNLL para evitar que continúen agudizándose, ya que amenazan seriamente la sobrevivencia de los mamíferos mayores prioritarios y ponen en alto riesgo la viabilidad ecológica del PNLL a corto, mediano y largo plazo.

Posteriormente, se deben implementar estrategias de restauración ecológica y enriquecimiento del paisaje para recuperar el hábitat y mejorar la conectividad física en estas zonas clave del PNLL. Esto puede efectuarse promoviendo el proceso de regeneración natural mediante dispersores nativos (murciélagos, aves y algunos mamíferos mayores) y la incorporación de especies vegetales nativas de crecimiento rápido, moderado y lento que brinden refugio y alimento diversificado para los mamíferos mayores a través del año.

- **Legislación y control:** Es urgente oficializar un mecanismo para velar por el cumplimiento de las leyes/vedas establecidas, agilizar el trámite de denuncias por delitos contra el ambiente y aplicar las sanciones legales correspondientes en caso de infracción para desincentivar las actividades ilegales de deforestación y la cacería de mamíferos mayores en la Ecoregión Lachuá.

Por otra parte, se recomienda intensificar las actividades de control y vigilancia en las zonas prioritarias del PNLL (central, sur y sureste) donde se registra la mayor riqueza y la distribución de mamíferos mayores prioritarios y en las áreas perimetrales e invadidas en donde corren mayor riesgo de ser cazados. También es urgente continuar e intensificar los patrullajes combinados (PNLL/DIPRONA/Ejército) y dar inicio al proceso de remoción de los cultivos existentes en las áreas conflictivas del PNLL que tienen alta prioridad para la conservación (e.g. zona suroeste) para evitar el avance de la deforestación masiva y las actividades extractivas.

Adicionalmente, es importante evaluar la posibilidad de establecer convenios de cooperación con autoridades de comunidades vecinas que muestren apertura e interés por la conservación del área protegida y los remanentes boscosos comunitarios para velar de forma participativa por su protección y uso sustentable. Dicho proceso podría promover la creación de grupos ambientales organizados a nivel local y la cooperación entre los actores interesados para formar una red regional de apoyo para la conservación y manejo ambiental.

Por último, es muy importante establecer un mecanismo integrado entre el PNLL y las autoridades competentes (Municipalidad de Ixcán, Ministerio de Salud, DIPRONA, Ministerio Público, CONAP) para evitar que luego de la habilitación de la FTN se incremente la venta ilegal de carne silvestre en restaurantes y comedores de Ixcán y la Ecoregión Lachuá y así desincentivar la potencial extracción comercial de mamíferos cinegéticos amenazados en la región.

- **Educación ambiental y manejo comunitario de la fauna silvestre:** Se debe ampliar, fortalecer y asegurar la continuidad a largo plazo del Programa de Educación Popular Ambiental y Revalorización Cultural Maya-Q'eqchi' (PEPARQ) en las comunidades colindantes del PNLL. Este proceso participativo de educación ambiental/cultural es clave para concienciar, sensibilizar y generar cambios positivos en las actitudes/valores de los habitantes locales y lograr su involucramiento a

favor de la conservación de la biodiversidad de la Ecoregión Lachuá, respetando y revalorizando el conocimiento tradicional ligado al uso responsable de la naturaleza. El PEPARQ también será muy importante para impulsar procesos participativos de manejo comunitario de la fauna silvestre y su hábitat que contemplan la implementación de acuerdos comunitarios consensuados para el ordenamiento y regulación de la cacería, entre otros aspectos.

- **Alternativas económicas:** Es necesario implementar alternativas económicas viables y compatibles con la conservación de la fauna silvestre y su hábitat en la Ecoregión Lachuá que logren mejorar la seguridad alimentaria y calidad de vida de los habitantes locales, desincentivar la ganadería y siembra de monocultivos extensivos y disminuir la presión humana sobre los bosques y los mamíferos silvestres en el PNLL y su área de influencia. También se recomienda diversificar y descentralizar las actividades turísticas asociadas al PNLL, promoviendo el turismo de bajo impacto en comunidades ubicadas en sitios prioritarios de la Ecoregión Lachuá.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Aranda, M. (2000). Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. Instituto de Ecología A.C., Xalapa, México. 212pp.
- Baumgarten, A. (2000). Características poblacionales y uso de hábitat del mono aullador negro (*Alouatta pigra*) en la zona de influencia del Parque Nacional Laguna Lachuá, Alta Verapaz. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad de San Carlos. Guatemala. 59pp.
- Brown, J., S. Morgan, J. Parody y J. Haskell. (2001). Regulation of diversity: maintenance of species richness in changing environments. *Oecologia* 126:321-332.
- Burnham, K. y D. Anderson. (2004). Multimodel Inference: Understanding AIC and BIC in model selection. *Sociological Methods and Research* 33(2):261-304.
- CAMINOS. (2005). Estudio de factibilidad técnica, económica y ambiental y de ingeniería a detalle para el proyecto de rehabilitación y mejoramiento del camino rural Franja Transversal del Norte -FTN-, Tramo: Rubelsanto-Playa Grande. Dirección General de Caminos. Guatemala.
- Caro, T. (2001). Species richness and abundance of small mammals inside and outside of an African Park. *Biological Conservation* 98:251-257.
- Ceballos, G. y P. Ehrlich. (2002). Mammal population losses and the extinction crisis. *Science* 296:904-907.

- CONAP. (2009). Lista de Especies Amenazadas de Guatemala. Guatemala. 122pp.
- CONAP. (2006). Listado de especies de flora y fauna silvestres CITES de Guatemala. Guatemala. 18pp.
- CONAP. (2000). Fauna de Guatemala en peligro de extinción. Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Dirección de la Zona de Uso Múltiple de la Reserva de Biosfera Maya.
- Conroy, M. y B. Noon. (1996). Mapping of species richness for conservation of biological diversity: conceptual and methodological issues. *Ecological Applications* 6:763-773.
- Crooks, K. y M. Soulé. (1999). Mesopredator release and avifaunal extinctions in a fragmented system. *Nature* 400:563-566.
- Chao, A., S. Lee y S. Jeng. (1992). Estimation of population size for capture-recapture data when capture probabilities vary by time and individual animal. *Biometrics* 48: 201-216.
- Daily, G., G. Ceballos, J. Pacheco, G. Suzán y A. Sánchez-Azofeifa. (2003). Countryside biogeography of neotropical mammals: conservation opportunities in agricultural landscapes of Costa Rica. *Conservation Biology* 17(6):1814-1826.
- Daily, G., P. Ehrlich y A. Sánchez-Azofeifa. (2001). Countryside biogeography: use of human dominated habitats by the avifauna of southern Costa Rica. *Ecological Applications* 11:1-13.
- Estrada, A., J. Sáenz, C. Harvey, E. Naranjo, D. Muñoz y M. Rosales-Meda. (2006). Primates in agroecosystems: Conservation value of some agricultural practices in Mesoamerican landscapes. Pp. 437-470 en: A. Estrada, P. Garber, M. Pavelka y L. Luecke (eds). *New perspectives in the study of Mesoamerican primates: Distribution, ecology, behavior and conservation*. Springer Science+Business Media, Inc. EUA.
- Estrada, A., R. Coates-Estrada y D. Meritt Jr. (1994). Non flying mammals and landscape changes in the tropical rain forest region of Los Tuxtlas, Mexico. *Ecography* 17:229-241.
- Fahrig, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 34:487-515
- Fragoso, J. (1998). Home Range and Movement Patterns of White-lipped Peccary (*Tayassu pecari*) Herds in the Northern Brazilian Amazon. *Biotropica* 30(3):458-469.
- Galindo-Leal, C. (2000). *Diseño y Análisis de Proyectos para el Manejo y Monitoreo de la Diversidad Biológica*. Universidad de Stanford. 100pp.
- García, M. (2006). Caracterización de la dieta y el hábitat del tapir (*Tapirus bairdii* Gill, 1865) en ecosistemas ribereños del Parque Nacional Laguna Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad de San Carlos.

- Gurd, D., T. Nudds y D. Rivard. (2001). Conservation of mammals in eastern North American wildlife reserves: how small is too small? *Conservation Biology* 15(5):1355-1363.
- Hansen, A. y J. Rotella. (2002). Biophysical factors, land use and species viability in and around nature reserves. *Conservation Biology* 16:1112-1122.
- Harvey, C., J. González y E. Somarriba. (2006). Dung beetle and terrestrial mammal diversity in forests, indigenous agroforestry systems and plantain monocultures in Talamanca, Costa Rica. *Biodiversity and Conservation* 15:555-585.
- Hermes, M. S. (2008). Influencia de la composición y configuración espacial del paisaje sobre la riqueza de mamíferos mayores en Esparza y Montes de Oro, Costa Rica. Tesis de Maestría en Conservación y Manejo de Vida Silvestre. ICOMVIS. Universidad Nacional. Costa Rica. 128pp.
- Hermes, M. S. (2004). Abundancia relativa del jaguar (*Panthera onca*), puma (*Puma concolor*) y ocelote (*Leopardus pardalis*) en el Parque Nacional Laguna Lachuá, Cobán, Alta Verapaz. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad de San Carlos. Guatemala. 91pp.
- Hermes, M. S. y M. Rosales-Meda. (2009). Sistema de monitoreo ecológico participativo de mamíferos mayores en el Parque Nacional Laguna Lachuá. Documento técnico. 27pp.
- Hermes, M. S. y M. Rosales-Meda. (2008). Guía ilustrada bilingüe de los mamíferos medianos y grandes del Parque Nacional Laguna Lachuá. Guatemala.
- Hernández, S. (2004). Estudio etno-ecológico del uso de vida silvestre y actividades de agricultura en dos comunidades del área de influencia del Parque Nacional Laguna Lachuá, Cobán, Alta Verapaz: Roq-ha' Purib'al y San Benito I. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad de San Carlos. Guatemala. Guatemala. 149pp.
- Herrera-Flores, J., T. Fredericksen y D. Rumiz. (2002). Evaluación rápida de mamíferos en base a huellas para observar los impactos del Manejo forestal. *Ecología en Bolivia* 37(1):3-13.
- Hilty, J. y A. Merenlender. (2004). Use of riparian corridors and vineyards by mammalian predators in northern California. *Conservation Biology* 18(1):126-135.
- INAB/CONAP/MAGA. (2010). Borrador del Plan Maestro del Parque Nacional Laguna Lachuá (2010-2014). INAB/CONAP/MAGA. Guatemala.
- INAB/UICN. (2008). Informe final de consultoría: Fortalecimiento organizacional para la gestión del desarrollo socio-ambiental de la Ecoregión Lachuá, basada en el manejo compartido de recursos naturales. Guatemala: Proyecto Lachuá UICN-INAB.

- INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología). (2003). Datos meteorológicos de la estación San Agustín, Chixoy, Alta Verapaz. Guatemala.
- Instituto Nacional de Bosques (INAB). (2004). Plan Maestro del Parque Nacional Laguna Lachuá (2004-2009). INAB/CONAP/MAGA. Guatemala. 118pp.
- IUCN. (2006). IUCN Red List of Threatened Species. Obtenido el 14 de Noviembre del 2011 en: www.iucnredlist.org.
- Kerley, L., J. Goodrich, D. Miquelle, E. Smirnov, H. Quigley y M. Hornocker. (2002). Effects of roads and human disturbance on Amur tigers. *Conservation Biology* 16:97-108.
- Keuroghlian, A., D. Eaton y W. Longland. (2004). Area use by white-lipped and collared peccaries (*Tayassu pecari* and *Tayassu tajacu*) in a tropical forest fragment. *Biological Conservation*; 120(3): 411-425.
- Kramer-Schadt, S., E. Revilla, T. Wegand y U. Breitenmoser. (2004). Fragmented landscapes, road mortality and patch connectivity: modeling influences on the dispersal of Eurasian lynx. *Journal of Applied Ecology* 41:711-723.
- Laurance, W. y H. Vasconcelos. (2004). Ecological effects of habitat fragmentation in the tropics. Pp. 33-43 en: Schorth, G., G. da Fonseca, C. Harvey, C. Gascon, H. Vasconcelos y A. Izac (eds). *Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes*. Island Press. EUA.
- MacKenzie, D. y J. Nichols. (2004). Occupancy as a surrogate for abundance estimation. *Animal Biodiversity and Conservation* 27(1):461-467.
- MacKenzie, D., J. Nichols, G. Lachman, S. Droege, J. Royle y C. Langtimm. (2002). Estimating site occupancy when detection probabilities are less than one. *Ecology* 83:2248-2255.
- MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación). (2006). Disco compacto con fotografías aéreas del año 2006 de la Ecoregión Lachuá, Guatemala.
- Marsh, L. y B. Loiselle. (2003). Recruitment of black howler fruit trees in fragmented forests of Northern Belize. *International Journal of Primatology* 24(1):65-86.
- Medellín, R. y M. Equihua. (1998). Mammal species richness and habitat use in rainforest and abandoned agricultural fields in Chiapas, Mexico. *Journal of Applied Ecology* 35:13-23.
- Medici, P., L. Carrillo, O. Montenegro, P. Miller, F. Carbonell, O. Chassot, E. Cruz-Aldán, M. García, N. Estrada-Andino, A. Shoemaker y A. Mendoza (eds). (2006). Taller de Conservación de la Danta Centroamericana (*Tapirus bairdii*): Evaluación de viabilidad poblacional y del hábitat (PHVA). Informe Final. IUCN/SSC Tapir Specialist Group (TSG) & IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group (CBSG), Aple Valley, MN, EUA.

- Medina, B., L. Chiquín, M. Barrientos, O. Avalos, R. Medina e I. Chiquín. (2008). Diagnóstico de recursos hídricos del Parque Nacional Laguna Lachuá y su importancia para el abastecimiento de agua en la Ecoregión. UICN-INAB. Guatemala.
- Méndez, C. (2007). Diversidad faunística de Guatemala. Pp. 231-259. En: CONAP (ed.). Guatemala y su biodiversidad: Un enfoque histórico, cultural, biológico y económico. Guatemala.
- Michalski, F. y C. Peres. (2005). Anthropogenic determinants of primate and carnivore local extinctions in a fragmented forest landscape of southern Amazonia. *Biological Conservation* 124:383–396.
- Moreno, C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA. Vol.1. Zaragoza, España. 84pp.
- Nichols, J., T. Boulenger, J. Hines, K. Pollock y J. Sauer. (1998). Inference methods for spatial variation in species richness and community composition when not all species are detected. *Conservation Biology* 12(6):1390-1398.
- O'Connell, A., N. Talancy, J. Sauer, R. Cook y A. Gilbert. (2006). Estimating site occupancy and detection probability parameters for meso- and large mammals in a Coastal Ecosystem. *Journal of Wildlife Management* 70(6):1625–1633.
- Parkswatch. (2003a) Perfil del Biotopo Protegido Laguna del Tigre - Río Escondido. Guatemala. Obtenido el 5 de noviembre del 2010 en: http://www.parkswatch.org/parkprofiles/slide-shows/ltr/ltpb01_spa.pdf
- Parkswatch. (2003b). Perfil de Parque Nacional Sierra de Lacandón. Guatemala. Obtenido el 5 de noviembre del 2010 en: http://www.parkswatch.org/parkprofiles/pdf/slncp_spa.pdf
- Parkswatch. (2002). Perfil de Parque Nacional Tikal. Guatemala. Obtenido el 5 de noviembre del 2010 en: http://www.parkswatch.org/parkprofiles/pdf/tinp_spa.pdf
- Parkswatch y Trópico Verde. (2002). Perfil del Parque Nacional Mirador-Río Azul. Obtenido el 5 de noviembre del 2010 en: http://www.tropicoverde.org/Proyecto_TV/doc_pdf/Mirador_Rio%20Azul.pdf
- Parrish, J., Braun, D. y Unnasch, R. (2003). Are we conserving what we say we are? Measuring ecological integrity within protected areas. *BioScience* 53(9):851-860.
- Peres, C. (2001). Synergistic effects of subsistence hunting and habitat fragmentation on Amazonian forests vertebrates. *Conservation Biology* 15(6):1490-1505.
- Ponciano, I. y Sandoval, E. (1982). Proyecto del Plan Maestro para el Manejo del Parque Nacional Laguna Lachuá y del área de reserva de la Franja Transversal del Norte: análisis regional. Instituto Nacional Forestal –INAFOR-. Guatemala. 19pp.
- Prendergast, J., R. Quinn y J. Lawton. (1999). The gaps between theory and practice in selecting nature reserves. *Conservation Biology* 13:484-492.

- Quan, C. (2008). Efectos de la fragmentación del hábitat sobre la variabilidad genética en tropas del mono aullador (*Alouatta palliata*) del Área de Conservación Tempisque, Costa Rica. Pp. 475-508 en: C. Harvey y J. Sáenz (eds). Evaluación y conservación de la biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica. 1ª edición. Instituto Nacional de Biodiversidad. Costa Rica.
- Ramsar. (2008). Ramsar sites in order of addition to the Ramsar List of Wetlands of International Importance. Obtenido el 12 de Octubre del 2011 en: http://www.ramsar.org/sitelist_order.pdf
- Reid, F. (1997). A field guide to the mammals of Central America and South East Mexico. 1ª edición. Oxford University Press. EUA. 333pp.
- Revilla, E., T. Wiegand, F. Palomares, P. Ferreras y M. Delibes. (2004). Effects of matrix heterogeneity on animal dispersal: From individual behavior to metapopulation-level parameters. *The American Naturalist* 164(5):E130-E153.
- Reyna-Hurtado, R., Rojas-Flores, E. y G. Tanner. (2009). Home range and habitat preferences of white-lipped peccaries (*Tayassu pecari*) in Calakmul, Campeche, Mexico. *Journal of mammalogy* 90(5): 1199-1209.
- Riley, S., R. Sauvajot, T. Fuller, E. Cork, D. Kamradt, C. Bromley y R. Wayne. (2003). Effects of urbanization and habitat fragmentation on bobcats and coyotes in southern California. *Conservation Biology* 17:566-576.
- Roberge, J. y P. Angelstam. (2004). Usefulness of the Umbrella Species Concept as a Conservation Tool. *Conservation Biology* 18(1):76-85.
- Roe, D. y M. Hollands. (2004). Protected Areas: how much is enough? Sustainable Development Opinion. International Institute for Environment and Development (IIED). 2pp.
- Roldán, A. y J. Simonetti. (2001). Plant-mammal interactions in tropical Bolivian forests with different hunting pressures. *Conservation Biology* 15:617-623.
- Rosales-Meda, M. (2008). Uso de tipos de cobertura vegetal por tropas del mono aullador (*Alouatta palliata*) y carablanca (*Cebus capucinus*) y conocimiento local de habitantes con respecto a estos primates en un agropaisaje del Pacífico Central, Costa Rica. Tesis de Maestría en Conservación y Manejo de Vida Silvestre. ICOMVIS, Universidad Nacional. Costa Rica. 155pp.
- Rosales-Meda, M. (2003). Abundancia, distribución y composición de tropas del mono aullador negro (*Alouatta pigra*) en diferentes remanentes de bosque de la Ecoregión Lachuá, Alta Verapaz. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad de San Carlos. Guatemala. Guatemala. 101pp.
- Rosales-Meda, M. (2002). Propuesta preliminar para un plan de manejo de la cacería de subsistencia y calendario de reproducción de fauna cinegética para comunidades indígenas de la Ecoregión Lachuá con base en los análisis de los registros de cacería (2000-2001). Informe técnico de Ejercicio Profesional Supervisado. Universidad de San Carlos. Guatemala. 181pp.

- Rosales-Meda, M., A. Estrada y J. E. López. (2007). Demographic survey of black howler monkey (*Alouatta pigra*) in the Lachua Eco-region in Alta Verapaz, Guatemala. *American Journal of Primatology* 69:1–9.
- Rosales-Meda, M. y M. S. Hermes. (2010). Capítulo 12: Avances en la validación de una normativa cinegética comunitaria en localidades Maya-Q'eqchi' aledañas al Parque Nacional Laguna Lachuá, Guatemala. Pp. 351-380 en: M. Guerra-Roa, S. Calmé, S. Gallina y E. Naranjo (eds). *Uso y Manejo de Fauna Silvestre en el norte de Mesoamérica*. México.
- Rosales-Meda, M., M. S. Hermes y J. Morales. (2010a). Capítulo 1: Caracterización de la cacería de subsistencia en comunidades Maya-Q'eqchi' del área de influencia del Parque Nacional Laguna Lachuá, Guatemala. Pp. 25-52 en: M. Guerra-Roa, S. Calmé, S. Gallina y E. Naranjo (eds). *Uso y Manejo de Fauna Silvestre en el norte de Mesoamérica*. México.
- Rosales-Meda, M., Hermes, M. S. y C. Méndez. (2010b). Propuesta de medidas mínimas de mitigación socio-ambiental para el tramo de rehabilitación y mantenimiento de la Franja Transversal del Norte que atraviesa el humedal RAMSAR Ecoregión Lachuá, Cobán, Alta Verapaz. Documento técnico. Guatemala. 16pp.
- Rosales-Meda, M., M. S. Hermes y J. Morales. (2004). Caracterización de la cacería de subsistencia como base para una normativa cinegética comunitaria en el área de influencia del Parque Nacional Laguna Lachuá. Informe técnico. DIGI-USAC. Guatemala. 89pp.
- Sáenz, J. y P. Sáenz. (2008). Influencia de las variables de hábitat y de paisaje sobre la presencia del mono tití y el mono carablanca en un área fragmentada del Pacífico Central de Costa Rica. Pp. 511-545 en: C. Harvey y J. Sáenz (eds). *Evaluación y conservación de la biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica*. 1ª edición. Instituto Nacional de Biodiversidad. Costa Rica.
- Schroth, G., G. da Fonseca, C. Harvey, H. Vasconcelos, C. Gascon y A. Izac (eds). (2004). *Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes*. Island Press. EUA. 523pp.
- SIAFSA/UICN. (2010). Plan de Ordenamiento Territorial de la Ecoregión Lachuá. Tomo I: Análisis territorial de la situación actual. 1ª edición. Guatemala.
- Terborgh, J. L. López, P. Nuñez, M. Rao, G. Shahabuddin, G. Orihuela, M. Riveros, R. Ascanio, G. Adler, T. Lambert y L. Balbas. (2001). Ecological meltdown in predator-free forest fragments. *Science* 294:1923-1926.
- Tigas, L., D. Van Huren y R. Sauvajot. (2002). Behavioral responses of bobcats and coyotes to habitat fragmentation and corridors in an urban environment. *Biological Conservation* 108:299-306.
- Trzcinski, M., L. Fahrig y G. Merriam. (1999). Independent effects of forest cover and fragmentation on the distribution of forest breeding birds. *Ecological Applications* 9(29):586-593.

- Turner, M., R. Gardner y R. O'Neill. (2001). Landscape ecology in theory and practice: pattern y process. Springer Science Business Media. EUA. 401pp.
- White, G. (2009). Program MARK[®] v. 5.1: Mark and recapture parameter estimation. Department of Fish, Wildlife & Conservation Biology, Colorado State University. Obtenido el 2 de Noviembre del 2011 en: <http://warnercnr.colostate.edu/~gwhite/mark/mark.htm>
- White, G., D. Anderson, K. Burnham y D. Otis. (1982). Capture-recapture and removal methods for sampling closed populations: Appendix A. Los Alamos National Laboratory LA-8787-NERP. Obtenido el 12 de Octubre del 2011 en: <http://welcome.warnercnr.colostate.edu/~gwhite/software.html>
- Williams, B., J. Nichols y M. Conroy. (2002). Estimation of community parameters. Pp. 555-573 en: B. Williams, J. Nichols y M. Conroy (eds). Analysis and Management of Animal Populations. Academic Press, EEUU.
- Woodroffe, R. y J. Ginsberg. (1998). Edge effects and the extinction of population inside protected areas. Science 280:2126-2128.
- Yoccoz, N., J. Nichols y T. Boulinier. (2001). Monitoring of biological diversity in space and time. Trends in Ecology & Evolution 16(8):446-453.
- Yurrita, C. (2001). Abundancia de tres especies de mamíferos cinegéticos en el Parque Nacional Laguna Lachuá. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad de San Carlos. Guatemala. 37pp.

COMUNICACIONES PERSONALES:

Paulino Baleu, Mario Caal, Enrique Chub y Hermógenes Sacrab: Guardarercursos del Parque Nacional Laguna Lachuá.