

**DIVERSIDAD DE MAMÍFEROS TERRESTRES Y VOLADORES EN LAS ÁREAS
DE RESERVA PROTECTORA, EL VASO DEL EMBALSE Y LA FRANJA DE
PROTECCIÓN DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO SOGAMOSO,
SANTANDER, COLOMBIA**

JAVIER ENRIQUE COLMENARES PINZÓN

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

ESCUELA DE BIOLOGÍA

BUCARAMANGA

2014

**DIVERSIDAD DE MAMÍFEROS TERRESTRES Y VOLADORES EN LAS ÁREAS
DE RESERVA PROTECTORA, EL VASO DEL EMBALSE Y LA FRANJA DE
PROTECCIÓN DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO SOGAMOSO,
SANTANDER, COLOMBIA**

JAVIER ENRIQUE COLMENARES PINZÓN

Informe de pasantía de investigación para optar al título de biólogo

TUTOR

VÍCTOR HUGO SERRANO CARDOZO

PhD. Ciencias biológicas

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

ESCUELA DE BIOLOGÍA

BUCARAMANGA

2014

AGRADECIMIENTOS

Al cuerpo docente de la Escuela de Biología de la Universidad Industrial de Santander por los conocimientos impartidos y que han dado fruto con el presente trabajo. A mi director, el profesor Víctor Hugo Serrano, por su apoyo académico y personal, por su confianza ante mis capacidades y por su constante motivación. A ISAGEN por permitirme el uso de la información consignada en el presente documento para optar a mi título como biólogo. A mi compañero Julián Lozano por sus valiosos aportes en la parte de murciélagos y a Laura Jaimes por sus aportes en los muestreos con cámaras trampa. A Raúl Rodríguez, quien recopiló valiosa información en las primeras fases de muestreo de fauna del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso. A mi madre por formarme como persona y motivarme paciente y constantemente a conseguir mis metas.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	19
1. OBJETIVO	21
1.1 COMPETENCIAS DESARROLLADAS	21
2. METODOLOGÍA	23
2.1 ZONA DE ESTUDIO	23
2.1.1 Selección de puntos de muestreo.	24
2.2 LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	30
2.2.1 Mamíferos terrestres	30
2.2.2 Mamíferos voladores (Quirópteros):.....	36
2.2.3 Procesamiento y análisis de información:	41
3. RESULTADOS.....	43
3.1 RESULTADOS GENERALES (MAMÍFEROS TERRESTRES Y VOLADORES)	43
3.2 SISTEMAS DE TRAMPEO (MAMÍFEROS TERRESTRES).....	59
3.3 COMPARACIÓN GENERAL FASES 1 Y 2 DE MUESTREO.	66
3.4 ÍNDICE DE VULNERABILIDAD (MAMÍFEROS TERRESTRES)	68
3.5 MAMÍFEROS VOLADORES:.....	85
3.5.1 Resultados generales:	85
3.5.2. Análisis cuantitativo de la diversidad de murciélagos:	88
3.5.3 Evaluación cualitativa de la vulnerabilidad a la fragmentación:	96
3.5.4 Refugios de murciélagos:	102
3.5.5 Síntesis Fases 1 y 2:	104
4. DISCUSIÓN	105
4.1 MAMÍFEROS TERRESTRES	105
4.2 MAMÍFEROS VOLADORES.....	138
5. CONCLUSIONES	145

6. RECOMENDACIONES 149
BIBLIOGRAFÍA 151
ANEXOS 163

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Lista de localidades y coberturas vegetales muestreadas en la zona de adecuación del Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso. Bosque Secundario/Rastrojo Alto (BS/RA); Rastrojo Alto (RA); Rastrojo Bajo/Cultivo (RB/C); Rastrojo Bajo-Xerofítico (RB-X)	26
Tabla 2. Lista de localidades y coberturas vegetales muestreadas en las Áreas de Reserva Protectora y Franja de Protección del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.	30
Tabla 3. Listado total de mamíferos presentes en las Áreas de Reserva Protectora, el Vaso del Embalse y la Franja de Protección del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso. Q. Santa María (SM); Q. Mata de Cacao (MC); Q. La Putana (P); Q. Golondrinas (G); Q. Aguamieluda (A); Q. La Chafarota (C); Q. Aguablanca (AB); Q. La Máquina-Resumidero (MR); Q. El Ramo (R).....	46
Tabla 4. Coeficientes de similitud entre las localidades de las Áreas de Reserva Protectora y Franja de Protección del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso	54
Tabla 5. Especies bajo alguna categoría de amenaza de la lista roja de la UICN y Res. 383/2010 o incluidas en alguno de los apéndices del CITES.	59
Tabla 6. Valores de esfuerzo y éxito de los muestreos de mamíferos terrestres ejecutados en las Áreas de Reserva Protectora, el Vaso del Embalse y la Franja de Protección del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso	64

Tabla 7. Valores de esfuerzo y éxito de los muestreos de mamíferos voladores ejecutados mediante el uso de redes de niebla en las Áreas de Reserva Protectora, el Vaso del Embalse y la Franja de Protección del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso	85
Tabla 8. Métodos de registro de las especies de murciélagos en las Áreas de Reserva Protectora, el Vaso del Embalse y la Franja de Protección del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.	88
Tabla 9. Valores de efectividad de los muestreos de mamíferos voladores ejecutados mediante el uso de redes de niebla en las Áreas de Reserva Protectora, el Vaso del Embalse y la Franja de Protección del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.	90
Tabla 10. Valores de diversidad de los ensamblajes de murciélagos de las Áreas de Reserva Protectora, el Vaso del Embalse y la Franja de Protección del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso	90

LISTA DE FIGURAS

Pág.

- Figura 1.** Sistemas de trapeo empleados para el registro de la mastofauna terrestre de las Áreas de Reserva Protectora, el Vaso del Embalse y la Franja de Protección del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso: **a.** Trampa Tomahawk; **b.** Trampa Sherman; **c.** Trampa de Golpe; **d.** Cámara trampa 33
- Figura 2.** Métodos de captura y detección empleados para el registro de los murciélagos en las Áreas de Reserva Protectora, el Vaso del Embalse y la Franja de Protección del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso: **a.** Red de niebla ubicada en la orilla del río Sogamoso; **b.** Red de niebla entre potrero y Rastrojo Alto; **c.** Red de niebla entre potrero y Bosque Secundario; **d.** Batlogger ubicado en un espacio abierto..... 38
- Figura 3.** Especies de mamíferos únicas y compartidas entre las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso. 43
- Figura 4.** Riqueza porcentual de órdenes de mamíferos registrados en toda la zona de estudio (arriba); relación de especies/orden registradas en cada una de las subzonas de muestreo (medio) y relación de número de especies por categoría de tamaño (abajo)..... 45

Figura 5. Riqueza de especies de mamíferos en cada una de las localidades de las Áreas de Reserva Protectora (izquierda) y en las coberturas vegetales del Vaso del Embalse (derecha).	51
Figura 6. Análisis espacial de la riqueza de especies de mamíferos en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso	53
Figura 7. Árbol jerárquico ilustrando las relaciones entre las localidades de las Áreas de Reserva Protectora, con base en datos de presencia-ausencia.	54
Figura 8. Relación del número de especies de mamíferos terrestres por gremio trófico en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso (según Arita et al., 1990).	56
Figura 9. Relación del número de especies de mamíferos terrestres por categoría de uso cinegético (izquierda) y riqueza porcentual de especies por categoría de intensidad de uso cinegético (derecha) (Según Ojasti y Dallmeier, 2000).	57
Figura 10. Relación del número de especies de mamíferos terrestres por método de registro en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.	60
Figura 11. Algunas de las especies de mamíferos terrestres registradas mediante cámaras trampa en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso: a. <i>Cuniculus paca</i> ; b. <i>Conepatus semistriatus</i> ; c. <i>Puma concolor</i> ; d. <i>Mazama cf. americana</i>	61
Figura 12. Algunas de las especies de mamíferos terrestres registradas mediante la búsqueda y levantamiento de rastros en las Áreas de Reserva Protectora y el	

Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso: **a.** *Procyon cancrivorus*; **b.** *Mazama cf. americana*; **c.** *Cuniculus paca*; **d.** *Lontra longicaudis* 62

Figura 13. Algunas de las especies de mamíferos terrestres registradas mediante captura en trampas Sherman, Tomahawk y de golpe en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso: **a.** *Proechimys chrysaеolus*; **b.** *Marmosa waterhousei*; **c.** *Metachirus nudicaudatus*; **d.** *Tylomys mirae*..... 63

Figura 14. Relación del número de individuos capturados por tipo de trampa y ubicación (izquierda) y relación del número de individuos capturados por tipo de trampa y cebo (derecha) en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso 65

Figura 15. Especies de mamíferos únicas y compartidas entre la Fase 1 y la Fase 2 de muestreo (arriba izquierda); relación del número de especies de mamíferos registradas por fase y subzona de muestreo (arriba derecha); relación del número de especies registradas por orden y fase respecto al número de especies potenciales (abajo) en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso 67

Figura 16. Riqueza porcentual de especies por categoría de vulnerabilidad (arriba izquierda); relación del número de especies por fase y categoría de vulnerabilidad (arriba derecha); relación del número de especies únicas y compartidas de las ARPR y el VE con respecto a las categorías de vulnerabilidad en la fase 1 (abajo izquierda); relación del número de especies únicas y compartidas de las ARPR y el VE con respecto a las categorías de vulnerabilidad en la fase 2 (abajo derecha) del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso. 70

Figura 17. Análisis espacial de los registros de jaguar (<i>Panthera onca</i>) obtenidos en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso	72
Figura 18. Análisis espacial de los registros de nutria de río (<i>L. longicaudis</i>) y armadillo rabo de trapo (<i>Cabassous centralis</i>) obtenidos en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.	73
Figura 19. Análisis espacial de los registros de tigrillo (<i>Leopardus pardalis</i>) y puma (<i>P. concolor</i>) obtenidos en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.	75
Figura 20. Análisis espacial de los registros de marteja (<i>Aotus griseimembra</i>) obtenidos en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.	77
Figura 21. Mapa de riqueza de registros de tigrillo (<i>L. pardalis</i>) en Colombia.	78
Figura 22. Mapa de riqueza de registros de jaguar (<i>P. onca</i>) en Colombia	79
Figura 23. Mapa de riqueza de registros de puma (<i>P. concolor</i>) en Colombia	80
Figura 24. Mapa de riqueza de registros de nutria de río (<i>L. longicaudis</i>) en Colombia.	81
Figura 25. Mapa de riqueza de registros de armadillo rabo de trapo (<i>C. centralis</i>) en Colombia	82
Figura 26. Mapa de riqueza de registros de zarigüeya ratón de Waterhouse (<i>M. waterhousei</i>) en Colombia.....	83

Figura 27. Mapa de riqueza de registros de rata trepadora de Mira (<i>T. mirae</i>) en Colombia	84
Figura 28. Mapa de riqueza de registros de ratón espinoso (<i>P. chrysaеolus</i>) en Colombia	84
Figura 29. Relación del éxito de muestreo con redes de niebla estandarizado (con base en el N° de especies capturadas) por localidad y por fase de estudio en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso	86
Figura 30. Riqueza de especies de murciélagos por localidad y cobertura de las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso	89
Figura 31. Curvas de rarefacción para los murciélagos capturados (basada en individuos totales) por localidad de las Áreas de Reserva Protectora (arriba) y por cobertura del Vaso del Embalse (abajo) en el Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.	92
Figura 32. Curvas de rango abundancia para los murciélagos capturados en las Áreas de Reserva Protectora (arriba) y el Vaso del Embalse (abajo) del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.	94
Figura 33. Algunas de las especies de murciélagos más frecuentemente capturadas en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso: a. <i>Carollia perspicillata</i> ; b. <i>Artibeus lituratus</i> ; c. <i>Sturnira lilium</i> ; d. <i>Dermanura anderseni</i>	95

Figura 34. Algunas de las especies de murciélagos menos abundantes en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso: a. <i>Mimon crenulatum</i> ; b. <i>Chiroderma villosum</i> ; c. <i>Trachops cirrhosus</i> ; d. <i>Lonchorhina aurita</i>	96
Figura 35. Relación del número de especies de murciélagos por gremio trófico y por subzona de muestreo (arriba); relación del número de especies de murciélagos por gremio trófico y por fase de muestreo (abajo) del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.	98
Figura 36. Especies de murciélagos registradas en el presente estudio con respecto a su respuesta a la fragmentación (según Galindo-González, 2004)	99
Figura 37. Relación del número de especies por localidad de las Áreas de Reserva Protectora y por tipo de respuesta a la fragmentación (arriba); relación del número de especies por cobertura vegetal del Vaso del Embalse y por tipo de respuesta a la fragmentación (abajo).	100
Figura 38. Riqueza porcentual de especies de murciélagos por categoría de rareza en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.	102
Figura 39. Algunas de las especies de murciélagos registradas por el método de búsqueda de refugios en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso: a. <i>Carollia perspicillata</i> ; b. Tienda de murciélagos frugívoros de los géneros <i>Dermanura</i> o <i>Uroderma</i> (Vista interior); c. Tienda de murciélagos frugívoros (vista lateral); d. <i>Saccopteryx bilineata</i>	103
Figura 40. Relación del número de especies de murciélagos registradas por familia con respecto a las especies potenciales en la zona de estudio.	104

LISTA DE ANEXOS

Pág.

Anexo A. Listado de especies de mamíferos con distribución potencial en la zona de estudio asociada al Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.	163
Anexo B. Listado de especies de mamíferos registradas en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso	169
Anexo C. Listado de especies de mamíferos registradas en cada una de las fases de muestreo del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.	172
Anexo D. Listado de especies de mamíferos terrestres con relación a los métodos de registro.	176
Anexo E. Tabla explicativa de las variables utilizadas en el cálculo del índice de vulnerabilidad de la mastofauna terrestre registrada en las Áreas de Reserva Protectora y Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.	178
Anexo F. Listado de fuentes bibliográficas consultadas por especie para el cálculo del índice de vulnerabilidad.	184

TÍTULO: DIVERSIDAD DE MAMÍFEROS TERRESTRES Y VOLADORES EN LAS ÁREAS DE RESERVA PROTECTORA, EL VASO DEL EMBALSE Y LA FRANJA DE PROTECCIÓN DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO SOGAMOSO, SANTANDER, COLOMBIA*

AUTOR: Javier Enrique Colmenares Pinzón**

PALABRAS CLAVE: Mamíferos, Riqueza, Diversidad, Fragmentación, Vulnerabilidad.

Se realizó un estudio de la composición mastofaunística asociada a la zona de adecuación del Vaso del Embalse, la Franja de Protección y las Áreas de Reserva Protectora del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso. Para esto se realizaron muestreos en diferentes localidades y coberturas vegetales empleando métodos estándar para registro y captura de mamíferos terrestres y voladores. Se registraron un total de 65 especies, 43 de ellas asociadas al Vaso del Embalse y 53 a las Áreas de Reserva Protectora. En conjunto con estudios previos realizados en la zona se completa ya un listado que asciende a los 90 taxa, representando aproximadamente el 60% de la riqueza total de mamíferos con distribución potencia para el Valle del Magdalena. De un total de 8 órdenes registrados, los murciélagos fueron el grupo más abundante. Entre los mamíferos terrestres hubo predominio de especies medianas y grandes con ausencia casi total de pequeños roedores. Las cámaras trampa fueron el método de registro más efectivo para la mastofauna terrestre. Un total de 7 gremios tróficos se encuentran representados entre el total de especies terrestres registradas, siendo algunos carnívoros los más vulnerables a la fragmentación por sus características de historia de vida y otros factores. Entre los murciélagos hubo representatividad de 7 gremios tróficos, con predominio de insectívoros aéreos y frugívoros. Tanto en el VE como en las ARPR abundan especies adaptables a la fragmentación. Se deben prolongar los muestreos en espacio y tiempo, sobre todo en las ARPR, con un enfoque especial en las especies más vulnerables o en aquellas que han sido poco documentadas y estudiadas en campo. Se requiere la declaratoria de áreas de reserva más extensas y continuas y la implementación de programas de reforestación y establecimiento de corredores entre la periferia del VE y las ARPR, para la conservación de los mamíferos en la zona de estudio.

*Proyecto de Grado

**Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Director: Víctor Hugo Serrano Cardozo

TITLE: DIVERSITY OF TERRESTRIAL AND FLYING MAMMALS IN THE PROTECTIVE RESERVE AREAS, THE RESERVOIR BASIN AND THE PROTECTION STRIP OF THE SOGAMOSO'S HIDROELECTRIC PROJECT, SANTANDER, COLOMBIA*

AUTHOR: Javier Enrique Colmenares**

KEY WORDS: Mammals, Richness, Diversity, Fragmentation, Vulnerability.

A study of the composition of mammals was conducted in the adequacy zone of the reservoir basin, the protective reserve areas and the protection strip of the Sogamoso's Hydroelectric Project. For this purpose sampling was conducted at various locations and vegetation types employing a set of standard methodologies for the capture and registration of terrestrial and flying mammals. 65 species were recorded, 43 of them in the reservoir basin and 53 in the protective reserve areas. In conjunction with previous studies, the list of mammals reaches a total number of 90 taxa in the study zone. From a total of 8 orders registered, bats were the most abundant group. Among terrestrial mammals there was a predominance of medium to large species with almost total absence of small rodents. Trap cameras were the most effective registration method for terrestrial mammals. 7 trophic guilds are represented by the total terrestrial species recorded, with some carnivores being the most vulnerable to fragmentation due to some of their life history traits and another factors. 7 trophic guilds are represented by the bats species recorded, with the predominance of aerial insectivorous and frugivorous species. There are plenty of adaptable species to fragmentation in the study zone. Sampling should be extended in space and time, principally in the protective reserve areas, with a special focus on the most vulnerable species or those that have been poorly documented or studied in the field. Declaration of larger and continuous reserve areas, the implementation of reforestation programs and the establishment of natural corridors between the reservoir basin and the protective reserve areas are the most urgent actions to the preserve of mammals in the study zone.

*Work Degree.

**Faculty of Sciences. School of Biology. Director: Víctor Hugo Serrano Cardozo

INTRODUCCIÓN

La mayoría de las actividades humanas, en especial aquellas de producción o prestación de bienes y servicios, suministro de materias primas y desarrollo de infraestructura, interactúan con el entorno donde se emplazan, tanto en su construcción como en su operación (Arboleda-González, 2008). Dichas actividades consumen recursos naturales, remueven vegetación, utilizan suelos productivos, modifican el paisaje, desplazan personas, producen residuos y emisiones, etc.; es decir, generan cambios en las condiciones ambientales que pueden ser muy variables en cuanto a su significancia, magnitud, duración, extensión, etc., y que en última instancia acarrearán efectos negativos sobre la biodiversidad (Arboleda-González, 2008).

Particularmente, el represamiento de los ríos naturales se ha identificado como uno de los más dramáticos, extensos y deliberados impactos de los humanos sobre el ambiente natural debido a que estos, incluyendo sus zonas riparias, pertenecen a los ecosistemas más diversos, dinámicos y complejos y juegan roles clave en la regulación y mantenimiento de dicha biodiversidad (Dynesius y Nilsson, 1994). El Río Sogamoso por su parte constituye un elemento importante del paisaje del Valle del Magdalena medio y sustenta a su alrededor una riqueza considerable de hábitats que en conjunto podrían albergar unas 149 especies de mamíferos de las 492 que actualmente se reportan para Colombia (Solari *et al.*, 2013). El represamiento de este importante afluente acarrearía un cambio drástico en el entorno circundante, potenciando fenómenos históricamente presentes en el área, como la deforestación por ampliación de la frontera agrícola y la ganadería, los cuales en últimas, en conjunto con el aprovechamiento insostenible de los recursos naturales, constituyen las principales amenazas de extinción para la mastofauna Colombiana (Rodríguez-Mahecha *et al.*, 2006).

Pese a lo anterior, se debe tener en cuenta que el hecho de que un proyecto de tal magnitud altere significativamente el ambiente, no quiere decir que no sea viable, ya que la viabilidad no se mide por la generación de impactos positivos o negativos sino por la capacidad del ambiente de recuperarse y de los promotores de los proyectos de hacer un manejo adecuado de los impactos (Arboleda-González, 2008). Desde este punto de vista, los proyectos hidroeléctricos son esenciales para el bienestar de millones de personas y juegan un rol clave en el desarrollo humano, sin embargo, debido a la magnitud del impacto que pueden generar durante su construcción y en su operación, se deben buscar soluciones que den armonía a la relación proyecto-sistema ambiental, más específicamente se deben diseñar estrategias que eviten, mitiguen y compensen particularmente la pérdida de fauna y flora.

El presente estudio hace parte de las medidas de manejo incluidas en el Plan de Manejo Ambiental y en la Licencia Ambiental para la ejecución del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso (Resolución 1497 del 31 de Julio de 2009), donde se establece adelantar el estudio y monitoreo de la vegetación y fauna terrestre vertebrada presentes tanto en la franja de protección y áreas de reserva protectora, como en la zona de adecuación del vaso del embalse. Con este estudio, particularmente para el caso de los mamíferos, se pretende alcanzar un objetivo fundamental, es decir, estudiar el grupo, analizar su sensibilidad, o sea el grado de vulnerabilidad, así como sus debilidades y fortalezas, para diagnosticar su capacidad de recuperación frente a las acciones y procesos producidos por la obra.

1. OBJETIVO

Establecer, consolidar y ejecutar estrategias metodológicas que permitan evaluar la riqueza de mamíferos terrestres y voladores en las Áreas de Reserva Protectora, el Vaso del Embalse y la Franja de Protección del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso, de tal forma que se pueda crear una fuente de información sistematizada de las especies presentes que facilite la formulación y desarrollo de proyectos de investigación encaminados tanto a la integración taxonómica, ecológica y biogeográfica, como a la conservación de los mamíferos.

1.1 COMPETENCIAS DESARROLLADAS

- Manipula eficaz y estratégicamente los dispositivos de captura y detección estándar utilizados en el estudio de los mamíferos terrestres y voladores.
- Ejecuta competentemente metodologías estándar para el estudio de la composición de mamíferos terrestres y voladores en la zona de estudio.
- Aplica los conocimientos adquiridos durante su formación académica en campos como el manejo de fauna silvestre, la taxonomía, la bioestadística y el análisis de impactos ambientales, como requisito fundamental para la evaluación de la riqueza específica de mamíferos terrestres y voladores
- Conoce, utiliza e interpreta herramientas bioestadísticas para cuantificar y comparar la riqueza específica de mamíferos terrestres y voladores en diferentes tipos de hábitats.

- Compila y sistematiza la información pertinente a la riqueza específica de mamíferos terrestres y voladores como requisito para la elaboración de listados claros e informativos.
- Maneja herramientas bioinformáticas para el análisis e interpretación de la información adquirida.
- Evalúa e interpreta la respuesta potencial de la mastofauna de la zona de estudio ante las presiones antrópicas históricas y presentes, con base en el análisis cuantitativo de variables de historia de vida de las especies y de factores extrínsecos que las influyen.

2. METODOLOGÍA

2.1 ZONA DE ESTUDIO

De manera general la zona de estudio se localiza en la región del Magdalena medio santandereano, al nororiente del departamento, entre el margen derecho del río Magdalena y el flanco occidental de la cordillera oriental. Se enmarca dentro del área de ejecución del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso, en jurisdicción de los municipios de Girón, Zapatoca, Betulia y San Vicente de Chucurí y comprende específicamente sectores localizados en las áreas de influencia directa del Proyecto, así como algunas microcuencas y bosques ribereños que son parte de las áreas de influencia indirecta y que han sido definidos por el MAVDT e ISAGEN como áreas de reserva protectora (ARPR). La unidad ecológica predominante en la región es el Bosque Húmedo Tropical (Holdridge, 1977), caracterizado por el desarrollo de selvas higrofitas y subhigrofitas exuberantes, siempre verdes, multiestratificadas y localizadas en piso térmico cálido. Las condiciones climáticas varían, con temperaturas y precipitaciones anuales promedio que van desde los 27 °C y los 2.057 mm respectivamente, en cercanías de la represa, hasta los 22 °C y 1.391 mm hacia la cola del embalse sobre los sectores encañonados del río en un paisaje predominantemente subxerofítico. Según el estudio de impacto ambiental realizado por INGETEC S.A. (2008), en la zona de estudio sobresalen 6 tipos de formaciones vegetales, siendo estas el Bosque Natural (bosque secundario y ripario –BS-), Pastizal Arbolado (Parb), Rastrojo Arbolado (Rarb), Rastrojo Bajo (RB), Rastrojo Alto (RA) y los Pastizales (PA). Adicionalmente en algunos sectores se han establecido extensiones considerables de cultivos ©. Las actividades antrópicas predominantes, tales como la ganadería, la agricultura y la extracción ilegal de madera han alterado el paisaje en esta parte del departamento de Santander,

trayendo consigo la desaparición de especies nativas y una reducción notable en las coberturas vegetales naturales.

2.1.1 Selección de puntos de muestreo.

La selección de los sitios de muestreo se realizó siguiendo los lineamientos de la Licencia Ambiental y el Plan de Manejo Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso, teniendo en cuenta los elementos de la topografía, la accesibilidad a las localidades y la representatividad de las formaciones vegetales mencionadas.

2.1.1.1 Área de influencia directa (vaso del embalse y zona circundante):

comprende principalmente el cuerpo del embalse, localizado en el valle del Sogamoso, ocupando un área que va desde el nivel del río hasta una cota de 330 msnm. La cola del embalse se remonta aguas arriba del sector conocido como el Tablazo por una porción encañonada del río hasta las inmediaciones del puente Gómez Ortíz. Se establecieron un total de 5 puntos de muestreo al interior del vaso del embalse y en los límites de la cota 330, definidos y nombrados con base en los tipos de formaciones vegetales predominantes, tal y como lo estableció el Plan de Manejo Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.

- **Linderos:** sobre esta localidad, en cercanías a la antigua vía Bucaramanga-Barrancabermeja, y extendiéndose casi hasta el margen del Río Sogamoso, hay predominio de vegetación secundaria (BS) en recuperación con 3 estratos bien definidos (un dosel superior, un dosel intermedio y un sotobosque). Sobresalen árboles con alturas entre 6 y 10 m entrelazados por abundantes lianas y epífitas. En menor proporción se presenta una cobertura continua de rastrojo alto en la porción más cercana al margen del río. Allí dominan árboles que no superan los 8 m, así como elementos arbustivos, hierbas, lianas y pastos altos. La topografía se

caracteriza por pendientes desde los 30° cerca a la vía hasta los 45° llegando al río.

- **Frudelca/Caño Seco:** esta localidad se encuentra ubicada al costado izquierdo de la vía Bucaramanga-Barrancabermeja, en los predios de Agrícolas Unidas S.A (FRUDELCA). En el sector predominan los terrenos abiertos, planos, con escasos elementos arbustivos o arbóreos, siempre inferiores a 3 m, y con abundantes pastos y cultivos de cítricos y mango.
- **Tablazo:** localidad ubicada al costado de la antigua vía Bucaramanga- San Vicente de Chucurí, hacia el sector conocido como El Tablazo. La formación vegetal predominante es el Rastrojo Alto, encontrándose con poca frecuencia árboles con más de 6 m y en mayor cantidad arbustos y herbáceas. En los alrededores hay gran cantidad de potreros y pastizales en lo que se puede considerar una zona relativamente plana.
- **La Palmita:** En esta localidad, al abandono por parte de los habitantes ha permitido un acelerada recuperación de la capa vegetal. Se evidencian parches de bosque continuos a lo largo de los cuerpos de agua, con presencia de árboles frondosos que superan los 10 m, así como abundantes lianas, enredaderas y epífitas. Los parches muestreados presentan algún grado de continuidad con la cuchilla o cerro de la Paz, elemento topográfico adyacente al Vaso del Embalse que por sus pendientes y bosques maduros constituye una posible reserva para la fauna desplazada por el llenado. Por otra parte, en menor proporción, en las cercanías al río Sogamoso se pueden encontrar porciones de Rastrojo Alto con predominio de arbustos y pastos.
- **Puente Gómez Ortiz-Vía a Zapatoca:** Se trata de una localidad contrastante ubicada hacia la cola del Vaso del Embalse, metros adelante del puente Gómez Ortiz, al margen derecho de la vía que de Bucaramanga conduce a Zapatoca. Las condiciones bioclimáticas de aridez condicionan la vegetación a elementos leñosos de porte bajo como arbustos espinosos y suculentos y especies aromáticas.

Localidad	Cobertura Predominante	Coordenadas	Altitud	Vereda	Municipio
Linderos	BS/RA	N 7°5'30.60" O 73°23'35.80"	191 m	Marta	Girón
FRUDELCA /Caño Seco	RB/C	N 7°4'30.00" O 73°20'49.20"	217 m	Sogamoso	Girón
Tablazo	RA	N 7°2'31.32" O 73°21'3.18"	303 m	Sogamoso	Betulia
La Palmita	BS/RA	N 7°3'53.33" O 73°22'42.40"	190 m	Sogamoso	Betulia
Vía a Zapatoca	RB-X	N 6°54'4.39" O 73°10'53.65"	312 m	Chocóa	Zapatoca

Tabla 1. Lista de localidades y coberturas vegetales muestreadas en la zona de adecuación del Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso. Bosque Secundario/Rastrojo Alto (BS/RA); Rastrojo Alto (RA); Rastrojo Bajo/Cultivo (RB/C); Rastrojo Bajo-Xerofítico (RB-X)

2.1.1.2 Franja de Protección y Áreas de Reserva Protectora: comprende una franja de 100 m por encima de la cota máxima de inundación del vaso del embalse (330 m), así como parte del área periférica del mismo y zonas de influencia indirecta, tales como microcuencas tributarias de los ríos Sogamoso y Chucurí y los bosques ribereños asociados. Un total de 9 puntos de muestreo fueron establecidos según las especificaciones de la Licencia Ambiental y el Plan de Manejo Ambiental del Proyecto, verificando la representatividad de las formaciones vegetales, la accesibilidad a las localidades y las condiciones de seguridad.

- **Quebrada el Ramo:** el punto específico de muestreo se ubica sobre el costado derecho de la antigua vía Bucaramanga-San Vicente de Chucurí, metros abajo del puente que atraviesa la quebrada, sobre un terreno escarpado con pendientes entre los 30° y 45°. La vegetación ribereña resemble un bosque secundario en avanzado estado de recuperación, dominado por árboles superiores a los 12 m que conforman un dosel en su

mayoría cerrado, que brinda sombra a un sotobosque denso y con abundante hojarasca. La mancha de bosque alrededor de la quebrada está inmersa en una matriz de rastrojos altos en los que predominan los arbustos con menos de 4 m, así como herbáceas y pastos.

- **Quebradas La Máquina y Resumidero:** las quebradas La Máquina y Resumidero son cuerpos de agua tributarios del Río Chucurí que se encuentran separados por una estrecha franja de vegetación madura. Por cuestiones logísticas, ambas quebradas fueron abordadas como un solo punto de muestreo que comprende en sí las manchas de bosque ribereño propias de cada caudal, así como la zona boscosa que los separa. Hay predominio de vegetación madura con abundantes elementos arbóreos que superan los 10 m y conforman un dosel cerrado, entrelazado por lianas, enredaderas y abundantes epífitas. En cercanías al Río Chucurí, la franja de vegetación de las quebradas se hace más estrecha y en los alrededores predominan los arbustos y herbáceas en una matriz de pastos altos.
- **Quebrada Aguablanca:** esta localidad se ubica sobre la antigua vía Bucaramanga-San Vicente de Chucurí a la altura del puente que atraviesa la quebrada Aguablanca. El caudal de este cuerpo de agua no supera los 7 metros y se encuentra rodeado por extensas zonas deforestadas para la actividad ganadera. Los muestreos se centraron en las manchas remanentes de vegetación secundaria ubicadas a ambos lados de la vía, algunas sobre terrenos escapados, y, caracterizadas por un estado medio de recuperación y la presencia de árboles de hasta 10 m inmersos en una matriz de potreros y rastrojos altos.
- **Quebrada La Chafarota:** se trata de un afluente del Río Sogamoso que se desprende de las faldas de la Cuchilla de la Paz o Cerro del Marrano. Los muestreos se realizaron en fragmentos de bosque ribereño que recorren el caudal y en los que hay predominio de vegetación secundaria en recuperación, entremezclada con cultivos de cacao. Sobresalen árboles con alturas promedio de hasta 13 m que conforman un dosel medianamente

cerrado que cubre un sotobosque denso dominado por enredaderas y con abundante hojarasca.

- **Quebrada La Aguamieluda:** La quebrada se encuentra ubicada en una zona con alto grado de intervención en la que predominan las fincas ganaderas y los cultivos. El caudal no supera los 6 m de ancho en temporada seca y está rodeado por un bosque ribereño bastante estrecho que, sin embargo, mantiene una mancha de vegetación madura, con poco grado de intervención y con árboles de hasta 20 m. El dosel cerrado cubre un sotobosque medianamente denso, con abundantes enredaderas y hojarasca.
- **Quebrada Las Golondrinas:** este cuerpo de agua se caracteriza por un caudal que no supera los 10 m de ancho, rodeado por un bosque ribereño con poco grado de intervención y que se extiende pocos metros a lado y lado. Hay predominio de vegetación secundaria con elementos arbóreos de hasta 20 m que conforman un dosel medianamente cerrado, sobre un sotobosque poco denso y con gran cantidad de hojarasca. La franja muestreada está rodeada por cultivos de yuca y plátano y la presencia de potreros hace que la quebrada sea visitada frecuentemente por ganado vacuno y equino.
- **Quebrada La Putana:** Este cuerpo de agua es tributario del Río Sogamoso y constituye un elemento importante del paisaje con un caudal que en algunos sectores puede superar los 50 m. Se trata de uno de los puntos de muestreo con mayor complejidad en la estructura vegetal, con bosques ribereños y parches adyacentes densos que evidencian poco grado de intervención y están dominados por árboles con alturas no inferiores a los 25 m. El dosel cerrado está entremezclado con lianas, enredaderas y epífitas y cubre un sotobosque denso, con abundante hojarasca. En algunos sectores adyacentes a la quebrada se han establecido potreros y cultivos.

- **Quebrada Mata de Cacao:** Los puntos muestreados, que hacen parte de la franja de protección, se ubican en una estrecha franja de bosque ribereño que recorre un cuerpo de agua que en temporada seca puede reducir su caudal a menos de 4 m de ancho. La vegetación secundaria se compone de árboles que no superan los 12 m, entremezclados con arbustos, herbáceas y los pastos que se extienden desde los alrededores. A pesar de que la franja muestreada se ha mantenido al margen de la intervención, las zonas adyacentes han sido producto constante de la deforestación para el establecimiento de extensos potreros y cultivos de cítricos.
- **Quebrada Santa María:** localidad ubicada dentro de la franja de protección, en cercanías de la cota máxima de inundación. Los puntos de muestreo se ubicaron exactamente a lado y lado de la antigua vía Bucaramanga-Barrancabermeja, a la altura de la quebrada Santa María. Este cuerpo de agua se extiende a lo largo de terrenos escarpados con pendientes que pueden alcanzar los 45°. El caudal, que no supera los 7 m, es recorrido por parches de bosque ribereño con vegetación secundaria en recuperación y árboles de hasta 10 m. En algunos sectores hay predominio de rastrojos altos entremezclados con cultivos de plátano y cacao.

Localidad	Cobertura Predominante	Coordenadas	Altitud	Vereda	Municipio
Q. El Ramo	BS	N 7°0'0.30" O 73°22'0.40"	282 m	San Mateo	Betulia
Q. La Máquina y Resumidero	BS	N 6°59'56.00" O 73°23'33.40"	351 m	Belmonte	Betulia-Zapatoca
Q. Aguablanca	BS, RA, PA	N 7°5'23.10" O 73°19'34.30"	252 m	La Parroquia	Girón
Q. La Chafarota	BS	N 7°4'36.50" O 73°23'53.60"	335 m	Sogamoso	San Vicente De Chucurí
Q. Aguamieluda	BS	N 7°3'51.20" O 73°28'29.50"	167 m	Aguamieluda	Betulia
Q. Golondrinas	BS, C	N 7°4'24.60" O 73°28'1.60"	173 m	Aguamieluda	Betulia
Q. la Putana	BS	N 7°2'47.80" O 73°29'59.40"	273 m	Vizcaína Alta	San Vicente De Chucurí

Localidad	Cobertura Predominante	Coordenadas	Altitud	Vereda	Municipio
Q. Mata Cacao	BS, P, C	N 7°5'9.10"	313 m	Sogamoso	Girón
		O 73°21'23.39"			
Q. Santa María	BS, RA, C	N 7°5'57.87"	338 m	Marta	Girón
		O 73°23'13.60"			

Tabla 2. Lista de localidades y coberturas vegetales muestreadas en las Áreas de Reserva Protectora y Franja de Protección del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.

2.2 LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

2.2.1 Mamíferos terrestres

2.1.1.1 Micromamíferos terrestres: Dentro de esta categoría fueron incluidas arbitrariamente aquellas especies con un peso inferior a los 2.500 g y que por sus condiciones de tamaño pudiesen ser capturadas en las trampas comerciales estándar tipo Sherman, Tomahawk y de golpe (Víctor). Se hace referencia entonces a la totalidad de los miembros de los órdenes Didelphimorphia (zarigüeyas ratón, faras) y Lagomorpha (conejos), a la gran mayoría de los miembros del orden Rodentia (ratones de campo, caseros y ardillas, familias Cricetidae, Muridae y Sciuridae) y a algunos miembros de órdenes como Cingulata (armadillos principalmente) y Carnivora (pequeños carnívoros como comadrejas, zorrillos y hurones) cuya ocurrencia en estos tipos de trampa es escasa pero probable.

Previo al despliegue de los sistemas de trampeo, se realizó una inspección minuciosa de cada localidad, verificando factores como las coberturas vegetales

predominantes, la presencia de cuerpos de agua y el grado de intervención antrópica (extracción de madera, cacería furtiva y presencia extensiva de cultivos), con el fin de identificar sitios potencialmente utilizados por la mastofauna para la alimentación, tránsito o refugio. Una vez evaluados dichos factores, así como las condiciones climáticas y topográficas, se procedió a seleccionar los puntos específicos de muestreo. En cada punto, dependiendo de la accesibilidad y el estado de la vegetación, se despejó manualmente un camino de longitud variable (o en su defecto se usaron caminos transitados por los pobladores de la zona), que se utilizó como transecto lineal, a lo largo del cual se instalaron en promedio 35 trampas Sherman plegables estándar (22,9 x 7,6 x 8,9 cm) separadas entre sí por una distancia aproximada de 15 a 20 m y ubicadas tanto en el suelo como en ramas, lianas y enredaderas a alturas entre los 2 y 3 m. **(Figura 1)**. Cada trampa fue cebada aleatoriamente con una de las siguientes preparaciones: a. una mezcla de mantequilla de maní y avena en hojuelas; b. pequeños trozos de banano; c. cualquier combinación entre esencias de mantecado, vainilla, banano y salpicón. En alternancia con las trampas Sherman, en cada transecto lineal se instalaron en el suelo un promedio de 5 trampas Tomahawk plegables estándar (40 x 14 x 14 cm) cebadas aleatoriamente con trozos de banano o una mezcla de atún y sardinas. Por su parte, las trampas comerciales de golpe (trampas ratoneras) fueron instaladas entre rocas u oquedades únicamente a lo largo de quebradas o arroyos de caudal lento y cebadas preferencialmente con trozos de banano o una mezcla de atún y sardinas. La revisión de las trampas se efectuó diariamente en horas de la mañana con el fin de verificar la captura de ejemplares y suministrar una nueva porción de cebo cuando fuese necesario. El esfuerzo de muestreo se calculó multiplicando en número de trampas instaladas por el número de noches empleadas, mientras que el éxito de registro se computó dividiendo el número de individuos capturados sobre el esfuerzo de muestreo. Cada individuo capturado fue extraído de la trampa, transferido a una bolsa de tela y posteriormente manipulado y revisado para la obtención de medidas morfométricas estándar y la evaluación de rasgos físicos que permitieran en lo posible su asignación al nivel

taxonómico de especie con la ayuda de literatura especializada (Emmons y Feer, 1997; Tirira, 2007; Gutiérrez *et al.*, 2011; Gardner, 2007; Patton, *en prensa*). Para la nomenclatura de especies se siguió la propuesta de Solari *et al.* (2013). En aquellos casos en los que se dificultó la determinación taxonómica, los individuos fueron eutanizados y preservados en seco para su posterior revisión y depósito en la colección de mamíferos asociada al Museo de Historia Natural de la Universidad Industrial de Santander.

2.2.1.2 Mamíferos terrestres medianos y grandes: Dentro de esta categoría se incluyeron aquellas especies con un peso igual o superior a los 2.500 g. Agrupa la totalidad de miembros de los órdenes Pilosa, Primates y Cetartiodactyla, a la mayoría de miembros del orden Carnivora y a unos pocos miembros del orden Rodentia (familias Dasyproctidae, Cuniculidae, Erethizontidae y Cavidae). Debido a las características de tamaño y agresividad de algunos de los taxa de esta categoría, en el presente trabajo se optó exclusivamente por la utilización de metodologías no invasivas, evitando así al máximo la captura y manipulación de ejemplares.

- **Recorridos de observación:** Se realizaron eventualmente recorridos nocturnos de observación a lo largo de caminos despejados, bordes de quebradas y espacios naturales considerados como de ocurrencia probable por la mastofauna de la zona. Se efectuó una exploración detallada del entorno y se emplearon linternas tipo led para realizar barridos periféricos y del dosel en búsqueda de animales. Paralelamente se realizaron actividades de detección y levantamiento de rastros, prestando especial atención a huellas, heces fecales, restos de alimentación y restos óseos. Esta última actividad también se ejecutó en horas del día. Las especies observadas y los rastros detectados o levantados fueron identificados con

la ayuda de literatura especializada (Emmons y Feer, 1997; Aranda, 2000; Navarro y Muñoz, 2000; Tirira, 2007).



Figura 1. Sistemas de trampeo empleados para el registro de la mastofauna terrestre de las Áreas de Reserva Protectora, el Vaso del Embalse y la Franja de Protección del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso: **a.** Trampa Tomahawk; **b.** Trampa Sherman; **c.** Trampa de Golpe; **d.** Cámara trampa

- **Instalación de Cámaras Trampa:** Dependiendo de las condiciones de terreno, la seguridad de los equipos y la disponibilidad de espacios adecuados, se instalaron entre 5 y 11 cámaras trampa en los diferentes puntos de muestreo, procurando su ubicación a lo largo de senderos naturales, caminos abandonados, cuerpos de agua u otros lugares despejados que pudiesen ser transitados por la mastofauna en la zona (**Figura 1**). En aquellos casos en los que fue necesario, se realizó una

adecuación de cada punto de instalación, removiendo manualmente la vegetación que pudiese obstruir el lente o los sensores infrarrojos de las cámaras. Para incrementar las probabilidades de registro, se instaló frente a cada cámara, de forma casi paralela al lente de la misma, una porción de atrayente olfativo. Para carnívoros y omnívoros se utilizó una mezcla de sardinas y atún, trozos de pollo y trozos de carne de res; para frugívoros y omnívoros se emplearon trozos de frutas y esencias frutales. Las especies fotografiadas fueron identificadas con la ayuda de literatura especializada (Emmons y Feer, 1997; Tirira, 2000).

2.2.1.3 Evaluación cuantitativa de la vulnerabilidad a la fragmentación (índice de vulnerabilidad): Con el objetivo de evaluar, cuantificar y analizar la respuesta potencial de las especies de mamíferos terrestres registradas a las actividades antrópicas predominantes en la zona de estudio, se realizó una revisión bibliográfica y levantamiento de información para 10 variables que han sido frecuentemente referidas en la literatura como predictores de la vulnerabilidad a la extinción. Durante el proceso de revisión, se ingresaron en un motor de búsqueda de la web diferentes combinaciones de las siguientes palabras clave: sensitivity, fragmentation, vulnerability, extinction, predictors, mammals. A partir de los resultados obtenidos, se hizo una selección de trabajos publicados entre los años 1992 y 2014 (Hansen y Urban, 1992; Vasquez y Simonetti, 1999; Purvis *et al.*, 2000; Henle *et al.*, 2004; Cardillo *et al.*, 2008; Davidson *et al.*, 2009; Pearson *et al.*, 2014) a partir de los cuales se escogieron arbitrariamente 10 variables biológicas y externas putativamente predictoras del riesgo de extinción en mamíferos (**Anexo 5**). Explorando diversas fuentes literarias, entre bases de datos, libros y publicaciones de la serie Mammalian Species (publicada por la sociedad americana de mastozoólogos), se recopiló información cualitativa y cuantitativa de dichas variables para cada una de las especies terrestres registradas en la zona de estudio. Mediante un procedimiento meramente

exploratorio y arbitrario, para cada variable se definieron rangos y categorías que reflejaran diferencialmente su influencia en la vulnerabilidad a las actividades antrópicas. Dichas categorías fueron puntuadas en una escala de menor a mayor. De esta forma, cada valor o cualidad de una variable fue asignado a su correspondiente categoría, obteniéndose al final para cada especie una serie de puntajes parciales por variable. Finalmente, mediante la sumatoria de estos puntajes, se obtuvo para cada taxón un valor final global que se denominó índice de vulnerabilidad o sensibilidad a la fragmentación. A pesar de que algunos autores han demostrado la correlación existente entre la mayoría de las variables seleccionadas (Davidson et al., 2009; Arita et al, 1990), el objetivo de la creación de un índice de vulnerabilidad en el presente estudio va más allá de lo planteado en trabajos previos y pretende identificar los factores intrínsecos y extrínsecos determinantes en la respuesta potencial de un grupo de especies a un proceso de perturbación antrópica acelerado por la ejecución del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso. Por tal razón, arbitrariamente se asumió la independencia de variables y se excluyó cualquier posibilidad de un control filogenético de los análisis debido al listado reducido de taxa.

2.2.1.4 Análisis espacial de la información (especies de interes): Con ayuda del software libre Quantum GIS versión 2.2.0, se identificaron sobre imágenes landsat y mapas disponibles de cobertura vegetal de la zona de estudio, corredores boscosos desde el vaso del embalse hacia la periferia, fragmentos de bosque natural continuos adyacentes, cuerpos de agua y terrenos comprados por ISAGEN y destinados a ser áreas de reserva protectora. Dichos elementos fueron delimitados e individualizados en polígonos que posteriormente se relacionaron en un contexto geográfico local, con los registros obtenidos en campo de cada una de las especies más vulnerables, así como con registros históricos cercanos de las mismas (soportados por especímenes voucher depositados en colecciones mastozoológicas nacionales e internacionales). Para esto, se crearon mapas a

escala de la zona de estudio sobre los cuales se analizaron cualitativamente las posibilidades de establecimiento y supervivencia de dichas especies ante el inminente proceso de llenado del Vaso y por lo tanto ante desplazamiento inminente de individuos. Se tuvo en cuenta principalmente la existencia de rutas de escape hacia las zonas boscosas periféricas, la idoneidad de dichas áreas para albergar la fauna desplazada (medida por la topografía, el tamaño de los parches y la presencia de cuerpos de agua) y la posible presencia de poblaciones aledañas de cada una de las especies.

Adicionalmente, se elaboraron mapas de representatividad de registros a nivel de Colombia para las especies con mayor índice de vulnerabilidad y para aquellas que se consideraron escasamente representadas por especímenes voucher depositados en colecciones de referencia. Para esto, se realizó una revisión detallada de las bases de datos de instituciones nacionales e internacionales (FMNH, AMNH, NMNH, MVZ, IavH, ICN, MHNUIS) identificando localidades de colecta en el país y haciendo un énfasis particular en el departamento de Santander. Los registros históricos obtenidos fueron ilustrados en los mapas, en conjunto con los registros obtenidos durante la fase de campo del presente trabajo, con el fin de evaluar el estado de conocimiento de la distribución de las especies a nivel regional, determinar la importancia del aporte realizado e identificar zonas submuestreadas, especialmente en Santander.

2.2.2 Mamíferos voladores (Quirópteros): Para el estudio de este grupo de mamíferos se abordaron metodologías tanto invasivas como no invasivas.

2.2.2.1 Captura de individuos: Para la captura de murciélagos se desplegaron un promedio de 5 redes de niebla (12 m x 3.5 m) por noche en cada uno de los puntos de muestreo, buscando abarcar diferentes microhábitats y posibles rutas

de tránsito o zonas de confluencia de individuos, tales como ecotonos, cuerpos de agua y los alrededores de árboles en frutescencia (**Figura 2**). Dependiendo de las condiciones climáticas, la actividad lunar y la tasa de captura de individuos, las redes fueron abiertas desde las 17:00 hasta las 23:00 horas cada noche y fueron revisadas cada 15 o 20 minutos. El esfuerzo de muestreo total y por localidad se calculó multiplicando el área de la red de niebla, el número de horas invertidas por noche, el número de noches trabajadas y el número de redes empleadas por noche. Complementariamente se realizaron búsquedas aleatorias de refugios de murciélagos, tales como oquedades naturales (árboles huecos, cuevas, grietas, tiendas) y estructuras artificiales (puentes, cañerías, tuberías). Cada individuo capturado fue transferido a una bolsa de tela, debidamente manipulado y revisado para la obtención de medidas morfométricas, el sexo y el estado reproductivo, así como para la evaluación de rasgos físicos que permitieran en lo posible su asignación al nivel taxonómico de especie con ayuda de literatura especializada (Simmons y Voss, 1998; Muñoz-Arango, 2001; Gardner, 2007). Para la nomenclatura de especies se siguió la propuesta de Solari *et al.* (2013). Adicionalmente, con el fin de monitorear las recapturas y evitar el sobreconteo de individuos, cada murciélago capturado fue marcado mediante la perforación de una combinación numérica consecutiva en la parte posterior del mesopatagio. En aquellos casos en los que se dificultó el proceso de identificación taxonómica, los individuos fueron eutanizados y preparados en seco para su posterior revisión y depósito en la colección de mamíferos asociada al Museo de Historia Natural de la Universidad Industrial de Santander.

2.2.2.2 Registro y grabación de llamados de ultrasónicos: Como complemento a la metodología de captura, se implementó la técnica de grabación de llamadas de baja frecuencia emitidas por los murciélagos mediante la utilización de un hardware especialmente diseñado que transforma y almacena este tipo de señales (batlogger). El dispositivo se instaló en cada uno de los

puntos de muestreo, preferiblemente en espacios abiertos, con el fin de minimizar la interferencia, y se puso en funcionamiento desde las 17:30 hasta las 19:30 horas (**figura 2**). Las llamadas almacenadas fueron transferidas a un ordenador, procesadas y analizadas en el software BatExplorer, teniendo como base parámetros acústicos disponibles en la literatura para algunas especies.



Figura 2. Métodos de captura y detección empleados para el registro de los murciélagos en las Áreas de Reserva Protectora, el Vaso del Embalse y la Franja de Protección del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso: **a.** Red de niebla ubicada en la orilla del río Sogamoso; **b.** Red de niebla entre potrero y Rastrojo Alto; **c.** Red de niebla entre potrero y Bosque Secundario; **d.** Batlogger ubicado en un espacio abierto.

2.2.2.3 Evaluación cualitativa de la vulnerabilidad a la fragmentación: En el caso de los murciélagos, a diferencia de los mamíferos terrestres, la escasez de información sobre algunas variables biológicas (tasa reproductiva, características de la percha, densidad poblacional, distancia de dispersión, etc.), dificultó la síntesis cuantitativa del índice de vulnerabilidad. Por tal razón, este acercamiento metodológico se abordó desde una perspectiva cualitativa, recopilando y evaluando información para 3 variables que, según la literatura, pueden reflejar la respuesta de un ensamblaje de especies a las actividades antrópicas.

En primer lugar, las especies registradas fueron categorizadas de acuerdo a su forma de alimentación y dieta en los siguientes gremios tróficos definidos por Kalko (1998) y Tirira (2007).

- **Carnívoros:** dieta a base de carne (especialmente tetrápodos).
- **Piscívoros:** dieta carnívora especializada en peces.
- **Hematófagos:** dieta a base de sangre de otros mamíferos y/o aves.
- **Insectívoros de follaje:** dieta basada en insectos que se posan en el follaje o el suelo.
- **Insectívoros aéreos:** dieta basada en insectos capturados en vuelo.
- **Frugívoros:** dieta a base de frutas o semillas.
- **Nectarívoros:** dieta a base de néctar y/o polen.
- **Omnívoros:** presentan dos más tipos de dietas, sin que ninguna de ellas predomine sobre la otra.

En segundo lugar, con base en el trabajo de Galindo-González (2004), las especies fueron clasificadas en las siguientes categorías de acuerdo a su respuesta ante los cambios ambientales relacionados con las perturbaciones y la fragmentación del paisaje.

- **Tipo I (dependientes del hábitat):** se trata de especies muy especializadas en su alimentación y requerimientos de hábitat. No toleran espacios abiertos ni volar fuera de la cobertura vegetal, por lo que prefieren

bosques continuos o grandes fragmentos de bosque, aunque también forrajean en vegetación secundaria o agroecosistemas complejos. Son las especies más sensibles a las modificaciones del paisaje.

- **Tipo II (Vulnerables):** pese a que prefieren grandes fragmentos de bosque, también utilizan la vegetación riparia y corredores que atraviesan los pastizales, sin salirse de su protección hacia el campo abierto.
- **Tipo III (adaptables):** Son especies generalistas, resistentes, que toleran la transformación del paisaje y posiblemente se benefician con la fragmentación. Utilizan tanto bosques en buen estado, como ambientes transformados y remanentes, vegetación riparia e incluso árboles y arbustos aislados en pastizales.

Finalmente, los murciélagos registrados fueron agrupados en 4 categorías de rareza, siguiendo el acercamiento cuantitativo de Arita (1993), en el cual se tienen en cuenta factores como el tamaño del rango distribucional y la abundancia local de las especies.

- **Categoría A (especies con distribución restringida y abundantes localmente):** aunque algunos factores las hacen menos vulnerables a la extinción, merecen algún tipo de atención en los esfuerzos de conservación.
- **Categoría B (especies ampliamente distribuidas y abundantes localmente):** probablemente no requieran una atención especial, con la excepción de aquellas especies que dependen de una alta densidad de individuos para reproducirse exitosamente.
- **Categoría C (especies con distribución restringida y escasas localmente):** debido a su alto riesgo de extinción por causas genéticas y demográficas, deben ser el blanco principal de los esfuerzos de conservación.
- **Categoría D (especies con amplia distribución y escasas localmente):** requieren de grandes áreas para su supervivencia.

2.2.3 Procesamiento y análisis de información: Con el fin de comparar la composición total de especies entre las unidades de paisaje definidas y abordadas en el presente estudio (ARPR y VE; puntos de muestreo) y entre fases de muestreo, se utilizaron dos acercamientos metodológicos:

En primer lugar, empleando datos de presencia y ausencia, se cuantificó el grado de similitud o disimilitud ecológica entre las localidades de las ARPR y entre las localidades del VE, mediante el cálculo de una matriz de similaridad en el software STATISTICA 7. Los resultados obtenidos fueron resumidos en árboles jerárquicos elaborados por medio de un análisis de agrupamiento simple con distancias euclidianas en el software STATISTICA 7.

Por otra parte, para determinar el número de especies comunes entre el VE y las ARPR y entre las fases 1 y 2 de levantamiento de información, se calculó el índice de complementariedad $IC_{ab} = ((a+b-2c)/(a+b-c))$ definido por Colwell y Coddington (1996). Este acercamiento relaciona el número de especies únicas de un área (a), con el número de especies únicas de un área (b) y el número de especies compartidas entre ambas áreas (c). Arroja valores que van desde 0, cuando la composición de taxa es idéntica en ambos sitios, hasta 1, cuando la composición es totalmente diferente.

En el caso particular de los murciélagos, para evaluar la fiabilidad de los muestreos y posibilitar su comparación, se computaron curvas de rarefacción basadas en el número total de individuos capturados con ayuda del software EstimateS 9 (Colwell, 2013). Esta metodología es recomendada para inventarios en los cuales se aplican esfuerzos diferenciales entre sitios de muestreo (Gotelli y Colwell, 2001). Adicionalmente, se calculó el número de especies esperadas para cada uno de las localidades en el ARPR y VE utilizando el estimador no paramétrico Jackknife de primer orden (Brose y Martínez, 2004).

Para cuantificar la diversidad, determinar el valor de importancia de la especies y evaluar la estructura de los ensamblajes de murciélagos de las ARPR y el VE, se utilizaron los siguientes acercamientos metodológicos: en función de la abundancia proporcional de especies, con ayuda del software EstimateS 9 (Colwell, 2013), se calcularon los índices de Simpson (D) para medir la dominancia y su inverso (invD) para estimar la uniformidad de las muestras. Complementariamente se graficaron curvas de rango-abundancia en Excel 2010 (Microsoft Office ®). Por otra parte, con base en la abundancia proporcional y la riqueza de especies, se calculó el índice alfa de Fisher (Af).

Finalmente, como representación espacial de la diversidad, se elaboraron mapas de riqueza de especies con relación a los puntos de muestreo de las ARPR y el VE. Para esto, se utilizó el software DIVA-GIS versión 7.3 (Hijmans et al., 2004) en conjunto con Quantum GIS versión 2.2.0.

3. RESULTADOS

3.1 RESULTADOS GENERALES (MAMÍFEROS TERRESTRES Y VOLADORES)

Atendiendo a la información obtenida en campo, mediante la implementación de cada una de las técnicas descritas anteriormente, se evidencia que en conjunto la zona de adecuación del Vaso del Embalse, la franja de protección y las Áreas de Reserva Protectora albergan un total de 65 especies de mamíferos pertenecientes a 8 órdenes, 25 familias y 56 géneros y que representan aproximadamente el 43,6 % de la mastofauna potencialmente distribuida a lo largo del Valle del Magdalena. (Alberico, 2000; Mantilla-Meluk *et al.*, 2009; Solari *et al.*, 2013) **(Tabla 1, Anexo 1)**. De este total de especies, el 82% (53 especies) fue registrado en las ARPR, mientras que en el VE se registró el 66% (43 especies). Los resultados indican que hay una composición mastofaunística desigual entre ambas subzonas de muestreo que se traduce en un valor de complementariedad medio ($IC=0,52$). Mientras que las ARPR y el VE cuentan con 21 y 12 especies únicas respectivamente, el número de taxa compartidos supera por poco la mitad de los registrados en total (32 especies) **(Figura 3)**.



Figura 3. Especies de mamíferos únicas y compartidas entre las Areas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.

Con relación al espectro taxonómico, en el presente estudio se registraron 8 de los 14 órdenes (57,14%) y 25 de las 49 familias (51,02%) de mamíferos presentes en el territorio Colombiano y que agrupan desde especies de pequeño porte como los murciélagos, algunos roedores (géneros *Tylomys* y *Proechimys*) y marsupiales (género *Marmosa*), hasta especies de gran porte como algunos felinos (*Puma concolor* y *Panther onca*) y Cetartiodáctilos (*Mazama cf. americana*). Respecto a las categorías arbitrarias mencionadas en la metodología, en este rango de tamaños, el 72% de las especies registradas corresponden a micromamíferos terrestres y voladores (<2.500g), mientras que el restante 28% corresponde a mamíferos terrestres medianos y grandes ($\geq 2.500\text{g}$) (**Figura 4**). De los 8 órdenes registrados, Chiroptera representa más de la mitad de la riqueza específica total (35 especies = 54%), seguido en orden decreciente por Carnívora, Didelphimorphia y Rodentia con 8 (12%), 6 (9%) y 6 (9%) especies respectivamente. Este patrón de representatividad se repite tanto para el ARPR y el VE, como para cada uno de los puntos de muestreo en estas subzonas. (**Figura 4**).

Figura 4. Riqueza porcentual de órdenes de mamíferos registrados en toda la zona de estudio (arriba); relación de especies/orden registradas en cada una de las subzonas de muestreo (medio) y relación de número de especies por categoría de tamaño (abajo).

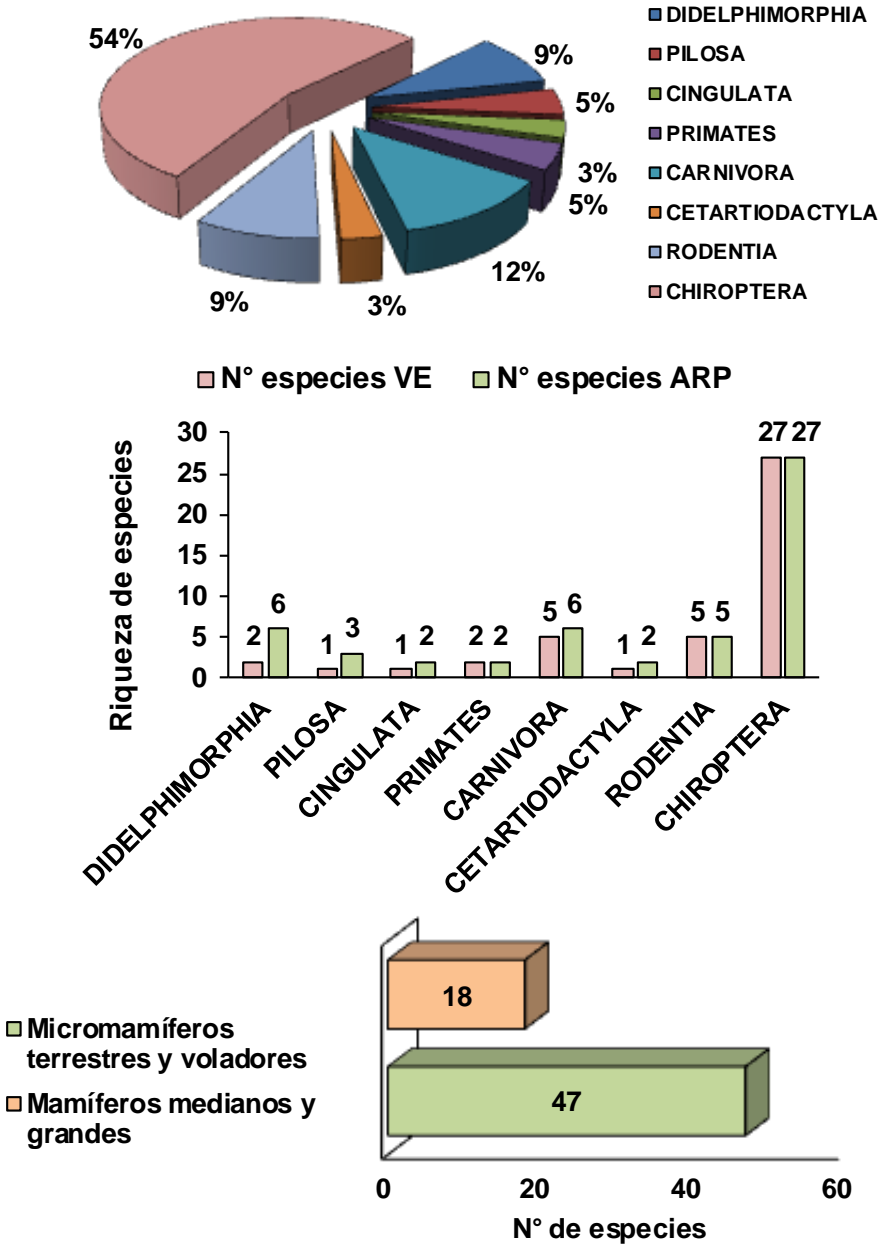


Tabla 3. Listado total de mamíferos presentes en las Areas de Reserva Protectora, el Vaso del Embalse y la Franja de Protección del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso. Q. Santa María (SM); Q. Mata de Cacao (MC); Q. La Putana (P); Q. Golondrinas (G); Q. Aguamieluda (A); Q. La Chafarota (C); Q. Aguablanca (AB); Q. La Máquina-Resumidero (MR); Q. El Ramo (R).

ARPR									ORDEN		VE			
									Familia					
SM	MC	P	G	A	C	AB	M-R	R	Especie		BS/RA	RA	RB/C	RB-X
									ORDEN DIDELPHIMORPHIA					
									I	Didelphidae				
									1	<i>Caluromys lanatus</i>	x			
x	x	x			x	x		x	2	<i>Didelphis marsupialis</i>		x		
									3	<i>Chironectes minimus</i>				
x									4	<i>Marmosa cf. robinsoni</i>				
									5	<i>Marmosa waterhousei</i>				
									6	<i>Metachirus nudicaudatus</i>				
									ORDEN PILOSA					
									II	Bradyrodidae				
									7	<i>Bradypus variegatus</i>				
									III	Megalonychidae				
									8	<i>Choloepus hoffmanni</i>				
									IV	Myrmecophagidae				
									9	<i>Tamandua mexicana</i>	x			x
									ORDEN CINGULATA					
									V	Dasypodidae				

ARPR									ORDEN		VE			
									Familia					
SM	MC	P	G	A	C	AB	M-R	R	Especie		BS/RA	RA	RB/C	RB-X
							x		10	<i>Cabassous centralis</i>				
x	x		x		x			x	11	<i>Dasyus novemcinctus</i>		x	x	
									ORDEN PRIMATES					
									VI	Atelidae				
x		x			x				12	<i>Alouatta seniculus</i>	x			
									VII	Cebidae				
									13	<i>Cebus albifrons</i>		x		
									VIII	Aotidae				
									14	<i>Aotus griseimembra</i>				
									ORDEN CARNIVORA					
									IX	Canidae				
x	x	x	x	x		x	x		15	<i>Cerdocyon thous</i>	x	x	x	
									X	Procyonidae				
x	x		x	x	x		x		16	<i>Procyon cancrivorus</i>	x	x	x	
									XI	Mustelidae				
	x								17	<i>Galictis vittata</i>				
									18	<i>Lontra longicaudis</i>				
									XII	Mephitidae				
									19	<i>Conepatus semistriatus</i>		x		
									XIII	Felidae				
									20	<i>Leopardus pardalis</i>	x			
									21	<i>Panthera onca</i>				
									22	<i>Puma concolor</i>	x			
									ORDEN CETARTIODACTYLA					

ARPR									ORDEN		VE			
									Familia					
SM	MC	P	G	A	C	AB	M-R	R	Especie		BS/RA	RA	RB/C	RB-X
									XIV	Cervidae				
x	x	x						x	23	<i>Mazama cf. americana</i>	x	x	x	
									XV	Tayassuidae				
		x	x	x	x				24	<i>Pecari tajacu</i>				
									ORDEN RODENTIA					
									XVI	Sciuridae				
x		x	x	x			x	x	25	<i>Sciurus granatensis</i>	x			
									XVII	Cricetidae				
					x				26	<i>Tylomys mirae</i>				
									XVIII	Caviidae				
									27	<i>Hydrochoerus isthmius</i>		x		
									IXX	Dasyproctidae				
		x						x	28	<i>Dasyprocta punctata</i>	x			
									XX	Cuniculidae				
x	x	x	x		x		x	x	29	<i>Cuniculus paca</i>	x	x	x	
									XXI	Echymidae				
x			x	x	x		x	x	30	<i>Proechimys chrysaeolus</i>	x	x		
									ORDEN CHIROPTERA					
									XXII	Emballonuridae				
						x	x		31	<i>Rhynchonycteris naso</i>	x		x	
										<i>Cormura brevirostris</i>	x		x	
										<i>Saccopteryx leptura</i>	x			
									32	<i>Saccopteryx bilineata</i>	x	x	x	
									XXIII	Phyllostomidae				

ARPR									ORDEN		VE			
									Familia					
SM	MC	P	G	A	C	AB	M-R	R	Especie		BS/RA	RA	RB/C	RB-X
							x	x	33	<i>Lonchorhina aurita</i>				
	x	x		x					34	<i>Lophostoma brasiliense</i>				
		x		x	x		x		35	<i>Micronycteris schmidtorum</i>		x		
	x								37	<i>Mimon crenulatum</i>				
			x	x				x	38	<i>Phyllostomus discolor</i>				
x	x	x	x	x		x	x	x	39	<i>Phyllostomus hastatus</i>	x			
									40	<i>Trachops cirrhosus</i>	x			
				x					41	<i>Trinycteris nicefori</i>				
x	x		x		x		x	x	42	<i>Glossophaga soricina</i>		x	x	x
									43	<i>Choeroniscus godmani</i>				x
x					x				44	<i>Anoura geoffroyi</i>	x			
x	x	x		x					45	<i>Lonchophylla cf. thomasi</i>		x		
									46	<i>Lonchophylla concava</i>				x
x									47	<i>Carollia brevicauda</i>			x	
	x	x	x	x	x		x	x	48	<i>Carollia castanea</i>	x	x		
x	x	x	x	x	x	x	x	x	49	<i>Carollia perspicillata</i>	x	x	x	
x	x	x	x	x			x	x	50	<i>Sturnira lilium</i>	x			
	x		x	x	x		x	x	51	<i>Artibeus jamaicensis</i>	x	x		x
x	x		x	x	x		x	x	52	<i>Artibeus lituratus</i>	x	x		x
x	x	x	x	x	x	x	x	x	53	<i>Dermanura anderseni</i>	x	x	x	
	x						x		54	<i>Dermanura sp.</i>		x		
							x		55	<i>Chiroderma villosum</i>				
x	x	x	x	x			x	x	56	<i>Platyrrhinus helleri</i>	x	x	x	
x	x	x		x		x	x	x	57	<i>Uroderma bilobatum</i>		x	x	

ARPR									ORDEN		VE			
									Familia					
SM	MC	P	G	A	C	AB	M-R	R	Especie		BS/RA	RA	RB/C	RB-X
	x				x		x		58	<i>Desmodus rotundus</i>				
									XXIV	Vespertilionidae				
x						x			59	<i>Myotis nigricans</i>	x		x	x
x	x					x			60	<i>Rhogeessa io</i>			x	x
									XXV	Molossidae				
						x			61	<i>Molossus molossus</i>				
										<i>Molossus sp.</i>			x	x
		x		x					62	<i>Molossops temminckii</i>	x			
										<i>Eumops sp.</i>			x	
23	23	23	18	21	18	11	28	20		N° especies/localidad	28	22	18	9
11	9	13	9	8	9	7	13	9		N° familias/localidad	15	12	9	4
7	6	7	6	5	7	4	6	6		N° ordenes/localidad	7	7	4	2
Total de especies ARPR									53		43	Total especies VE		

Los muestreos llevados a cabo indican que los remanentes de bosques secundarios y ribereños asociados a los cauces de las quebradas La Máquina-Resumidero, Santa María, Mata de Cacao y La Putana, actúan como el principal refugio para la mastofauna en las ARPR, siendo 28, 23, 23 y 23 el número de especies registradas en dichas localidades respectivamente (**Figuras 5 y 6**). Por su parte, las quebradas La Chafarota, Golondrinas y Aguablanca, que también hacen parte de las ARPR, sustentan en sus entornos una menor riqueza específica con 18, 18 y 11 especies en el mismo orden (**Figura 5 y 6**). A pesar del alto grado de intervención dentro del área de adecuación del VE, algunos de los puntos muestreados aún albergan Bosques Secundarios en proceso de recuperación y Rastrojos Altos que al igual que en las ARPR sustentan una riqueza considerable. Así, mientras estas coberturas remanentes llegan a albergar 27 y 22 especies respectivamente, otras coberturas como el Rastrojo Bajo y el Rastrojo Bajo Xerofítico evidencian una riqueza comparativamente menor (**Figuras 5 y 6**).

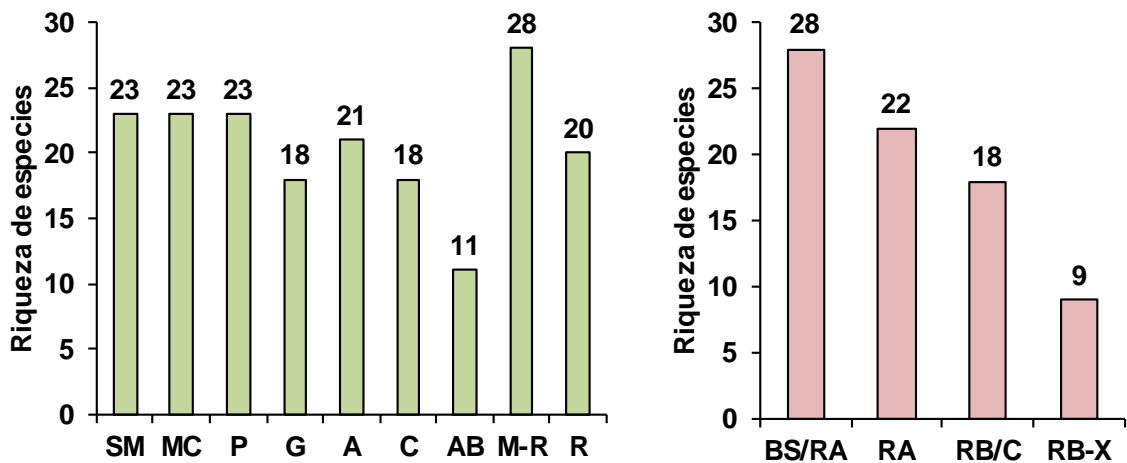


Figura 5. Riqueza de especies de mamíferos en cada una de las localidades de las Áreas de Reserva Protectora (izquierda) y en las coberturas vegetales del Vaso del Embalse (derecha).

En referencia a lo anterior, aquellas localidades de las ARPR con valores de riqueza similares también evidencian una relación estrecha en cuanto a la composición de especies, tal y como lo indica el árbol jerárquico elaborado con base en la matriz de correlación. Los entornos de quebradas como Golondrinas, El Ramo, Aguamieluda y La Chafarota comparten entre el 54% y 63% de las especies de mamíferos a pesar de las distancias geográficas variables entre estos cuerpos de agua. Por otra parte, las formaciones vegetales de La Máquina-Resumidero y Aguablanca, las quebradas con mayor y menor riqueza respectivamente, evidencian una mayor disimilitud ecológica, llegando a compartir menos del 43% de las especies con las demás localidades de las ARPR (**Tabla 4, Figura 7**).

En cuanto al VE, las coberturas asociadas a los puntos de muestreo evidencian poca similitud entre ellas, compartiendo de manera general menos del 36% de las especies.

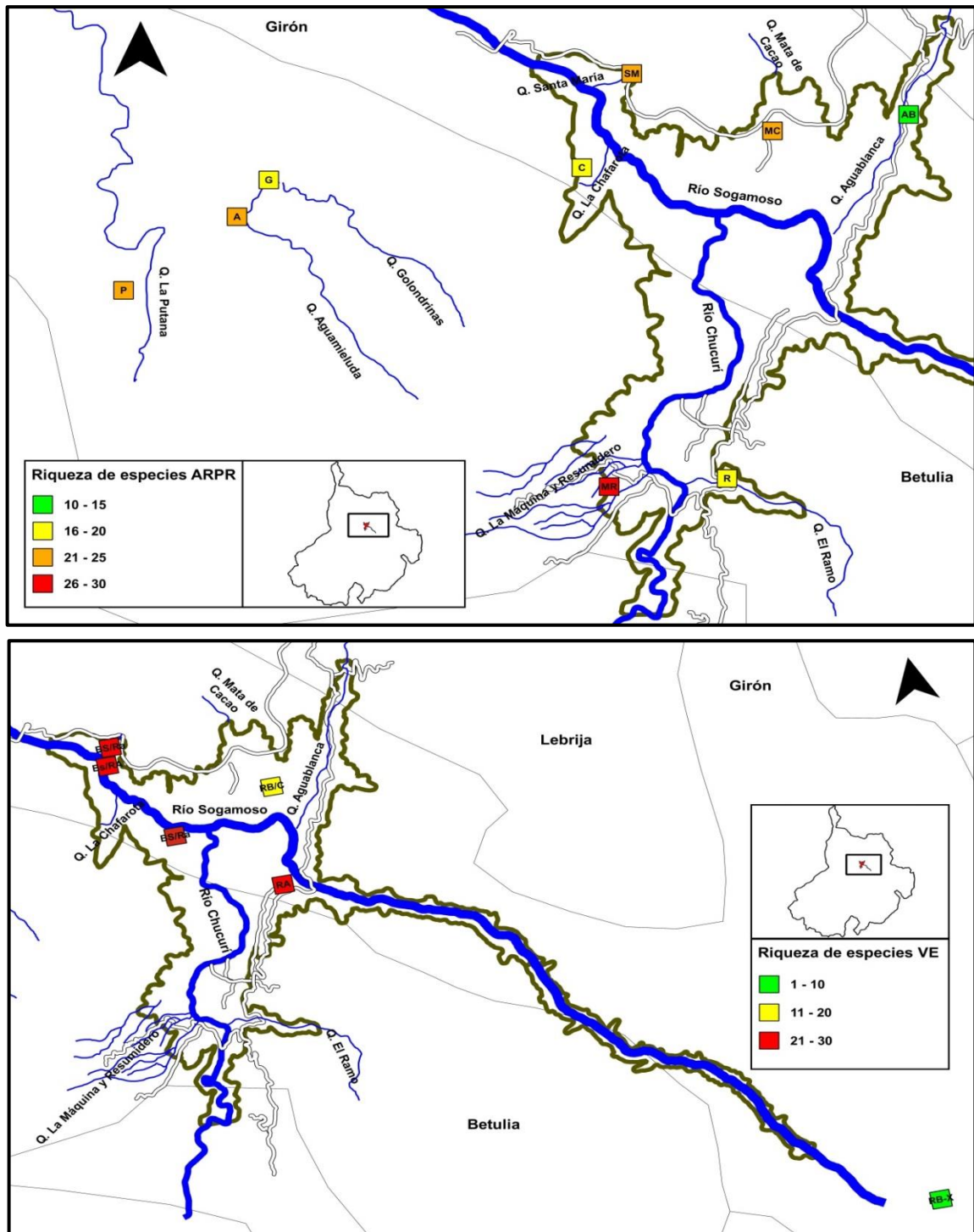


Figura 6. Análisis espacial de la riqueza de especies de mamíferos en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso

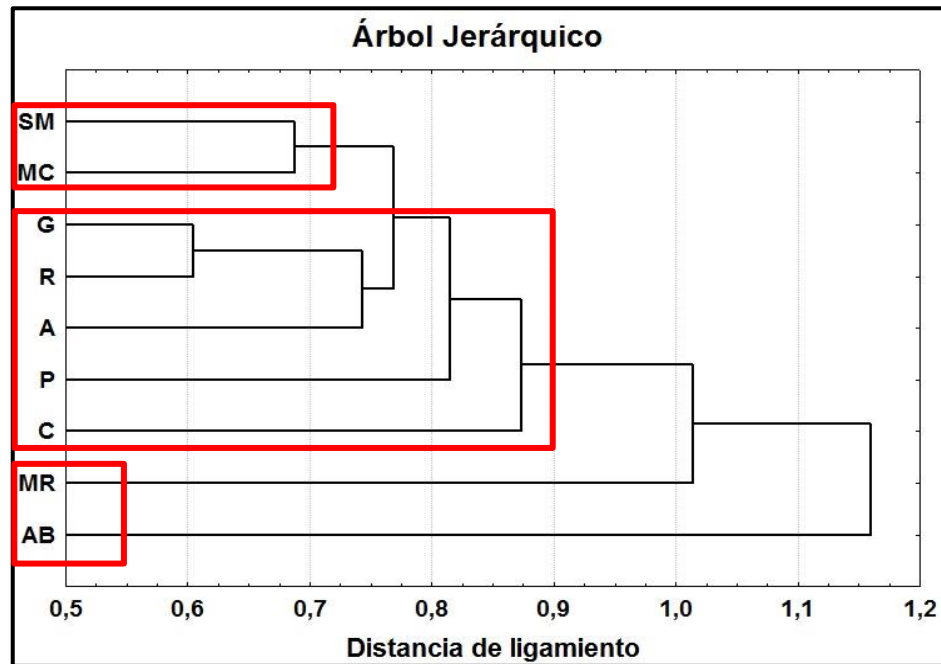


Figura 7. Árbol jerárquico ilustrando las relaciones entre las localidades de las Áreas de Reserva Protectora, con base en datos de presencia-ausencia.

Localidad	SM	MC	P	G	A	C	AB	MR	R
SM	1,00	0,53	0,33	0,48	0,31	0,33	0,35	0,20	0,48
MC	0,53	1,00	0,33	0,48	0,38	0,33	0,27	0,33	0,48
P	0,33	0,33	1,00	0,26	0,52	0,12	0,18	0,07	0,41
G	0,48	0,48	0,26	1,00	0,60	0,54	0,09	0,43	0,63
A	0,31	0,38	0,52	0,60	1,00	0,23	0,13	0,33	0,47
C	0,33	0,33	0,12	0,54	0,23	1,00	0,00	0,23	0,33
AB	0,35	0,27	0,18	0,09	0,13	0,00	1,00	0,19	0,14
MR	0,20	0,33	0,07	0,43	0,33	0,23	0,19	1,00	0,36
R	0,48	0,48	0,41	0,63	0,47	0,33	0,14	0,36	1,00

Tabla 4. Coeficientes de similitud entre las localidades de las Áreas de Reserva Protectora y Franja de Protección del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso

El listado total de taxa recopilado en el presente estudio incluye desde especies con rangos geográficos reducidos y localmente raras, tales como la rata trepadora de Mira (*Tylomys mirae*), el armadillo rabo de trapo (*Cabassous centralis*) y la zarigüeya ratón de Waterhouse (*Marmosa waterhousei*), hasta especies ampliamente distribuidas y localmente abundantes como el armadillo rabo de caña (*Dasybus novemcinctus*) y el tinajo (*Cuniculus paca*), cuyas densidades poblacionales pueden ser de hasta 20,37 y 48,75 individuos por Km² respectivamente. Dentro de las especies registradas se destacan algunas generalistas, capaces de explotar hasta 11, 12 y 19 tipos diferentes de hábitats a lo largo de su rango de distribución, tal y como sucede con el jaguar, (*P. onca*), el tinajo (*C. paca*) y el puma (*P. concolor*) respectivamente. El extremo contrastante lo constituyen principalmente especies de micromamíferos terrestres especialistas que a lo largo de su ámbito geográfico reducido frecuentan entre 1 y 3 hábitats solamente, tal y como sucede con la Marmosa de Waterhouse (*M. waterhousei*), la rata trepadora de Mira (*T. mirae*) y el ratón espinoso (*Proechimys chrysaеolus*). Desde una perspectiva más local, se pudo constatar que algunas especies aprovechan todas o casi todas las coberturas vegetales y microhábitats presentes en los diferentes puntos muestreados tanto en las ARPR como en el VE. Tal es el caso del fara de orejas negras (*Didelphis marsupialis*), el armadillo rabo de caña (*D. novemcinctus*), el zorro perruno (*Cerdocyon thous*), la zorra patona (*Procyon cancrivorus*), el venado (*Mazama cf.americana*), la ardilla de vientre blanco (*Sciurus granatensis*), el tinajo (*C. paca*), el ratón espinoso (*P. chrysaеolus*) y algunos murciélagos (géneros *Carollia* y *Artibeus*).

El total de los mamíferos terrestres registrados en las ARPR y el VE conforman una cadena trófica con una amplia demanda alimenticia. Las coberturas vegetales predominantes sustentan desde especies en niveles tróficos bajos, con gran disponibilidad de energía, como los Herbívoros-Ramoneadores (*Choloepus hoffmanni*, *Bradypus variegatus*, *Hydrochoerus isthmius*), hasta especies en el tope de la cadena y con poca energía disponible, como los carnívoros

especialistas (*P. onca*, *P. concolor*, *L. pardalis*, *Lontra longicaudis*, *Galictis vittata*). La mayor proporción de especies registradas pertenecen a este último grupo (7 especies), mientras que los Herbívoros-Ramoneadores y los Mirmecófagos son los gremios menos representados con 3 y 3 especies respectivamente (**Figura 8**).

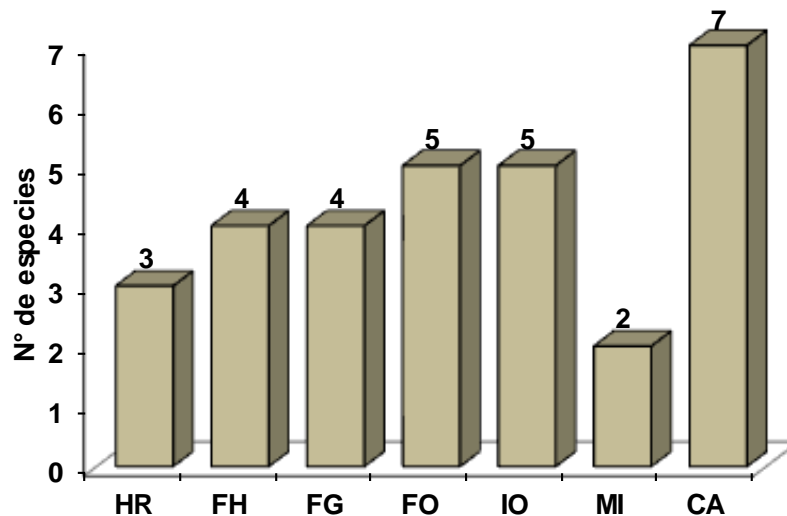


Figura 8. Relación del número de especies de mamíferos terrestres por gremio trófico en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso (según Arita et al., 1990).

El 80% de la mastofauna terrestre que conforma el listado obtenido en el presente estudio reviste importancia cinegética para los pobladores que circundan sus habitas en la totalidad de sus rangos geográficos. Este porcentaje está representado principalmente por mamíferos medianos y grandes de los cuales solamente 5 especies son muy usadas, mientras que 7 son medianamente usadas y 12 poco usadas (**Figura 9**). Campesinos e indígenas recurren frecuentemente a la carne de algunas de estas especies como fuente importante de proteína, por lo cual la cacería de subsistencia constituye la principal actividad de impacto. De 30 taxa registrados, 20 de ellos, entre los que se destacan el armadillo rabo de caña (*D. novemcinctus*), el tinajo (*C. paca*), el venado (*M. cf. americana*) y el marrano de monte (*Pecari tajacu*), son cazados y consumidos normalmente en toda

Latinoamérica. 15 especies son cazadas meramente por deporte, mientras que 12 se consideran una amenaza para cultivos o animales de corral y son cazadas para mitigar pérdidas económicas. Por su parte la cacería para el comercio de carne, pieles o para el mercado de mascotas limita su interés a 9, 9 y 3 especies de las registradas en la zona de estudio (**Figura 9**).

A una escala geográfica más reducida, los pobladores de la zona de estudio reportaron un particular interés en especies como el fara de orejas negras (*D. marsupialis*), el armadillo rabo de caña (*Dasypus novemcinctus*), el mono cariblanco (*Cebus albifrons*), el jaguar (*P. onca*), el venado (*M. cf. americana*), el marrano de monte (*P. tajacu*), el chigüiro (*H. isthmus*), el tinajo (*C. paca*) y el ñeque (*Dasyprocta punctata*).

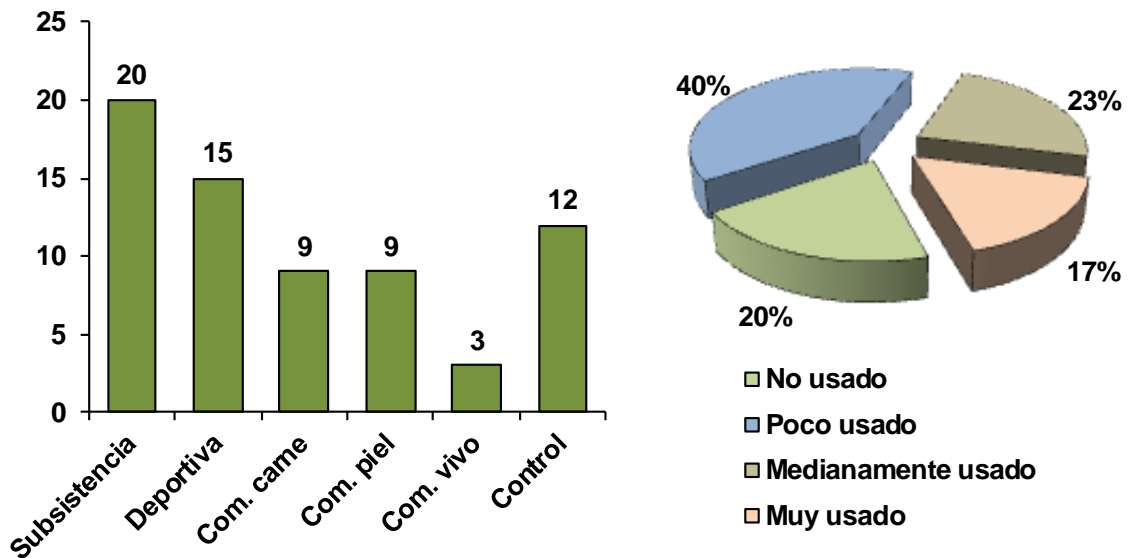


Figura 9. Relación del número de especies de mamíferos terrestres por categoría de uso cinegético (izquierda) y riqueza porcentual de especies por categoría de intensidad de uso cinegético (derecha) (Según Ojasti y Dallmeier, 2000).

En lo referente a las medidas de conservación a favor de las especies registradas en el presente estudio, cabe resaltar que, según la evaluación de la Unión

Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), el 97% de las mismas se encuentra por fuera de cualquier categoría de amenaza, figurando como especies bajo Preocupación menor (LC) en la lista roja elaborada por dicha institución (**Tabla 5**). La ausencia de información acerca de las amenazas potenciales, las tendencias poblacionales y algunos aspectos de su biología, ha impedido la evaluación certera del riesgo de extinción de algunas especies y por lo tanto su categorización dentro de la lista roja. Tal es el caso del armadillo rabo de trapo (*C. centralis*), la nutria de río (*Lontra longicaudis*), el venado (*M. cf americana*), el chigüiro (*H. ishtmius*) y el ratón espinoso (*P. chrysaeolus*), especies que figuran como deficientes de datos (DD) y que por lo tanto podrían estar o no amenazadas. Por otra parte, cumpliendo los criterios de amenaza de la UICN, la marteja (*Aotus griseimembra*) figura como una especie Vulnerable (VU), mientras que el jaguar (*P. onca*) y el murciélago nectarívoro (*Lonchophylla concava*) figuran como especies Casi Amenazadas (NT). Para el caso específico de Colombia la resolución 383 expedida en el año 2010 por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial declara como especies amenazadas a la marteja (*A. griseimembra*), la nutria de río (*L. longicaudis*) y al jaguar (*P. onca*), listándolos bajo la categoría vulnerable (VU).

6 de los 65 taxa de mamíferos registrados en el presente estudio están protegidos de la amenaza puntual del tráfico ilegal de fauna gracias a la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas (CITES, 2013) (**Tabla 5**). La nutria de río (*L. longicaudis*), el tigrillo (*Leopardus pardalis*), el jaguar (*P. onca*) y el puma (*P. concolor*) figuran en el apéndice I por considerarse especies en peligro de extinción, y por lo tanto su comercialización está totalmente prohibida, tanto para animales vivos o muertos, así como para alguna de sus partes. Por otra parte, aquellas especies que no se encuentran en riesgo de extinción pero que podrían estarlo si su comercio no es controlado, como es el caso del perezoso de dos dedos (*Bradypus variegatus*) y el marrano de monte (*P. tajacu*), están protegidas del tráfico libre figurando en el apéndice II. En cuanto a las restantes especies

registradas (91%), estas carecen de protección, bien sea porque no enfrentan la amenaza del tráfico ilegal o porque hasta el momento no han sido evaluadas por las comisiones del CITES.

Especie	Estado de Amenaza/Protección		
	UICN	Res. 283	CITES
<i>Bradypus variegatus</i>	LC		II
<i>Cabassous centralis</i>	DD		
<i>Aotus griseimembra</i>	VU	VU	
<i>Lontra longicaudis</i>	DD	VU	I
<i>Leopardus pardalis</i>	LC		I
<i>Panthera onca</i>	NT	VU	I
<i>Puma concolor</i>	LC		I
<i>Pecari tajacu</i>	LC		II
<i>Mazama cf. americana</i>	DD		
<i>Hydrochoerus isthmius</i>	DD		
<i>Proechimys chrysaеolus</i>	DD		
<i>Lonchophylla concava</i>	NT		

Tabla 5. Especies bajo alguna categoría de amenaza de la lista roja de la UICN y Res. 383/2010 o incluidas en alguno de los apéndices del CITES.

3.2 SISTEMAS DE TRAMPEO (MAMÍFEROS TERRESTRES)

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos para la zona de estudio en general (ARPR y VE), se evidenció que del total de técnicas de muestreo implementadas en campo, solamente las cámaras trampa permitieron la detección de casi la mitad de las especies de mamíferos terrestres (14 especies, 46,7%), siendo entonces el método de registro más exitoso (**Figura 10**). Otros métodos no invasivos como los recorridos de observación y la búsqueda y levantamiento de rastros también resultaron bastante efectivos para el conocimiento de la riqueza mastofaunística en los puntos de muestreo, facilitando el registro de 8 y 14 especies respectivamente. Por su parte, las técnicas invasivas, aunque restringidas solo a la captura de micromamíferos terrestres (trampas Sherman, Tomahawk y de

golpe), resultaron ser las menos exitosas, permitiendo el registro de tan solo 6 especies de un total aproximado de 20 con distribución potencial para la zona.

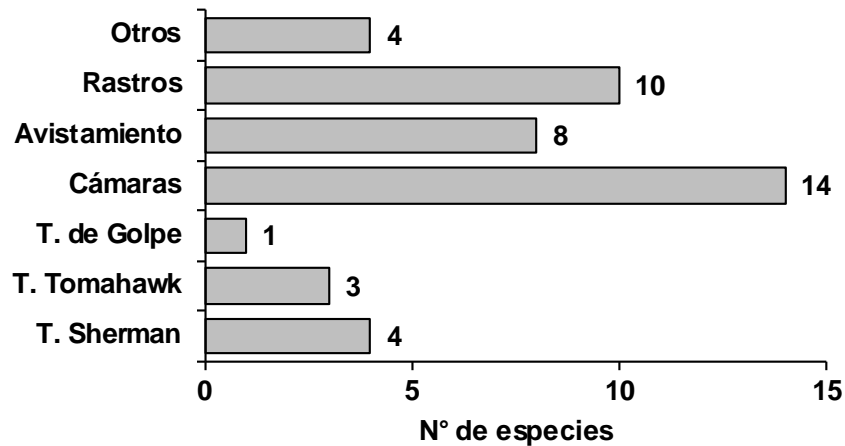


Figura 10. Relación del número de especies de mamíferos terrestres por método de registro en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.

Las cámaras trampa fueron especialmente importantes en la detección de especies elusivas y de hábitos principalmente nocturnos y crepusculares, tales como el puma (*P. concolor*) el tigrillo (*L. pardalis*), el hurón (*Galictis vittata*) y el mapuro (*Conepatus semistriatus*) (**Figura 11**). Con mayor frecuencia permitieron el registro en casi todos los puntos de muestreo de especies relativamente comunes como el fara de orejas negras (*D. marsupialis*), el venado (*M. cf. americana*) y el tinajo (*C. paca*) (**Figura 11**). Los recorridos diurnos y nocturnos, aunque facilitaron la observación de algunas especies, fueron particularmente útiles para la detección y levantamiento de rastros, tales como huellas, madrigueras, heces y restos óseos, que evidenciaron principalmente la presencia de venados (*M. cf. americana*), zorros perrunos (*Cerdocyon thous*), zorras patonas (*P. cancrivorus*), tinajos (*C. paca*), armadillos rabo de caña (*D. novemcinctus*) y osos hormigueros (*Tamandua mexicana*) (**Figura 12**).



Figura 11. Algunas de las especies de mamíferos terrestres registradas mediante cámaras trampa en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso: **a.** *Cuniculus paca*; **b.** *Conepatus semistriatus*; **c.** *Puma concolor*; **d.** *Mazama cf. americana*.

Por otra parte, con los sistemas de trampeo invasivos implementados (trampas Sherman, Tomahawk y de golpe) se logró la captura de hasta 16 y 17 individuos de especies como el fero de orejas negras (*D. marsupialis*) y el ratón espinoso (*P. chrysaerolus*), lo cual sugiere que se trata de taxa que además de ser comunes a lo largo de su rango de distribución, presentan abundancias locales relativamente altas. De igual forma, pese al bajo número de registros, estos sistemas de trampeo facilitaron la captura de especies crípticas y poco conocidas por la ciencia, como la zarigüeya ratón de Waterhouse (*M. waterhousei*), de la cual se conocen escasamente 5 registros para Colombia (2 de ellos confirmados) (Gutiérrez et al., 2011), y la rata trepadora de Mira (*T. mirae*), cuyos primeros registros para Santander han sido el resultado de los muestreos realizados por la Universidad

Industrial de Santander en las ARPR y el VE del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso (Fases 1 y 2)(Figura 13).



Figura 12. Algunas de las especies de mamíferos terrestres registradas mediante la búsqueda y levantamiento de rastros en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso: **a.** *Procyon cancrivorus*; **b.** *Mazama cf. americana*; **c.** *Cuniculus paca*; **d.** *Lontra longicaudis*

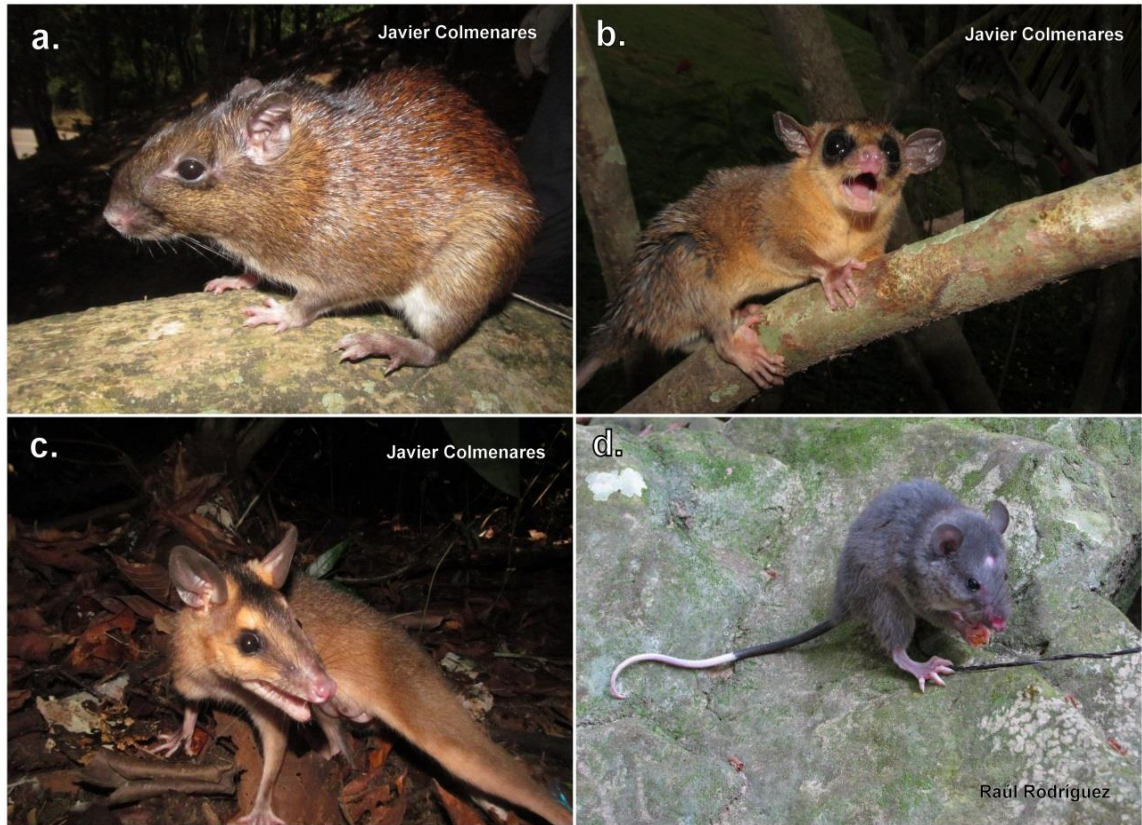


Figura 13. Algunas de las especies de mamíferos terrestres registradas mediante captura en trampas Sherman, Tomahawk y de golpe en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso: **a.** *Proechimys chrysaеolus*; **b.** *Marmosa waterhousei*; **c.** *Metachirus nudicaudatus*; **d.** *Tylomys mirae*

En conjunto los métodos de trampeo, tanto invasivos como no invasivos (trampas Sherman, Tomahawk, de golpe y cámaras), permitieron el registro del 60% de la mastofauna terrestre en el presente estudio. Considerando todas las localidades, con el cumplimiento de un esfuerzo de muestreo total de 1490 trampas/noche (un promedio de 41 trampas por localidad), se logró detectar o capturar para las ARPR un total de 55 individuos, significando esto un éxito de captura general para la subzona de 0,319 individuos/trampa. Por otra parte, con un esfuerzo de muestreo total de 1081 trampas/noche, se registraron 27 individuos para el VE,

alcanzándose un éxito de captura de 0,802 individuos/trampa (**Tabla 6**). Cabe resaltar que debido a las condiciones de muestreo adversas en algunas de las localidades de esta subzona (inclemencias climáticas y terrenos expuestos o de difícil acceso), la distribución de los sistemas de trampeo no se ejecutó de manera uniforme en todas las coberturas vegetales, afectándose consecuentemente la obtención de valores de captura comparables; por ejemplo, en el BS/RA el éxito de captura fue de 0,012 individuos/trampa con un esfuerzo de muestreo de 847 trampas/noche, mientras que en el RB/C se alcanzó un éxito mayor (0,667 individuos/trampa) con un esfuerzo mucho menos (6 trampas/noche).

	Localidad	Noches de muestreo	N° de trampas	Esfuerzo	Individuos registrados	Éxito de registro
ARP	SM	7	41	287	14	0,049
	MC	3	41	123	9	0,073
	P	4	40	160	4	0,025
	G	3	40	120	3	0,025
	A	3	40	120	2	0,017
	C	4	40	160	7	0,044
	AB	4	40	160	2	0,013
	M-R	4	49	196	11	0,056
	R	4	41	164	3	0,018
	Totales	36	372	1490	55	0,319
Promedios	4	41,3	165,6	6,1	0,04	
VE	BS/RA	11	77	847	10	0,012
	RA	3	35	105	13	0,124
	RB/C	3	2	6	4	0,667
	RB/X	3	41	123	0	0,000
	Totales	20	155	1081	27	0,802
Promedios	5	38,8	270,3	6,8	0,201	

Tabla 6. Valores de esfuerzo y éxito de los muestreos de mamíferos terrestres ejecutados en las Áreas de Reserva Protectora, el Vaso del Embalse y la Franja de Protección del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso

Para el caso particular de los sistemas de muestreo invasivos, la efectividad de las trampas Tomahawk fue comparativamente mayor, permitiendo la captura de un total de 17 individuos en todos los puntos de muestreo (**Figura 14**). 14 de ellos (82,4%) fueron capturados mediante la utilización de trozos de banano como atrayente, mientras que el pequeño porcentaje restante tuvo preferencia por la mantequilla de maní. Por su parte, las trampas Sherman y de golpe escasamente facilitaron la captura de 6 y 1 individuo respectivamente en toda la zona de estudio. Las primeras resultaron más efectivas cuando fueron ubicadas en el suelo y cebadas con mantequilla de maní, mientras que el único ejemplar capturado por una trampa de golpe fue atraído hacia la misma por una mezcla de atún con sardinas.

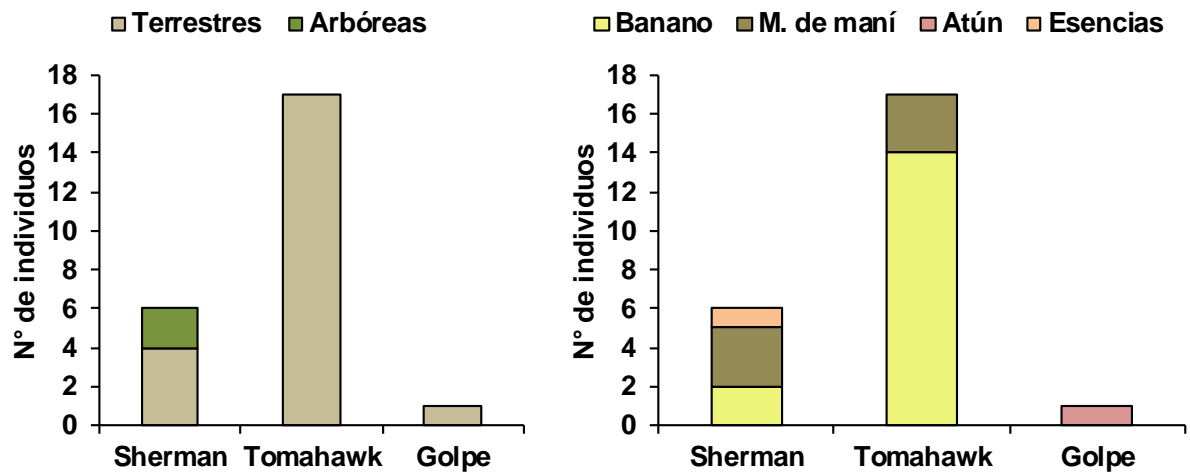
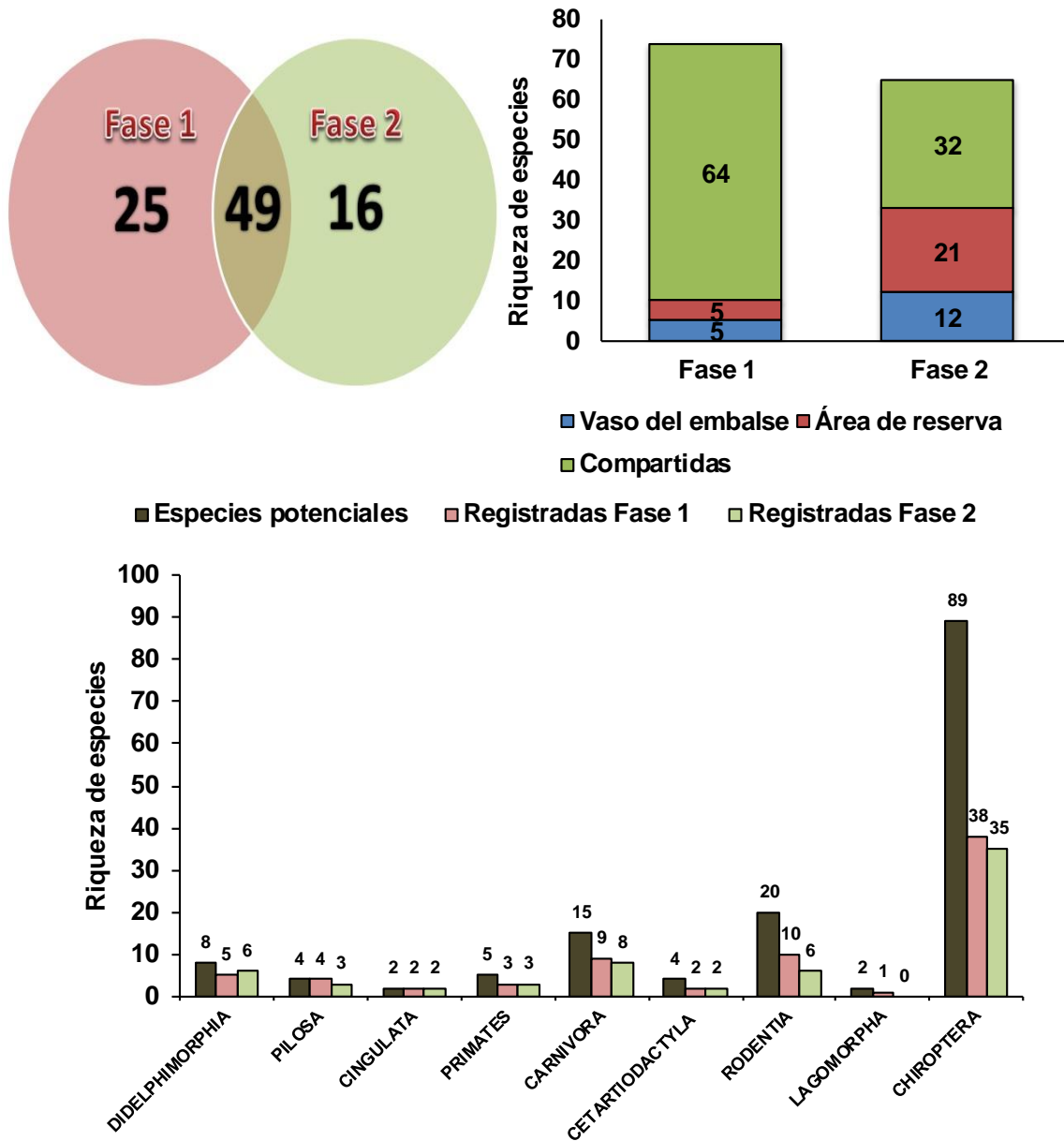


Figura 14. Relación del número de individuos capturados por tipo de trampa y ubicación (izquierda) y relación del número de individuos capturados por tipo de trampa y cebo (derecha) en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso

3.3 COMPARACIÓN GENERAL FASES 1 Y 2 DE MUESTREO.

Comparativamente, respecto a los muestreos realizados por el Grupo de Estudios en Biodiversidad en la misma zona (fase 1, año 2011), se evidenciaron diferencias tanto en el número global de especies registradas, como en los subtotales para cada una de las subzonas muestreadas (ARPR y VE). Mientras que en el listado actual se cuentan 65 especies (entre ellas 21 únicas de las ARPR, 12 únicas del VE y 32 compartidas entre ambas subzonas), el conteo en el listado anterior (fase 1) asciende a las 74 especies (5 únicas de las ARPR, 5 únicas del VE y 64 compartidas) (**Figura 15**). Los registros en conjunto de ambos estudios totalizan 90 taxa que representan aproximadamente el 60% de toda la mastofauna con distribución potencial en el Valle del Magdalena (**Figura 15**). De estas 90 especies, casi la mitad son complementarias entre fases 1 y 2 ($IC = 0,45$), mientras que 25 de ellas se registraron únicamente en el año 2011 y 16 únicamente en los muestreos del presente estudio (**Figura 15**).

Figura 15. Especies de mamíferos únicas y compartidas entre la Fase 1 y la Fase 2 de muestreo (arriba izquierda); relación del número de especies de mamíferos registradas por fase y subzona de muestreo (arriba derecha); relación del número de especies registradas por orden y fase respecto al número de especies potenciales (abajo) en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso

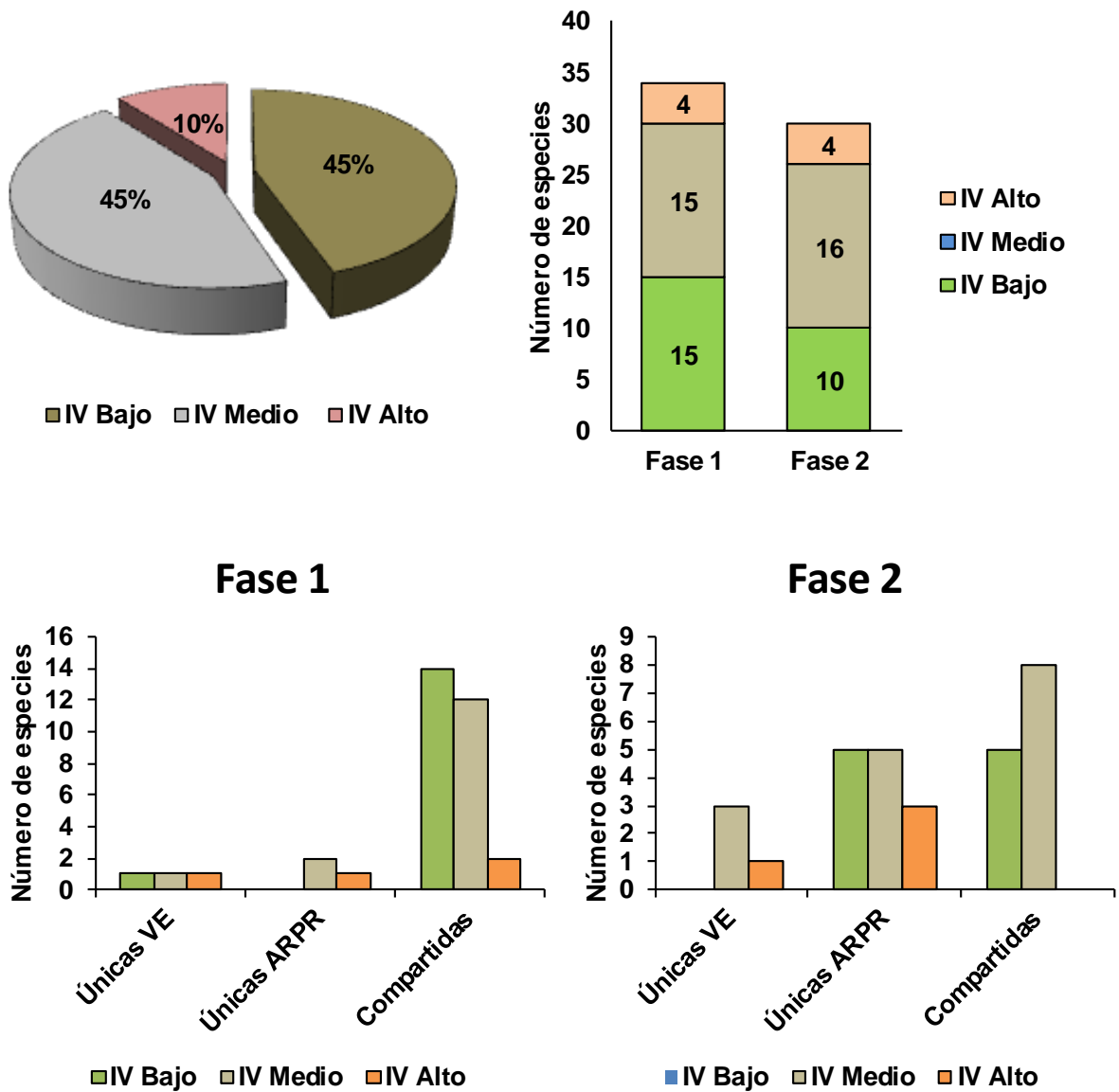


3.4 ÍNDICE DE VULNERABILIDAD (MAMÍFEROS TERRESTRES)

El listado de mamíferos presentes en la zona de estudio abarca un espectro taxonómico que representa poco más de la mitad de los órdenes de mamíferos presentes en el territorio Colombiano. Esta representatividad se traduce en un amplio rango de particularidades asociadas a los rasgos de vida de las especies y a los factores extrínsecos que los influyen, razón por la cual, como era de esperarse, la mastofauna terrestre asociada a las ARPR y el VE exhibe una sensibilidad diferencial a las actividades antrópicas predominantes en el entorno. De acuerdo a los cálculos obtenidos para el índice de vulnerabilidad, de un mínimo posible de 9 y un máximo de 47, el 45% de las especies terrestres registradas, entre fases 1 y 2 de muestreo, son poco vulnerables (IV=18-22) a actividades asociadas a la fragmentación de los bosques locales, tales como la ganadería, la agricultura y en gran medida el establecimiento y funcionamiento del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso (**Figura 16**). Entre estas especies, con los valores más bajos figuran algunas de las más frecuentemente registradas, tales como la zorra patona (*P. cancrivorus*; IV=19), la taira (*Eira barbara*; IV=19), la zarigüeya lanuda (*Caluromys lanatus*; IV=19), el fara de orejas negras (*D. marsupialis*; IV=20), la ardilla de vientre blanco (*Sciurus granatensis*; IV=20) y el tinajo (*C. paca*; IV=22). Por otra parte, 17 de las 38 especies (45%; IV=23-27), aunque se pueden adaptar en gran medida a la perturbación antrópica, exhiben ciertas características que las hacen más vulnerables a la extinción que las mencionadas anteriormente. Dentro de estas destacan desde micromamíferos como el ratón espinoso (*P. chrysaеolus*; IV=24), pasando por especies de tamaño medio como el oso hormiguero (*T. mexicana*; IV=24), los monos aullador (*Alouatta seniculus*; IV=23) y cariblanco (*Cebus albifrons*; IV=26) y el chigüiro (*H. isthmus*; IV=26), hasta especies de mayor porte como el venado (*M. cf. americana*; IV=26), el marrano de monte (*P. tajacu*; IV=24) y el puma (*P. concolor*; IV=27). Finalmente, constituyendo una pequeña porción del listado total (10%), con valores de vulnerabilidad entre 28 y 33, se encuentran las especies altamente vulnerables a las actividades antrópicas

que predominan en la zona de estudio. Estas especies exhiben características de rasgos de vida muy particulares que las predisponen a un alto riesgo de extinción local. A esta categoría pertenecen taxa cuyos registros fueron muy escasos (lo cual puede reflejar su condición), en gran medida anecdóticos o logrados por métodos indirectos (rastros), tales como el armadillo rabo de trapo (*C. centralis*; IV=29), el tigrillo (*L. pardalis*; IV=30), la nutria de río (*L. longicaudis*; IV=31) y el jaguar (*P. onca*; IV=33). La comparación entre fases 1 y 2 de muestreo reveló la complementariedad de estas 4 especies y una mayor proporción de taxa poco vulnerables registradas en la fase 1 (**figura 16**). Mientras que en esta misma fase la distribución de especies altamente vulnerables fue casi uniforme (1 en las ARPR, 1 en el VE y 2 en común para ambas subzonas) (**Figura 16**), en la fase 2 la mayoría se concentró en las ARPR (3), registrándose solo 1 en el VE y ninguna en común entre ambas subzonas (**Figura 16**).

Figura 16. Riqueza porcentual de especies por categoría de vulnerabilidad (arriba izquierda); relación del número de especies por fase y categoría de vulnerabilidad (arriba derecha); relación del número de especies únicas y compartidas de las ARPR y el VE con respecto a las categorías de vulnerabilidad en la fase 1 (abajo izquierda); relación del número de especies únicas y compartidas de las ARPR y el VE con respecto a las categorías de vulnerabilidad en la fase 2 (abajo derecha) del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.



En un contexto geográfico local, mediante las imágenes satelitales se puede evidenciar el progreso histórico que ha tenido la perturbación antrópica en la zona de estudio. Grandes áreas dentro de los límites del VE y en los alrededores del mismo y de las ARPR aparentemente han sido deforestadas, reduciendo los bosques maduros a escasos parches que suman un área total aproximada de 8.246 Km² (cálculos basados en los mapas de coberturas elaborados por INGETC S.A hasta el año 2008). El análisis espacial de los registros obtenidos da cuenta de un panorama poco alentador para algunas de las especies más vulnerables ante el inminente proceso de llenado del VE. El jaguar (*P. onca*), especie con el índice de vulnerabilidad más alto (IV=33), fue registrado gracias a comentarios anecdóticos recientes de avistamiento en un sector conocido como La Putana, donde el paisaje está dominado por una quebrada con el mismo nombre que descarga su caudal en el Río Sogamoso (**figura 17**). El registro se ubica a unos 11.094 Km del VE en lo que se puede considerar uno de los puntos de muestreo con mejor estructura vegetal y que se conecta con un área bastante grande (aproximadamente 128.271 Km²) dentro de la cual se destacan elementos topográficos como la Cuchilla de La Putana y la Cuchilla de la paz, además de fragmentos de bosque continuos, cuerpos de agua como las quebradas Golondrinas, La Aguamieluda, La Máquina, Resumidero y la Chafarota y parte de uno de los terrenos más grandes comprados por ISAGEN (aproximadamente 12.513 Km²) y destinados a ser un ARPR en los límites del VE. Teniendo en cuenta lo anterior, se puede afirmar que el paisaje ofrece las condiciones y recursos para sustentar poblaciones de este felino en la zona de estudio, aunque estas quedarían relativamente aisladas de aquellas que podrían estar establecidas a lo largo del corredor del jaguar propuesto por PANTHERA, teniendo como barreras principales el río Sogamoso, una parte muy deforestada del Valle medio del Magdalena y una distancia aproximada de 16.130 Km.

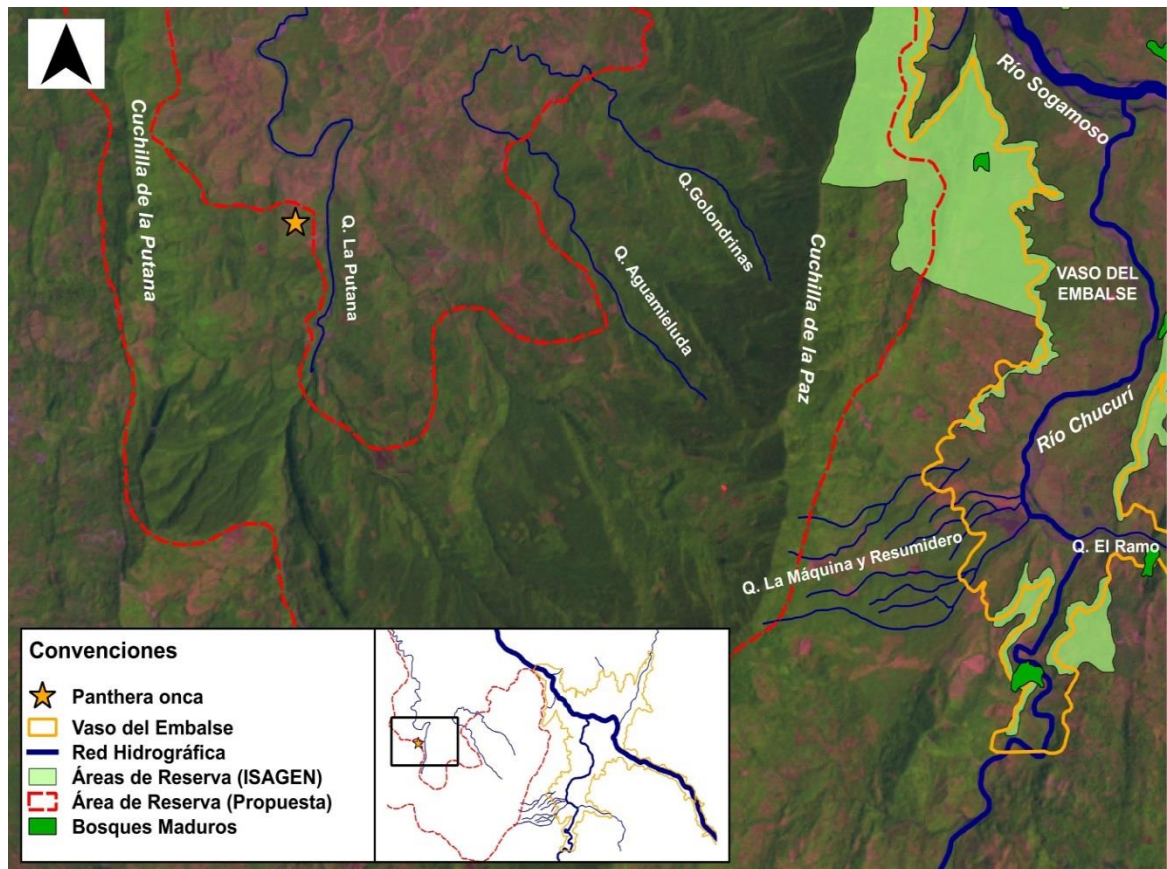


Figura 17. Análisis espacial de los registros de jaguar (*Panthera onca*) obtenidos en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso

Con relación al jaguar, otras especies altamente vulnerables registradas en la zona de estudio contemplan en parte las mismas posibilidades. La nutria de río (*L. longicaudis*) y el armadillo rabo de trapo (*C. centralis*), aunque fueron registradas en los límites del vaso del embalse, cuentan con un entorno alentador para el sustento de sus poblaciones (**figura 18**). El punto de muestreo exacto incluye los bosques ribereños a lo largo de las quebradas La Máquina y Resumidero y la franja de vegetación entre ambos cuerpos de agua. En continuidad con estos bosques se destaca un área de aproximadamente 3.265 Km² en la cual se aprecia un mancha extensa de cobertura vegetal aparentemente poco intervenida y que

constituye una posible ruta hacia los bosques de la cuchilla de La Paz y en general hacia la extensa área que incluye este elemento topográfico y que se mencionó anteriormente en referencia al jaguar. Para el caso específico de la nutria (*L. longicaudis*), las mismas quebradas La Máquina y Resumidero, así como otros cuerpos de agua adyacentes ofrecen rutas directas protegidas por vegetación hacia el sector de la cola del río Chucurí, en las afueras del VE, donde muy probablemente las aguas podrían ofrecer gran parte de los ítems alimenticios consumidos por la especie.

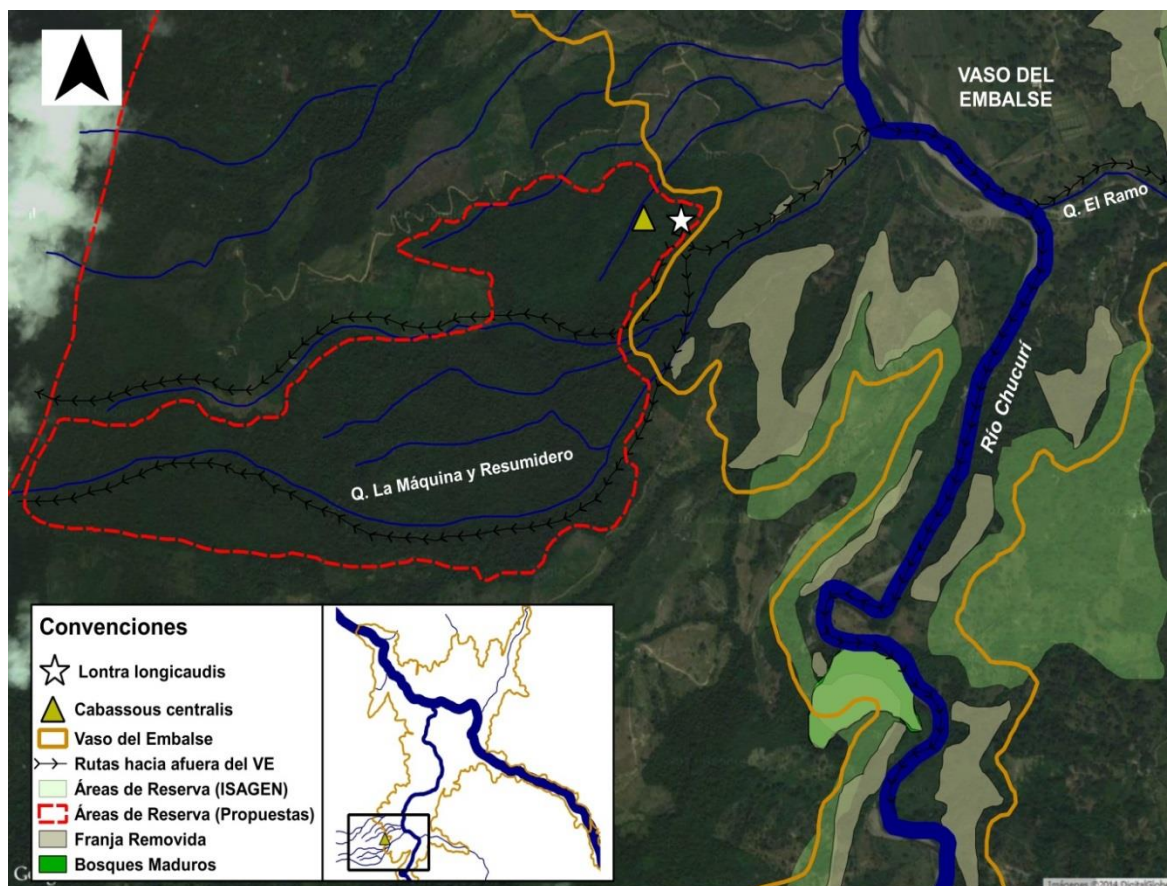


Figura 18. Análisis espacial de los registros de nutria de río (*L. longicaudis*) y armadillo rabo de trapo (*Cabassous centralis*) obtenidos en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.

Para el caso de especies registradas al interior del área de adecuación del VE el panorama resulta menos positivo. En concreto, el tigrillo (*L. pardalis*), especie altamente vulnerable, y el puma (*P. concolor*), especie medianamente vulnerable, fueron registradas en cercanías a la desembocadura del río Chucurí en el Sogamoso, en un sector conocido como La Palmita, a pocos metros de la represa del proyecto hidroeléctrico (**figura 19**). En este punto de muestreo aunque la vegetación evidencia un alto grado de recuperación y ofrece recursos y refugio para presas potenciales de estos dos felinos (venados y tinajos), los alrededores han alcanzado un alto grado de deforestación debido principalmente a la ganadería y a las actividades de tala y remoción exigidas por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) a ISAGEN como requisito para la inundación del vaso. La franja se interpone como barrera para el desplazamiento de estas dos especies desde los fragmentos muestreados hacia uno de los terrenos más grandes comprados por ISAGEN y propuestos como ARPR (aproximadamente 12.513 Km²) y que a su vez se continua con los bosques poco perturbados de La Cuchilla de la Paz y de toda la basta área que incluye este elemento topográfico y que ya se ha mencionado en el caso del jaguar, la nutria y el armadillo rabo de trapo. Sin embargo, tratándose de especies con gran capacidad de dispersión, aquellas áreas donde dicha franja es más estrecha podrían fácilmente ser usadas como puentes de tránsito hacia las zonas adyacentes.

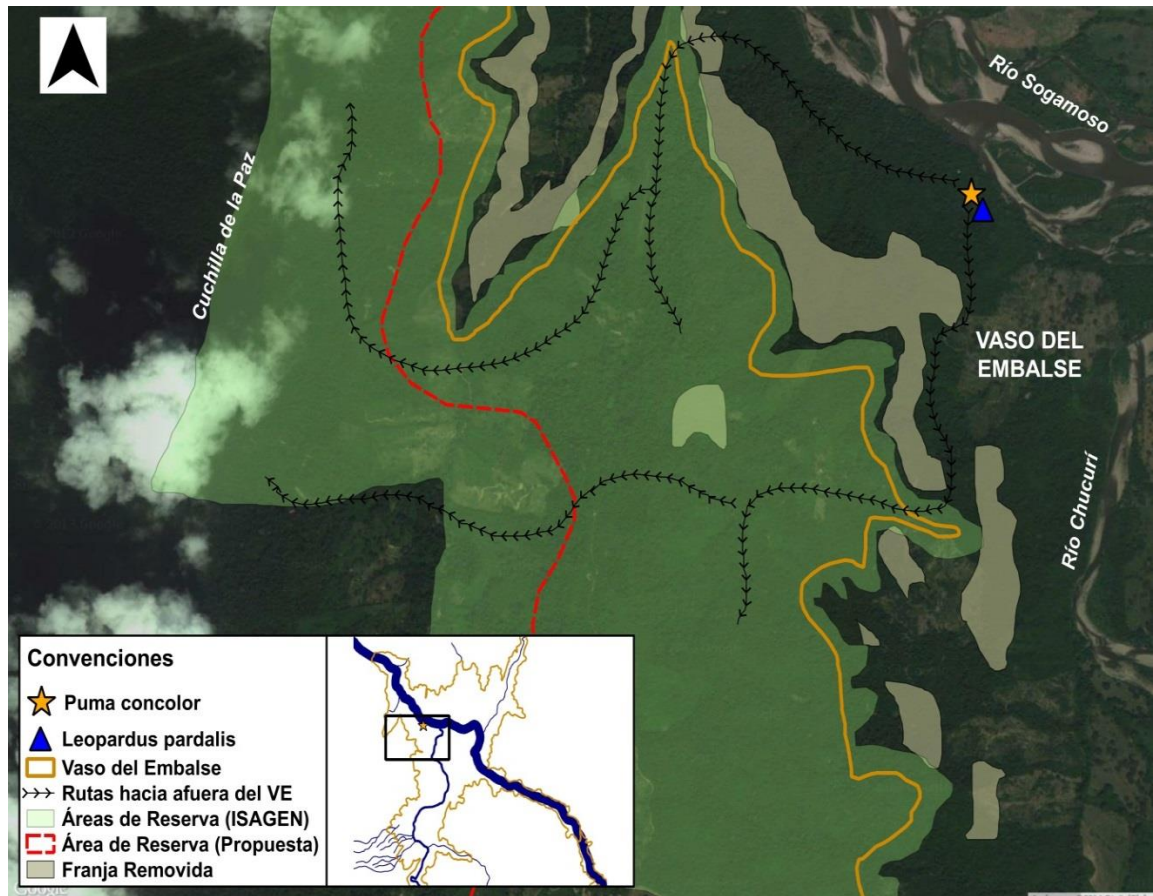


Figura 19. Análisis espacial de los registros de tigrillo (*Leopardus pardalis*) y puma (*P. concolor*) obtenidos en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.

La marteja (*Aotus griseimembra*), otra especie medianamente vulnerable (IV=27), constituye un foco de interés particular para el análisis espacial de sus registros debido a la iniciativa de ISAGEN de estudiar sus poblaciones a una escala local. Mediante recorridos de observación nocturnos se logró detectar la presencia de estos primates en 3 de los puntos muestreados para las ARPR. Uno de ellos se ubica en el sector de la Putana en los bosques ribereños que rodean la quebrada conocida con el mismo nombre. Como se mencionó anteriormente para el caso del jaguar, la vegetación que allí predomina presenta poco grado de intervención, con elementos arbóreos de hasta 25 m que resultan idóneos para el refugio y sustento

de especies arborícolas. Las imágenes satelitales evidencian un alto grado de continuidad entre las zonas adyacentes, la Cuchilla de La Putana y los extensos bosques que hacen parte de toda esta área que en total cubre unos 128.271 Km² y que se extiende hasta la cuchilla de la Paz en los límites de la represa (**figura 20**). Dentro de los cuerpos de agua que también se destacan en la topografía de la zona, a unos 3.453 Km aproximadamente de la quebrada La Putana, se encuentra La Aguamieluda, en cuyos bosques ribereños también fueron registrados individuos de la especie. Sin embargo en este punto de muestreo, las zonas adyacentes se encuentran altamente intervenidas y deforestadas a causa de los asentamientos humanos y la persistencia histórica de la actividad ganadera (**figura 20**). Por tal razón, la vegetación que circunda el caudal de la quebrada constituiría, más que un refugio, una zona de forrajeo temporal y una vía de tránsito de los primates hacia bosques mejor conservados en las faldas de la cuchilla de la paz. Finalmente, en cercanías al VE se observaron individuos forrajeando en la vegetación que rodea la quebrada El Ramo en un sector cercano a la antigua vía Bucaramanga-San Vicente de Chucurí. En este lugar el grado de intervención ha sido alto también por cuenta de la ganadería histórica y más recientemente de la mano de las actividades de remoción de vegetación propuestas por la ANLA. Pese a que ISAGEN ha comprado terrenos para establecer ARPR en las cercanías (unos 4.109 Km²), tal y como se observa en el mapa xx, la franja removida y los extensos potreros circundantes constituyen barreras impasables hacia dichas reservas especialmente en este caso en el que se trata de una especie netamente arborícola. En este caso, la pequeña franja de bosque ribereño que rodea la quebrada El Ramo no podría ofrecer sustento permanente a poblaciones de la marteja pero si, al igual que la quebrada La Aguamieluda, una zona de forrajeo temporal y un ruta de transito hacia zonas menos perturbadas.

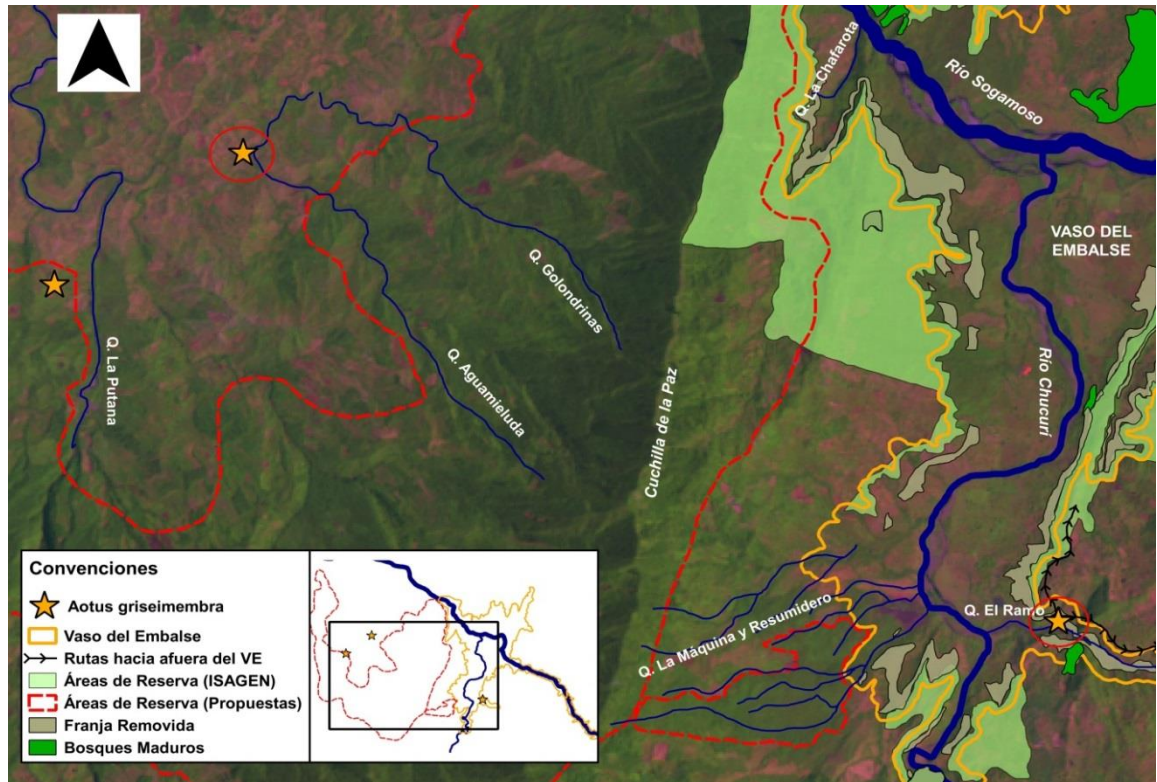


Figura 20. Análisis espacial de los registros de marteja (*Aotus griseimembra*) obtenidos en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.

Como aporte al conocimiento de la riqueza mastofaunística a nivel regional y de Colombia, en el presente estudio se recopilieron un total de 280 registros, entre históricos y los obtenidos en campo, para el grupo de especies con mayor índice de vulnerabilidad y otras que se consideraron importantes por su escasa representación en otros estudios y en colecciones nacionales o internacionales (especialmente por especímenes provenientes del departamento de Santander).

Se encontró que la especie mejor representada es el tigrillo (*L. pardalis*) con un total de 97 registros, de los cuales solo 1 fue obtenido mediante cámaras trampa en el presente estudio (**figura 21**). Dicho registro constituye el cuarto con evidencia confiable para el departamento de Santander en adición a los obtenidos previamente por otros investigadores en municipios como Puerto Wilches, El

Peñón y Yarima. De manera general, a nivel de Colombia la especie se conoce ampliamente a lo largo de toda la región Caribe con una gran concentración de registros por cámaras trampa en los departamentos de Cesar, Bolívar, Córdoba, Magdalena y Sucre (Borón y Payan-Garrido, 2013). Por otra parte, instituciones locales como el Instituto Alexander von Humboldt y el Instituto de Ciencias Naturales, han realizado colectas valiosas de la especie principalmente al oriente de la cordillera oriental en departamentos como Meta, Vichada, Vaupés y Casanare.

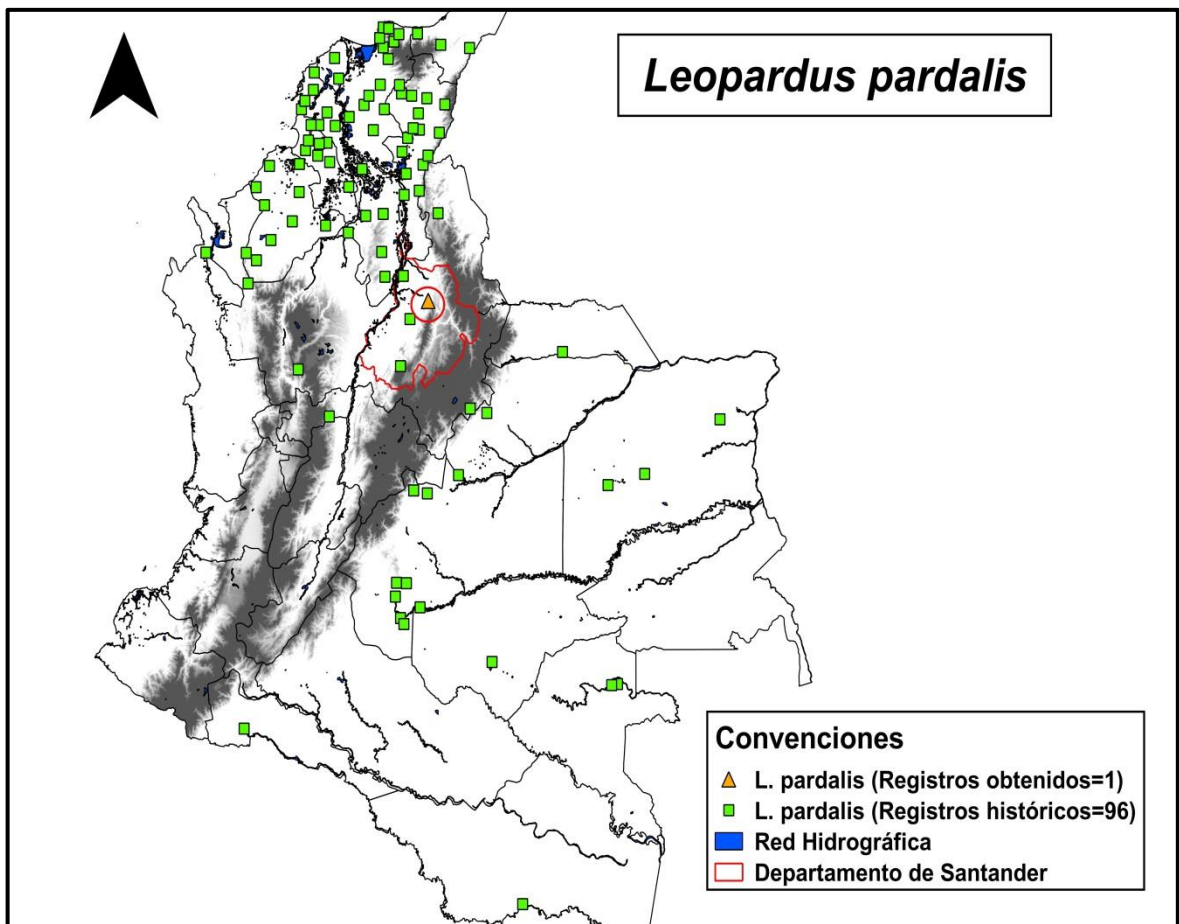


Figura 21. Mapa de riqueza de registros de tigrillo (*L. pardalis*) en Colombia.

Otro felino, el jaguar (*Panthera onca*) también ha sido ampliamente documentado a lo largo del territorio nacional (46 registros) (**figura 22**). Al igual que el tigrillo, las localidades de registro se concentran principalmente en la región Caribe y al oriente de la cordillera oriental. La mejor evidencia de la presencia de la especie en el valle medio del Magdalena la constituyen los registros fotográficos obtenidos por Borón y Payan-Garrido (2013) mediante cámaras trampa instaladas en las inmediaciones de la Ciénaga de Paredes en el municipio de Puerto Wilches, Santander. Este registro, en conjunto con el obtenido en el presente estudio (el cual fue meramente anecdótico pero considerado confiable), serían los únicos que sustentan la presencia de la especie en el departamento.

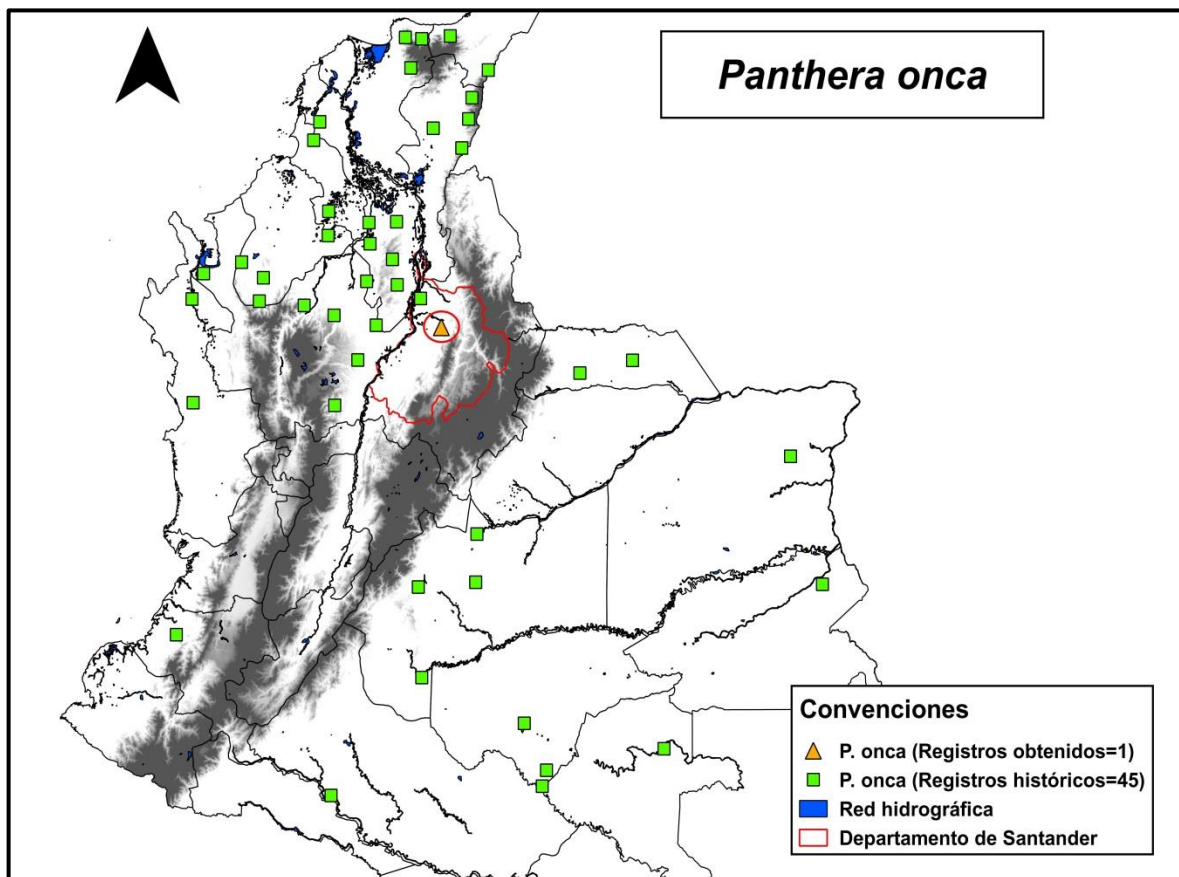


Figura 22. Mapa de riqueza de registros de jaguar (*P. onca*) en Colombia

Con la evidencia fotográfica obtenida en el presente estudio, el puma (*P. concolor*) suma 4 registros para el departamento de Santander, distribuidos en los municipios de Puerto Wilches, San Vicente de Chucurí, Sabana de Torres y Girón (**figura 23**). A lo largo del territorio Colombiano la especie ha sido bien documentada en la región Caribe, especialmente en el departamento de Cesar. El total de registros para el país alcanza los 38 con la región andina y el oriente de la cordillera oriental como zonas escasamente muestreadas.

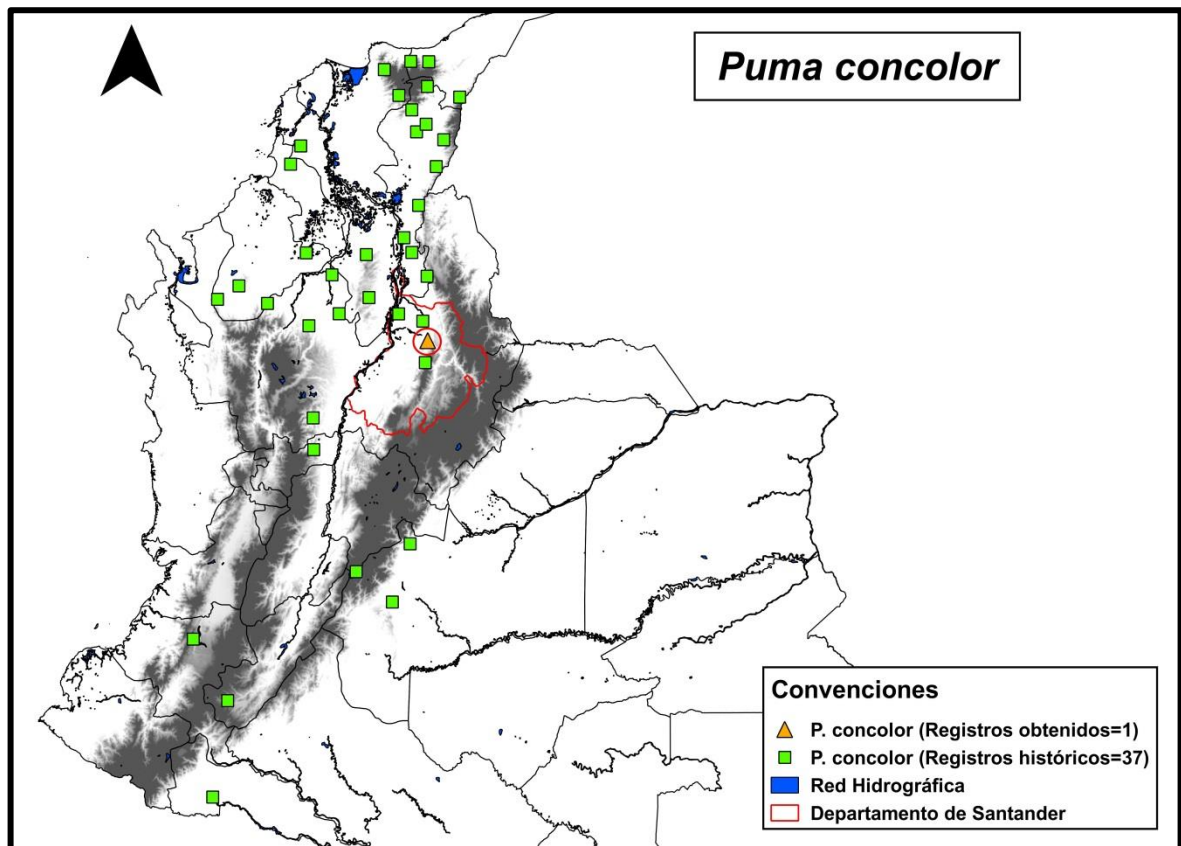


Figura 23. Mapa de riqueza de registros de puma (*P. concolor*) en Colombia

La nutria de río (*L. longicaudis*) y el armadillo rabo de trapo (*C. centralis*) son las especies altamente vulnerables menos documentadas en el país (**figuras 24 y 25**). La primera alcanza un total de 10 registros a lo largo del territorio Colombiano, de los cuales 5 provienen del departamento de Santander y están asociados a grandes cuerpos de agua del valle medio del Magdalena, tales como la ciénaga de

Paredes en Puerto Wilches, la ciénaga de San Silvestre en Barrancabermeja, la ciénaga La Chiquita en Cimitarra y el río Chucurí. Por su parte el armadillo solo ha sido registrado en 10 localidades aisladas en Colombia, de las cuales 4 pertenecen a los municipios de Betulia, Los Santos y Puerto Wilches-Sabana de Torres en el departamento de Santander.

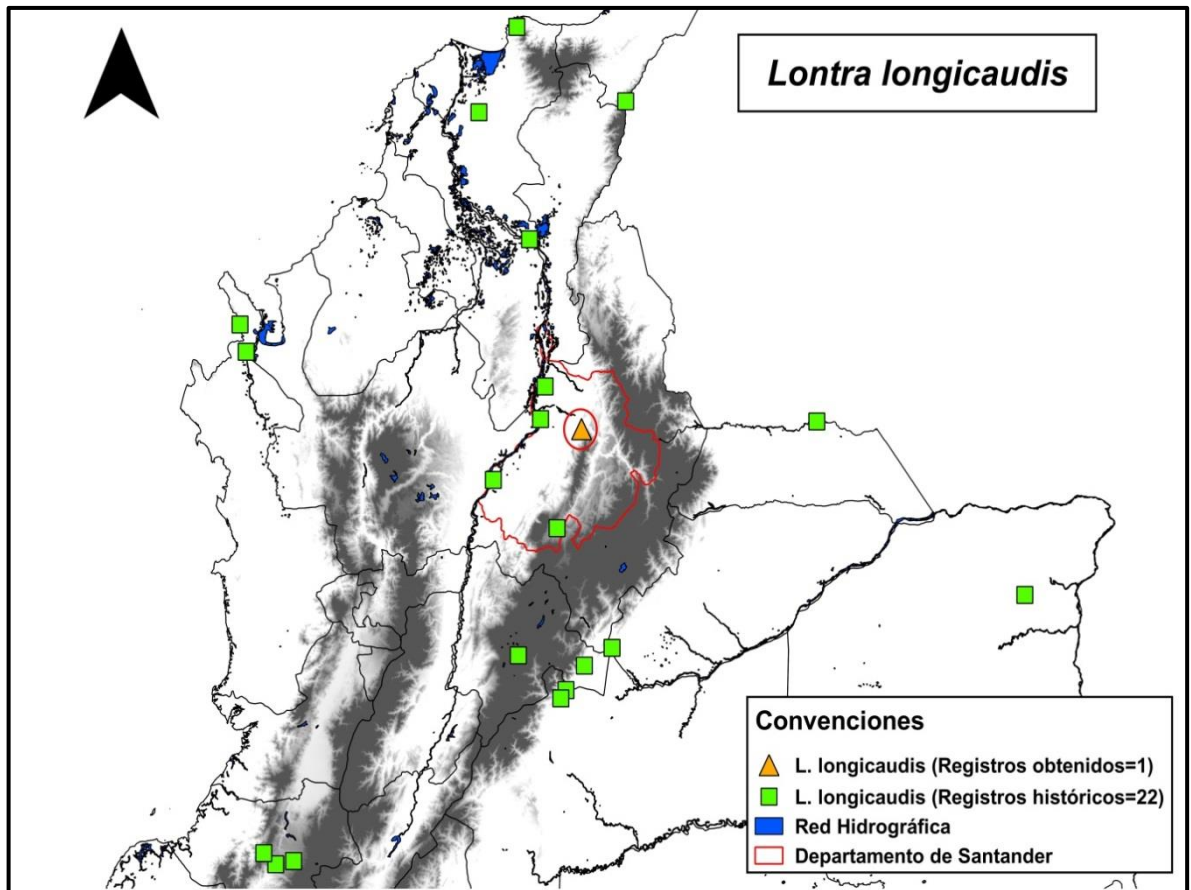


Figura 24. Mapa de riqueza de registros de nutria de río (*L. longicaudis*) en Colombia.

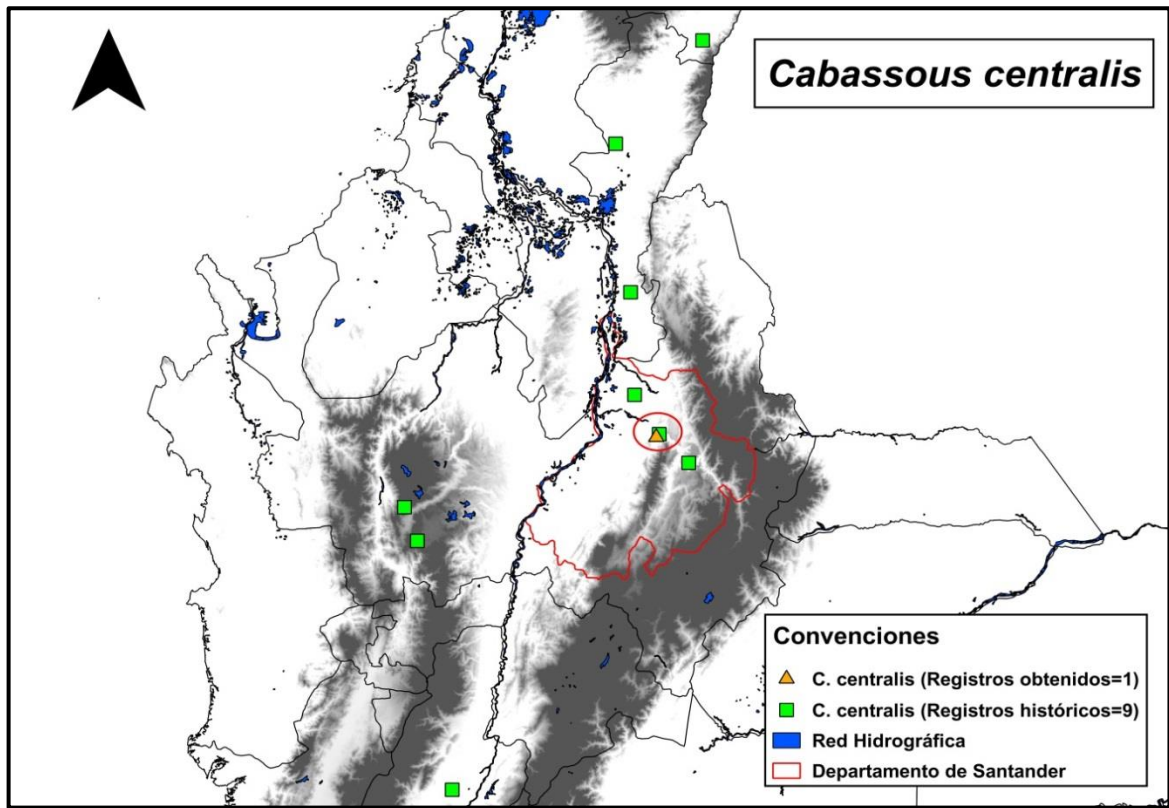


Figura 25. Mapa de riqueza de registros de armadillo rabo de trapo (*C. centralis*) en Colombia

Por otra parte, en el grupo de los micromamíferos terrestres, algunas de las especies registradas en el presente estudio carecen de evidencia histórica de su presencia en Santander. Tal es el caso de la zarigüeya ratón de waterhouse (*M. waterhousei*) y la rata trepadora de Mira (*T. mirae*) que a pesar de que han sido colectadas en algunas regiones del país y cuentan con 6 y 14 especímenes voucher respectivamente, depositados en colecciones nacionales e internacionales, no habían sido documentadas en el departamento (**figuras 26 y 27**). Por tal razón las capturas de estas especies en el presente trabajo y su posterior colecta y disposición en el museo de Historia Natural UIS constituyen un aporte significativo para el conocimiento de riqueza de mamíferos a nivel regional. Por su parte, el ratón espinoso (*P. chrysaolus*), endémico de Colombia, fue

capturado en 9 de las 13 localidades muestreadas tanto en las ARPR como en el VE, lo cual evidencia que se trata de una especie abundante localmente (**figura 28**). Estos 9 registros se suman a 5 obtenidos previamente por otros investigadores en el departamento de Santander, para de esta forma totalizar 23 registros, en su mayoría con evidencia física en colecciones, a lo largo del territorio Colombiano.

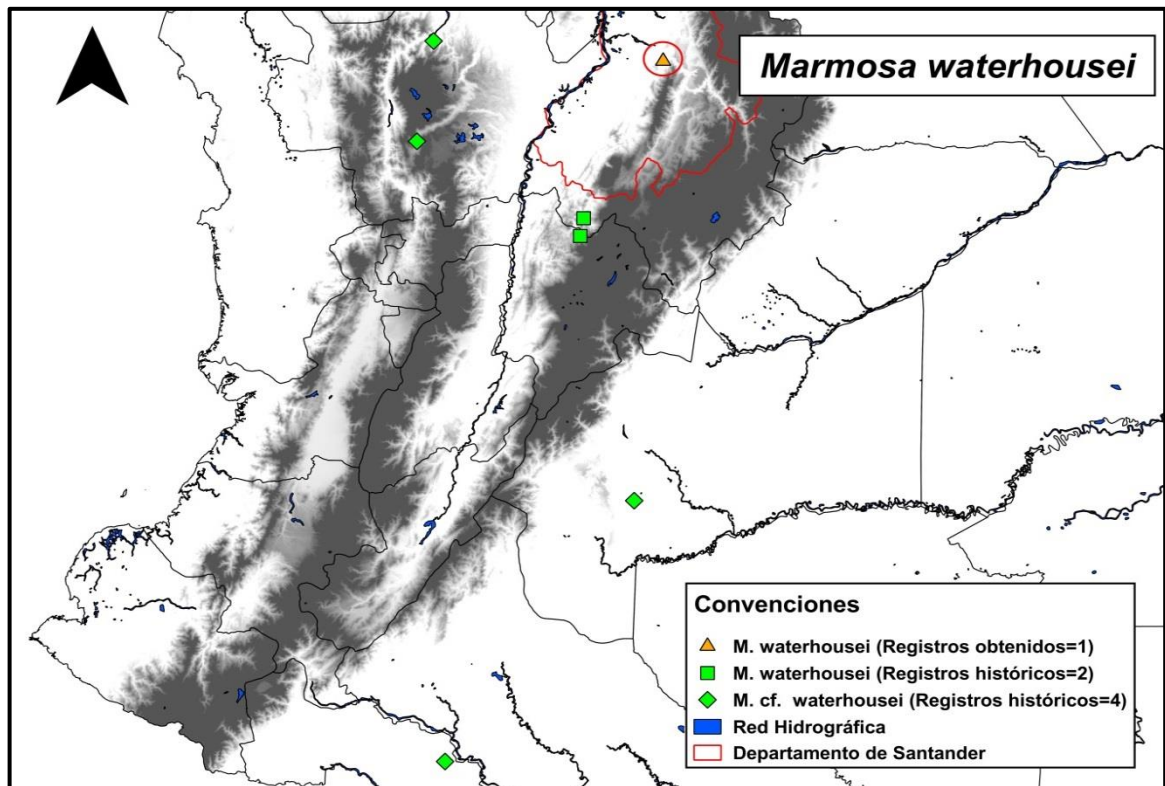


Figura 26. Mapa de riqueza de registros de zarigüeya ratón de Waterhouse (*M. waterhousei*) en Colombia.

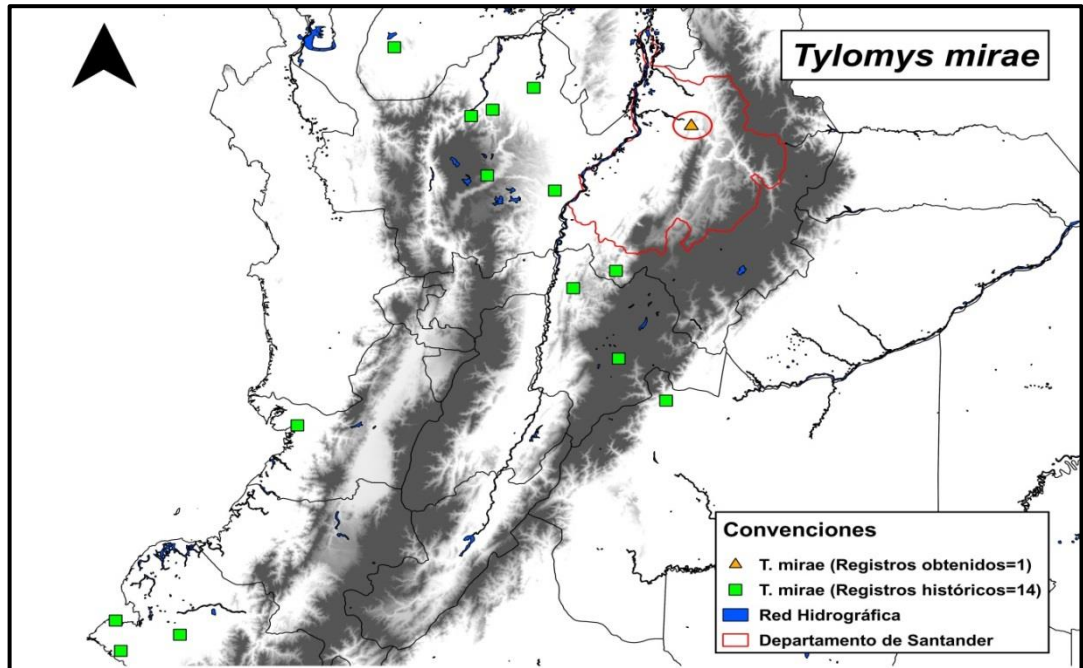


Figura 27. Mapa de riqueza de registros de rata trepadora de Mira (*T. mirae*) en Colombia

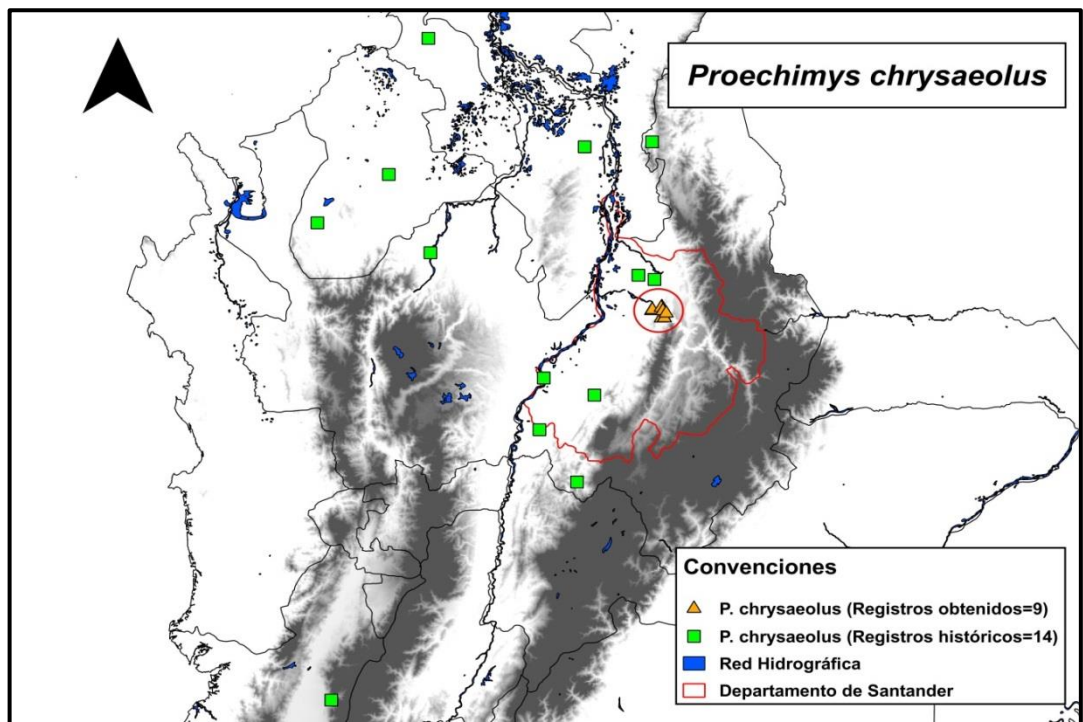


Figura 28. Mapa de riqueza de registros de ratón espinoso (*P. chrysaеolus*) en Colombia

3.5 MAMÍFEROS VOLADORES:

3.5.1 Resultados generales: Para el caso particular de los murciélagos, con el método de captura se alcanzó un esfuerzo de muestreo total de 36.750 m² de red/hora para toda la zona de estudio, de los cuales 14.700 m² red/hora fueron invertidos en todos los puntos de muestreo del VE y 22.050 m² red/hora en los de las ARPR (tabla 7). Como complemento, mediante la utilización del Batlogger, se cumplieron un total de 26 horas/noche de grabación de llamados a lo largo de toda la zona de estudio, repartidas en 18 horas/noche para los puntos de muestreo de las ARPR y tan solo 8 horas/noche para los del VE. Con un éxito de captura diferencial general por localidad, para el caso de las ARPR fueron los bosques ribereños de las quebradas La Putana y El Ramo los que exhibieron los mayores valores con 0,07 y 0,06 respectivamente. Por otra parte, en VE el mayor éxito de captura se logró en el Bosque Secundario-Rastrojo alto. Con respecto a la fase 1 de muestreo, en la cual se empleó un mayor esfuerzo total en cada una de las subzonas, en el presente estudio se logró una mayor proporción de capturas de especies diferentes en todas las localidades de las ARPR y en la gran mayoría de las localidades del VE (figura 29).

Tabla 7. Valores de esfuerzo y éxito de los muestreos de mamíferos voladores ejecutados mediante el uso de redes de niebla en las Áreas de Reserva Protectora, el Vaso del Embalse y la Franja de Protección del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso

Zona	Localidad/C obertura	Nº noches muestreo	Nº Horas/ noche	Nº Redes	Esfuerzo de Captura	Abundancia	Éxito de captura
VE	BS/RA	3	6	5	3.150	142	0.045
	RA	5	6	5	5.250	87	0.016
	RB/P	4	6	5	4.200	33	0.007
	RB-X	2	6	5	2.100	27	0.012
	TOTAL	14	24	20	14.700	289	0.019
ARPR	SM	5	6	5	5.250	87	0.016

Localidad/Cobertura	Nº noches muestreo	Nº Horas/noche	Nº Redes	Esfuerzo de Captura	Abundancia	Éxito de captura
MC	2	6	5	2.100	100	0.047
P	2	6	5	2.100	150	0.071
G	2	6	5	2.100	66	0.031
A	2	6	5	2.100	60	0.028
C	2	6	5	2.100	50	0.023
AB	2	6	5	2.100	25	0.011
M/R	2	6	5	2.100	88	0.041
R	2	6	5	2.100	132	0.062
TOTAL	21	54	45	22.050	758	0.034

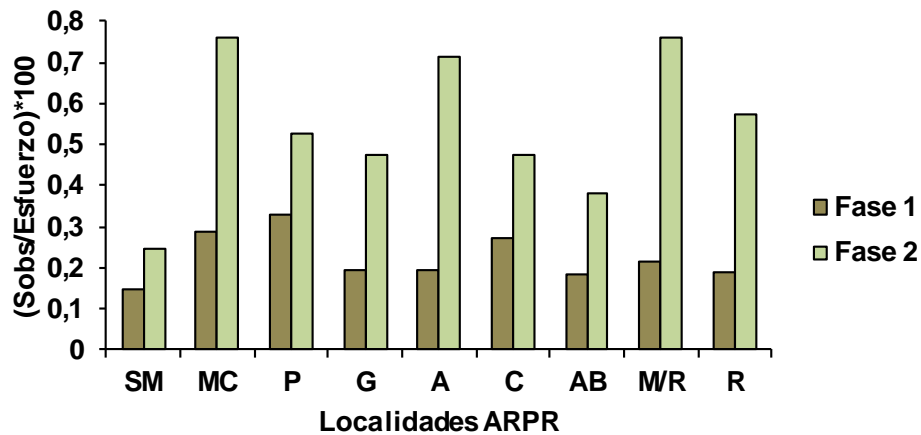
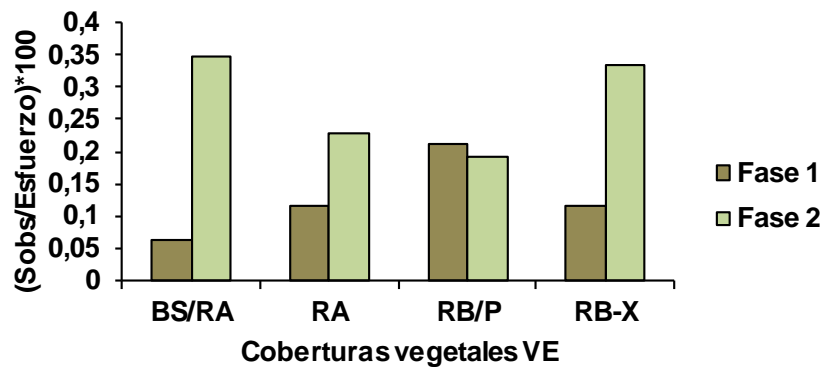


Figura 29. Relación del éxito de muestreo con redes de niebla estandarizado (con base en el N° de especies capturadas) por localidad y por fase de estudio en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso

Durante la fase de campo del presente estudio y con el esfuerzo mencionado, se logró registrar la presencia de un total de 35 especies de murciélagos pertenecientes a 4 familias en el conjunto de las áreas de reserva protectora, el vaso del embalse y la franja de protección del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso. De este total, 33 fueron capturadas con redes de niebla y 2 fueron detectadas exclusivamente por sus llamados gracias a la implementación de métodos bioacústicos en los puntos de muestreo. **(Tabla 8)**. La familia mejor representada en la zona de estudio fue Phyllostomidae con 25 especies, de las cuales la gran mayoría de capturas correspondieron a individuos de las subfamilias de murciélagos frugívoros Stenodermatinae y Carrollinae. Las demás familias, comparativamente menos representadas, fueron Emballonuridae con 4 especies, Molossidae con otras 4 y Vespertilionidae con 2.

Especies	Método de registro	
	Redes de niebla	Batlogger
Emballonuridae		
<i>Rynchonycteris naso</i>	x	x
<i>Cormura brevirostris</i>		x
<i>Saccopteryx leptura</i>		x
<i>Saccopteryx bilineata</i>	x	x
Phyllostomidae		
<i>Lonchorhina aurita</i>	x	
<i>Lophostoma brasiliense</i>	x	
<i>Micronycteris schmidtorum</i>	x	
<i>Mimon crenulatum</i>	x	
<i>Phyllostomus discolor</i>	x	
<i>Phyllostomus hastatus</i>	x	
<i>Trachops cirrhosus</i>	x	
<i>Trinycteris nicefori</i>	x	
<i>Glossophaga soricina</i>	x	
<i>Choeroniscus godmani</i>	x	
<i>Anoura geoffroyi</i>	x	
<i>Lonchopylla thomasi</i>	x	
<i>Lonchopylla concava</i>	x	

Especie	Método de registro	
	Redes de niebla	Batlogger
<i>Carollia brevicauda</i>	x	
<i>Carollia castanea</i>	x	
<i>Carollia perspicillata</i>	x	
<i>Sturnira lilium</i>	x	
<i>Artibeus jamaicensis</i>	x	
<i>Artibeus lituratus</i>	x	
<i>Dermanura anderseni</i>	x	
<i>Dermanura sp.</i>	x	
<i>Chiroderma villosum</i>	x	
<i>Platyrrhinus helleri</i>	x	
<i>Uroderma bilobatum</i>	x	
<i>Desmodus rotundus</i>	x	
Vespertilionidae		
<i>Myotis nigricans</i>	x	
<i>Rhoggessa io</i>	x	
Molossidae		
<i>Molossus molossus</i>	x	x
<i>Molossus sp.</i>		x
<i>Molossops temminckii</i>	x	
<i>Eumops sp.</i>		x
Total de especies	31	7

Tabla 8. Métodos de registro de las especies de murciélagos en las Áreas de Reserva Protectora, el Vaso del Embalse y la Franja de Protección del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.

3.5.2. Análisis cuantitativo de la diversidad de murciélagos: Los cálculos de la efectividad de los muestreos evidenciaron que con el presente estudio se logró inventariar aproximadamente el 76% de la riqueza quiropterofaunística de la subzona del VE (**tabla 9**). Pese a que las coberturas con la estructura vegetal más compleja, como el Bosque Secundario y el Rastrojo Alto, fueron las más ricas con 11 y 12 especies respectivamente, aún se requiere invertir un mayor esfuerzo de muestreo en dichas localidades pues hasta el momento solo se ha registrado el 61 y 47% de la riqueza sugerida por los estimadores (**tabla 9; figura 30**). Por su parte, como era de esperarse, coberturas como el Rastrojo Bajo-Cultivos y el

Rastrojo Bajo-Xerofítico, es decir, las menos complejas estructuralmente, registraron valores de riqueza bajos con 8 y 7 especies respectivamente, que representan el 51 y 71% del total esperado en el inventario para dichas localidades. En cuanto a la diversidad y estructura del ensamblaje de murciélagos de la subzona, los resultados indican una distribución uniforme de la abundancia de las especies en casi todas las localidades, siendo el Bosque Secundario-Rastrojo Alto y el Rastrojo Bajo-Xerofítico las coberturas con mayor dominancia y por lo tanto las menos diversas (**tabla 9**).

En el caso de las ARPR, el esfuerzo de muestreo total invertido permitió la caracterización de aproximadamente el 87% de la riqueza de murciélagos (**tabla 9**). Mientras que en los bosques ribereños de las quebradas El Ramo, Golondrinas y La Chafarota se han registrado hasta el 92, 83 y el 80% las especies respectivamente (según los estimadores), fueron las coberturas circundantes de las quebradas La Aguamieluda, La Máquina-Resumidero y Mata de Cacao las que evidenciaron mayor diversidad, en conjunto con una mayor riqueza y uniformidad en la abundancia de las especies (**10, figura 30**).

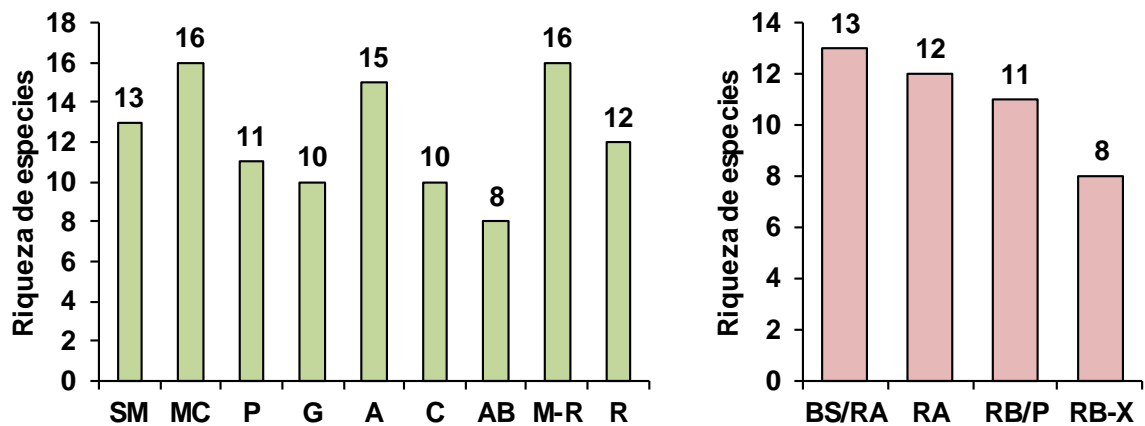


Figura 30. Riqueza de especies de murciélagos por localidad y cobertura de las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso

Localidad		Sobs	Sjack1 (\pm SD)	% Inventario
VE	BS/RA	11	18	61.11
	RA	12	25.2(\pm 2.33)	47.61
	RB/P	8	15.67(\pm 1.33)	51.05
	RB-X	7	10	70
	TOTAL	23	30.38(\pm 1.69)	75.7
ARPR	SM	13	18.6(\pm 2.04)	69.89
	MC	16	21.5(\pm 1.5)	74.41
	P	11	14(\pm 1)	78.57
	G	10	12(\pm 1)	83.33
	A	15	19.5(\pm 1.5)	76.92
	C	10	12.5(\pm 0.5)	80
	AB	8	11.5(\pm 2.5)	69.56
	M/R	16	21(\pm 1)	76.19
	R	12	13	92.3
	TOTAL	28	32(\pm 1.9)	87.5

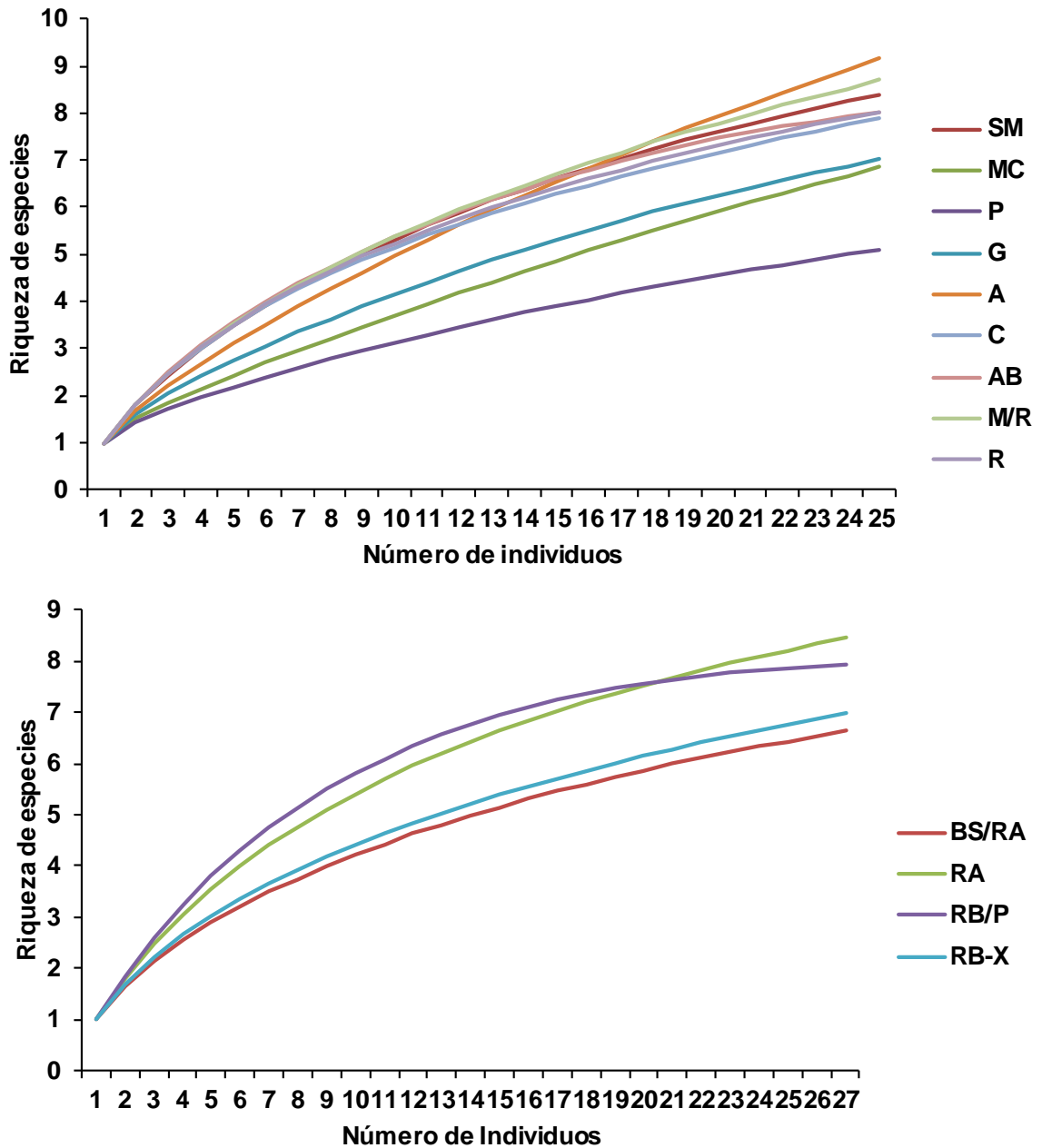
Tabla 9. Valores de efectividad de los muestreos de mamíferos voladores ejecutados mediante el uso de redes de niebla en las Áreas de Reserva Protectora, el Vaso del Embalse y la Franja de Protección del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.

Localidad		Simpson	Alpha Fisher	Uniformidad
VE	BS/RA	0.34	2.78	0.65
	RA	0.2	3.77	0.79
	RB/P	0.16	3.35	0.83
	RB-X	0.32	3.06	0.67
ARPR	SM	0.22	4.23	0.77
	MC	0.5	5.37	0.5
	P	0.56	2.73	0.43
	G	0.4	3.27	0.59
	A	0.32	6.41	0.67
	C	0.21	3.75	0.78
	AB	0.21	4.06	0.78
	M/R	0.2	5.72	0.79
	R	0.19	3.2	0.8

Tabla 10. Valores de diversidad de los ensamblajes de murciélagos de las Áreas de Reserva Protectora, el Vaso del Embalse y la Franja de Protección del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso

En el caso de las ARPR, con el mismo punto de corte y un número estándar de 25 individuos capturados (correspondiente a la localidad de menor riqueza), las curvas de rarefacción indican que en ninguno de los puntos muestreados se ha alcanzado una representación óptima del total de la riqueza quiropterofaunística esperada. Este acercamiento metodológico sugiere que al mismo nivel de esfuerzo de captura en todas las localidades, aquellas que registran una mayor riqueza específica son las quebradas Aguamieluda, La Máquina-Resumidero y Santa María, mientras que Mata de Cacao y La Putana albergan un menor número de especies (**figura 31**). Por su parte, para la subzona del VE, con un punto de corte de 27 individuos capturados, aunque las curvas no evidencian inventarios completos en la mayoría de las coberturas vegetales, para el caso particular del Rastrojo Bajo-Cultivo, una pendiente más suave estaría indicando una representación razonable del total de especies esperado. En general, con un esfuerzo uniforme a lo largo de todas las localidades de esta subzona, las que registran una mayor riqueza son el Rastrojo Alto y el Rastrojo Alto-Cultivos, mientras que el Bosque Secundario y Rastrojo Bajo-Xerofítico son frecuentados por menos especies (**figura 31**).

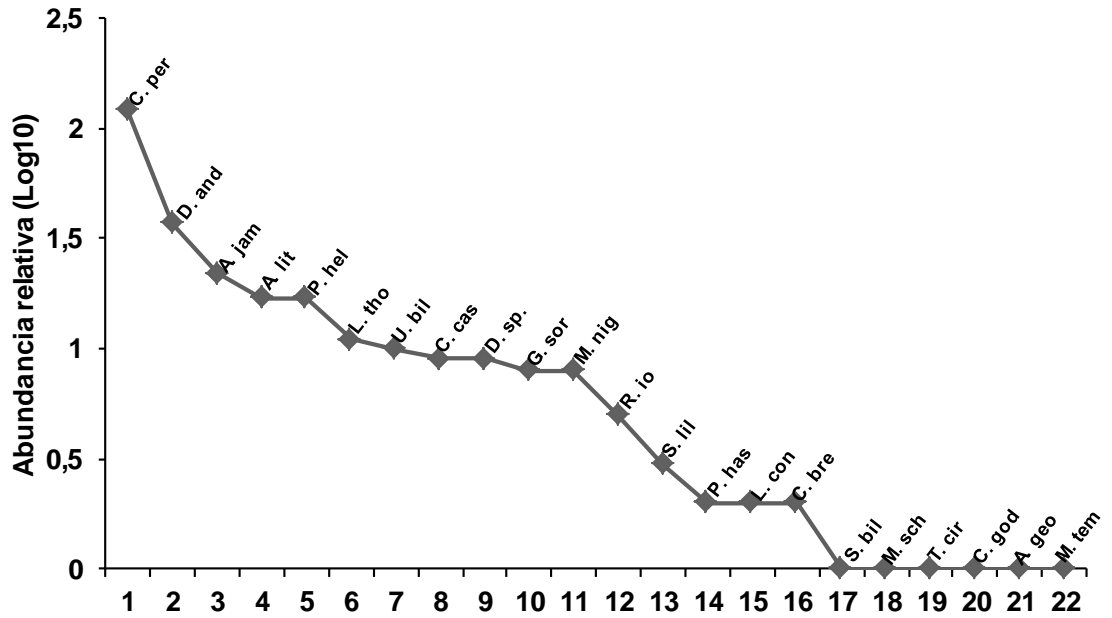
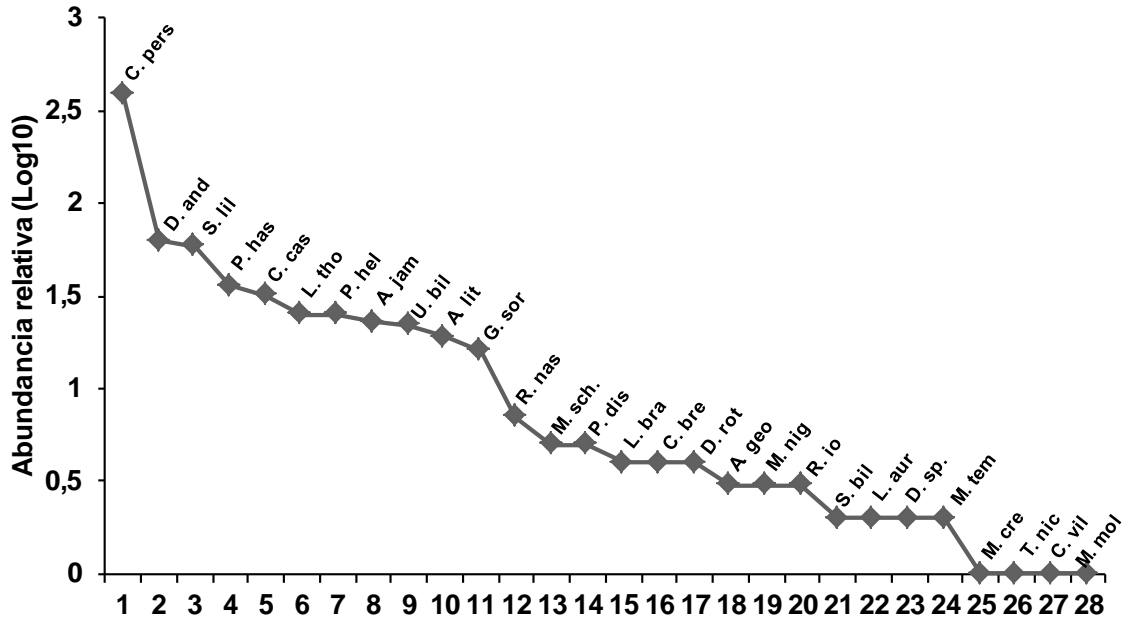
Figura 31. Curvas de rarefacción para los murciélagos capturados (basada en individuos totales) por localidad de las Áreas de Reserva Protectora (arriba) y por cobertura del Vaso del Embalse (abajo) en el Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.



Los resultados obtenidos en el presente trabajo también indican que los modelos de abundancia de especies, tanto para las ARPR como para el VE, se ajustan a la denominada serie logarítmica ($p < 0,005$), lo cual sería evidencia de que ambos ensamblajes de murciélagos son propios de ambientes con diversos grados de perturbación y pobres en cuanto a riqueza. En las curvas de rango-abundancia se puede apreciar claramente que el murciélago frugívoro de cola corta (*Carollia perspicillata*) fue la especie más abundante en ambas subzonas, alcanzándose la captura de hasta 352 individuos en las ARPR y 121 en el VE (**figuras 32 y 33**). Este murciélago, que estuvo presente en casi todos los puntos de muestreo, con excepción del Rastrojo Bajo-Xerofítico, probablemente es el más común a lo largo del territorio Colombiano (Muñoz-Arango, 2000). Adicionalmente, las curvas también evidencian dominancia de otras especies frugívoras como *Dermanura anderseni*, de la cual se capturaron 63 individuos en las ARPR y 59 en el VE y *Sturnira lilium*, con 37 y 3 individuos capturados en las mismas subzonas respectivamente.

Con una abundancia de tan solo un individuo entre todas las localidades muestreadas, las especies *Mimon crenulatum*, *Trinycteris nicefori*, *Chiroderma villosum* y *Molossus molossus*, se ubican en la parte inferior de la curva de rango-abundancia para el caso de las ARPR, sugiriendo esto la rareza de las mismas en la zona de estudio en general (**figuras 32 y 33**). Para el caso del VE, de las especies registradas por la captura de un solo individuo se destacan *Trachops cirrosus*, *Choeroniscus godmani*, *Anoura geoffroyi* y *Molossops temminckii*.

Figura 32. Curvas de rango abundancia para los murciélagos capturados en las Áreas de Reserva Protectora (arriba) y el Vaso del Embalse (abajo) del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.



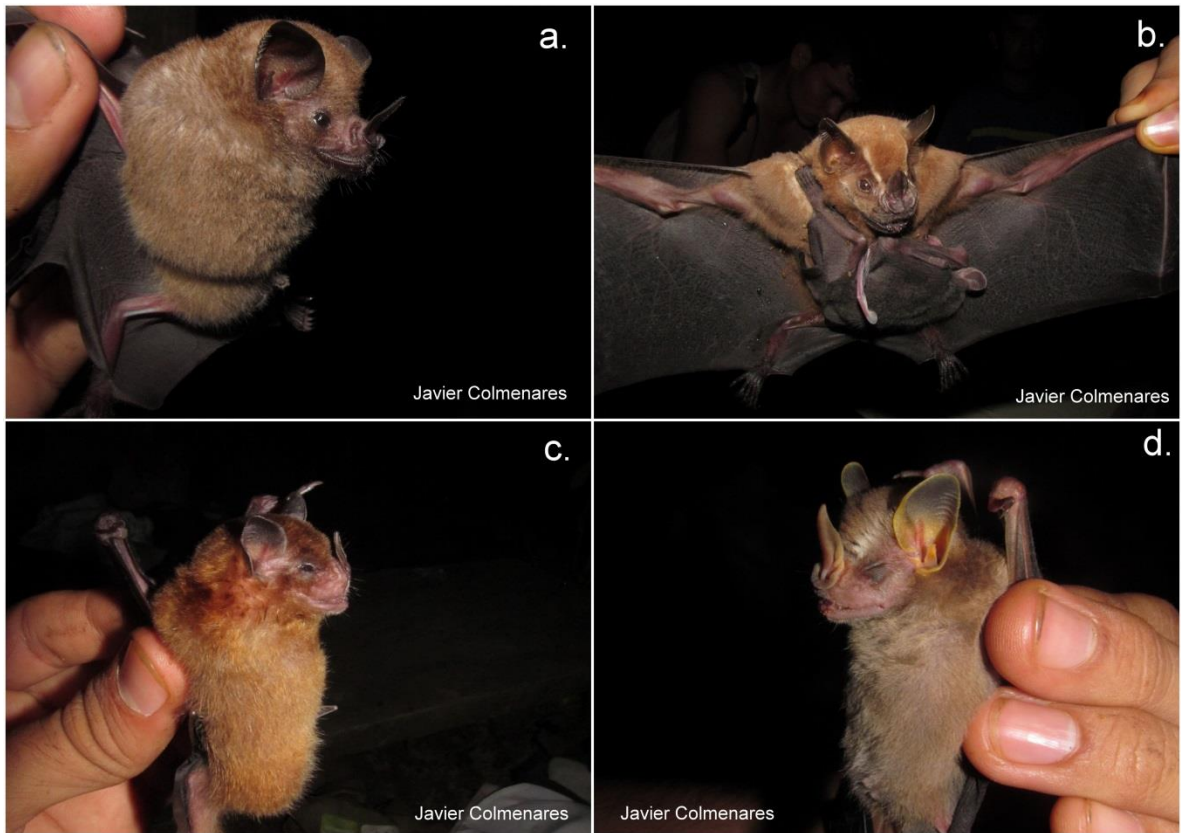


Figura 33. Algunas de las especies de murciélagos más frecuentemente capturadas en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso: **a.** *Carollia perspicillata*; **b.** *Artibeus lituratus*; **c.** *Sturnira lilium*; **d.** *Dermanura anderseni*.

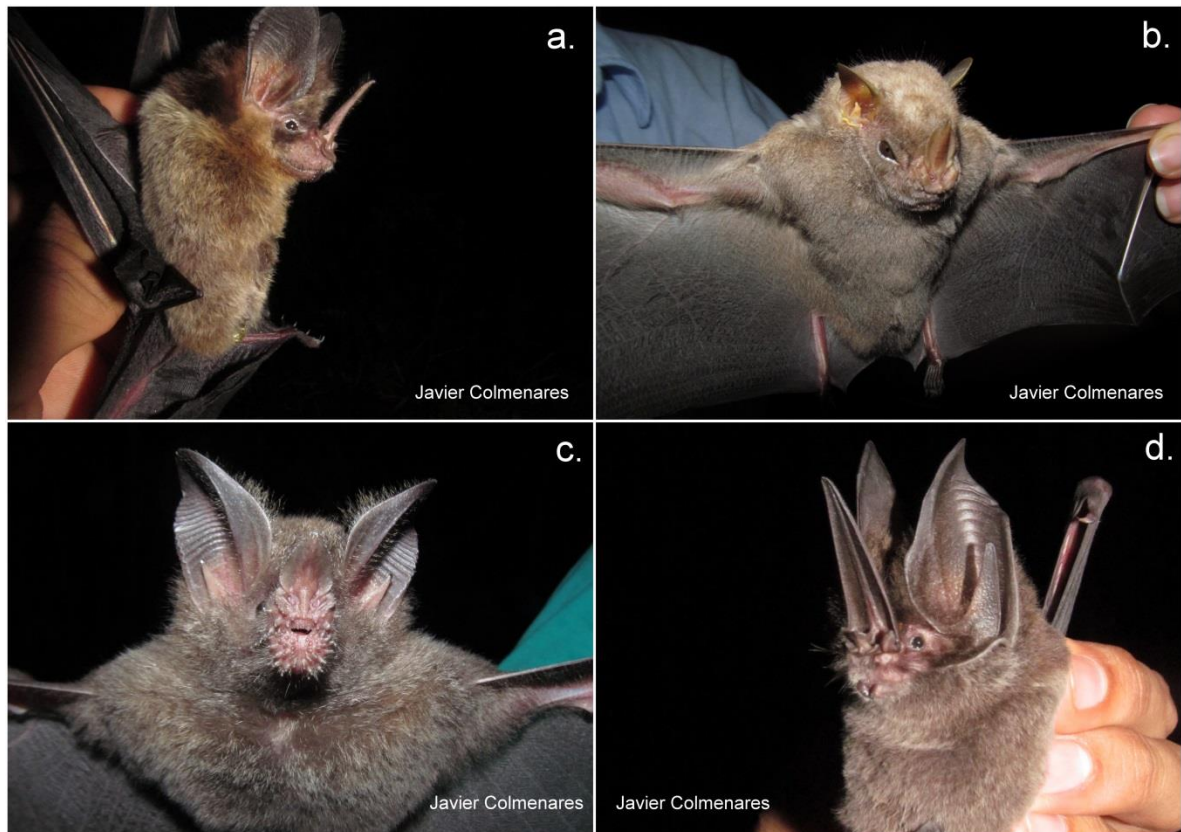


Figura 34. Algunas de las especies de murciélagos menos abundantes en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso: **a.** *Mimon crenulatum*; **b.** *Chiroderma villosum*; **c.** *Trachops cirrhosus*; **d.** *Lonchorhina aurita*.

3.5.3 Evaluación cualitativa de la vulnerabilidad a la fragmentación:

3.5.3.1 Gremios tróficos: Al igual que los mamíferos terrestres, los murciélagos presentes en la zona de estudio explotan el amplio rango de recursos alimenticios disponibles en las coberturas vegetales predominantes. De un total de 7 gremios tróficos representados tanto en el VE como en las ARPR, los murciélagos insectívoros aéreos, que disponen de una gran cantidad de energía en el entorno,

constituyen el 34% de la riqueza específica total, mientras que los frugívoros y los nectarívoros alcanzan en orden decreciente un 31 y 14% respectivamente (**figura 35**). En menor proporción, los gremios de carnívoros, hematófagos y omnívoros se encuentran representados por tan solo 1, 1 y 2 especies respectivamente, reflejando en parte una menor fracción de alimento disponible en el entorno para satisfacer sus necesidades energéticas. Teniendo en cuenta la totalidad de localidades muestreadas, la distribución de especies de insectívoros aéreos y frugívoros parece equitativa tanto para las ARPR como para el VE, mientras que para los demás gremios tróficos la representatividad está desfasada hacia alguna de las 2 subzonas (**figura 35**). En comparación con la fase 1 de muestreos, adelantada en el año 2011, los resultados del presente estudio no evidencian diferencias considerables en cuanto al número de especies registradas en toda la zona de estudio ni en la distribución de las mismas en los diferentes gremios tróficos. En ambas fases hubo predominio de murciélagos insectívoros aéreos y frugívoros, mientras que los carnívoros hematófagos y omnívoros fueron los menos representados (**figura 35**).

3.5.3.2 Respuesta a la fragmentación: De acuerdo a la respuesta ante los cambios relacionados con las perturbaciones y la fragmentación del paisaje, del total de murciélagos registrados a lo largo de toda la zona de estudio, el 48% pertenece a la categoría de especies Tipo III o adaptables (**figura 36**). De estas, la mayoría fueron capturadas o detectadas en muchos de los puntos de muestreo y coberturas vegetales confirmando su tolerancia a un amplio rango de ambientes, que van desde bosques secundarios hasta rastrojos altos y pastizales o potreros arbolados (**Figura 36**). Dentro de este grupo destacan las especies más abundantes tanto en las ARPR como en el VE, tales como *C. perspicillata*, *D. anderseni*, *S. liliium*, *A. jamaicensis* y *A. lituratus*. Con una representatividad del 43%, el segundo grupo más grande lo conforman las especies de la categoría Tipo II o vulnerables. Estas especies, al igual que las adaptables, fueron un componente importante de la quiropteroфаuna de todas las localidades

muestreadas en las ARPR y el VE, sin embargo, sus abundancias fueron comparativamente menores y su registros se concentraron en bosques secundarios, rastrojos altos y escasamente en espacios expuestos. Finalmente, el listado de murciélagos en la zona de estudio lo completan 3 especies pertenecientes a la categoría Tipo I o dependientes del hábitat, las cuales fueron registradas exclusivamente en bosques ribereños o secundarios poco alterados tanto en las ARPR como en el VE. Su escasa representatividad en los muestreos se debe a su especialidad dietaria, sus exigencias de hábitat y a su sensibilidad ante las modificaciones en el paisaje, este último factor muy acentuado en esta región del valle del Magdalena.

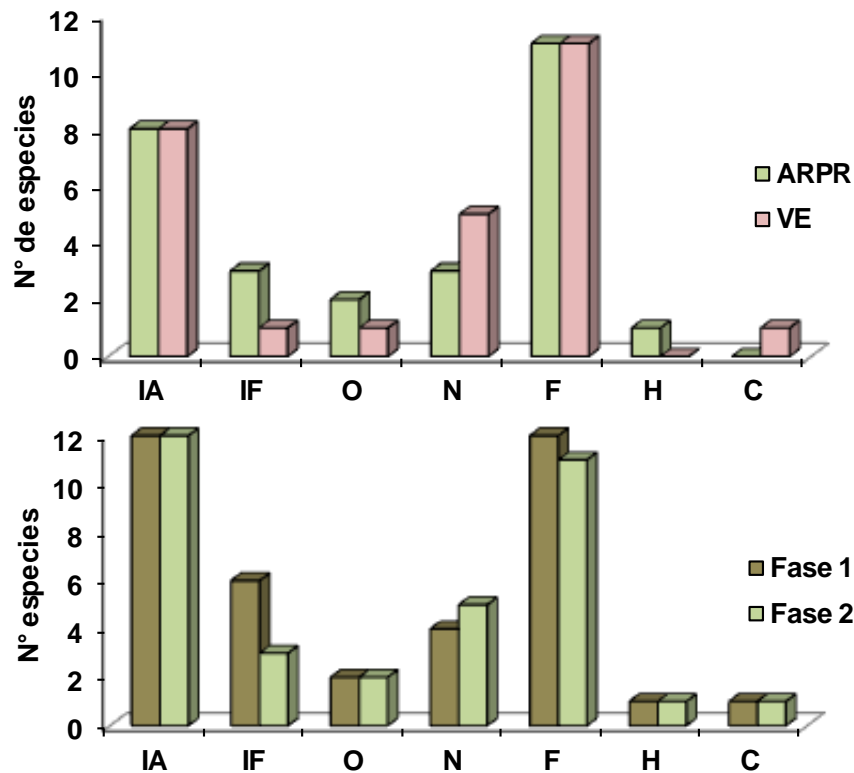


Figura 35. Relación del número de especies de murciélagos por gremio trófico y por subzona de muestreo (arriba); relación del número de especies de murciélagos por gremio trófico y por fase de muestreo (abajo) del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.



Figura 36. Especies de murciélagos registradas en el presente estudio con respecto a su respuesta a la fragmentación (según Galindo-González, 2004)

Los resultados obtenidos dan cuenta de que los bosques asociados a las quebradas Mata de Cacao, La Aguamieluda y Aguablanca presentan mayor calidad en cuanto a la estructura vegetal y la disponibilidad de recursos para el caso de las ARPR (**figura 37**). Por esta razón, estos entornos son capaces de sostener una mayor proporción de especies vulnerables o dependientes del hábitat, contrario a lo que sucede en las demás localidades. Por su parte, dentro de la zona de adecuación del VE, los bosques secundarios y rastrojos altos cumplen el mismo papel, funcionando como refugios y zonas de tránsito y alimentación para las especies más sensibles a la fragmentación. Sorprendentemente para esta misma subzona se logró registrar una mayor cantidad de especies vulnerables en el Rastrojo Bajo/Cultivo que en cualquier otra

cobertura vegetal, probablemente como evidencia de un proceso de adaptación local de la quiropterofauna a los procesos marcados de perturbación antrópica en toda la zona de estudio.

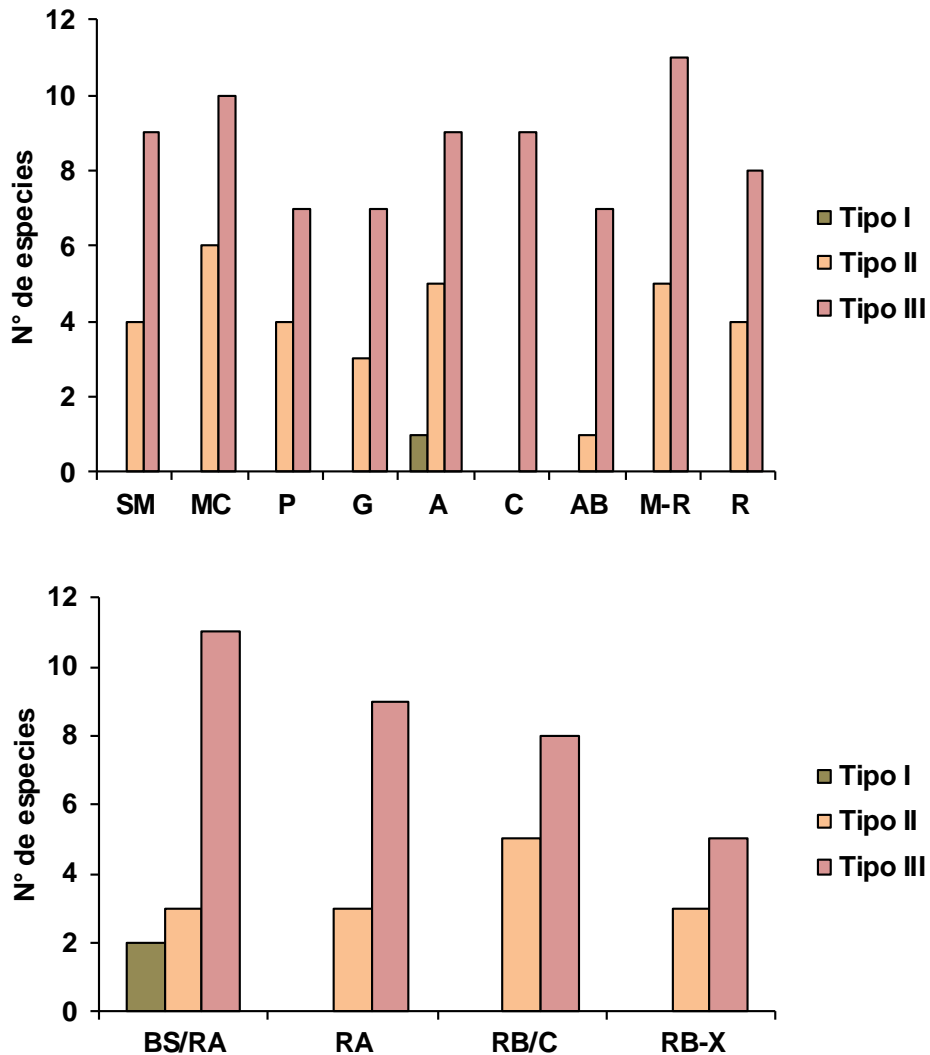


Figura 37. Relación del número de especies por localidad de las Areas de Reserva Protectora y por tipo de respuesta a la fragmentación (arriba); relación del número de especies por cobertura vegetal del Vaso del Embalse y por tipo de respuesta a la fragmentación (abajo).

3.5.3.3. Rareza: Como resultado final del presente estudio, con base en el trabajo de Arita (1993), se pudo establecer que de un total de 38 taxa evaluados para el criterio de rareza y registrados tanto en la fase 1 como en la fase 2 de muestreos, el 58% tiene una distribución amplia y son abundantes localmente (**figura 38**). Esto último se pudo constatar para especies como *C. perspicillata*, *S. liliium*, *A. jamaicensis* y *A. lituratus*, las cuales fueron capturadas frecuentemente en casi todas las localidades de las ARPR y el VE, confirmándose su adaptabilidad a cualquier tipo de ambiente y su tolerancia a la transformación del paisaje. Según el autor, los miembros de esta categoría son menos vulnerables a extinciones locales y no requieren una atención especial en los esfuerzos de conservación, con la posible excepción de aquellas especies cuyo éxito reproductivo depende de una alta densidad de individuos. Constituyendo el 18% del listado total se encuentran las especies con rangos geográficos extensos pero escasas localmente. Dentro de esta categoría destacan desde pequeños insectívoros de follaje como *Micronycteris minuta*, pasando por frugívoros de tamaño medio como *Chiroderma villosum* y *C. trinitatum*, hasta el murciélago neotropical carnívoro más grande, *Vampyrum spectrum*. Según lo refleja su posición en las curvas de rango-abundancia en las fases 1 y 2 de muestreo en la zona de estudio, estos murciélagos fueron registrados mediante escasas capturas a lo largo de las diferentes localidades de las ARPR y el VE. A pesar de su amplia distribución, sus densidades locales bajas hacen prescindir de un gran esfuerzo para su conservación en un lugar determinado. Sin embargo, de las 38 especies evaluadas, 5 de ellas, es decir, el 13% constituye una situación aún más compleja. Se trata de murciélagos que además de tener un rango geográfico pequeño, también son escasos localmente, lo cual incrementa su vulnerabilidad a la extinción debido principalmente a causas demográficas y genéticas (Arita, 1993). Entre ellos se encuentran los insectívoros *Trinycteris nicefori* y *Molossops temminckii* y el nectarívoro *Choeroniscus godmani*, especies que según Arita (1993) deben ser el objetivo principal de los esfuerzos de conservación en murciélagos neotropicales. La última categoría de rareza la conforman tan solo el

11% de las especies registradas en la zona de estudio. Estos murciélagos tienen un rango geográfico reducido pero sus poblaciones locales pueden estar compuestas por una gran cantidad de individuos. Algunas especies frugívoras, como *C. castanea* y *D. anderseni* fueron capturadas frecuentemente en casi todas las localidades de las ARPR y el VE, lo cual indica que requieren escasos esfuerzos para su conservación ya que se adaptan bien a zonas perturbadas.

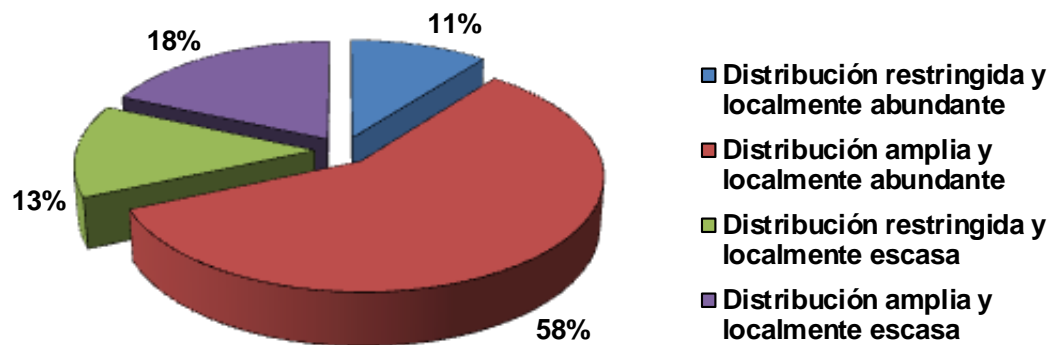


Figura 38. Riqueza porcentual de especies de murciélagos por categoría de rareza en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.

3.5.4 Refugios de murciélagos: Mediante la búsqueda aleatoria de refugios en la zona de estudio, se pudo constatar que algunas especies utilizan frecuentemente tanto estructuras naturales como artificiales para establecer su sitio de percha individual o colectiva. Fue común encontrar colonias de tamaño variable de especies como *Rhynchonycteris naso* y *Phyllostomus hastatus*, establecidas bajo puentes que atraviesan quebradas como la Santa María y Aguablanca, mientras que casas o ranchos abandonados fueron los refugios preferidos por individuos de *Myotis nigricans* y *Saccopteryx bilineata* en los bosques adyacentes a las quebradas Mata de Cacao, La Máquina-Resumidero y en la localidad de La Palmita. Entre la vegetación ribereña de la quebrada Santa

María se observaron ocasionalmente oquedades en árboles ocupadas por pocos individuos de *P. hastatus*, así como tiendas cuidadosamente construidas por murciélagos frugívoros de las especies *Dermanura sp.* y *Uroderma bilobatum* en hojas de plantas de las familias Araceae y Cyclanthaceae (**figura 39**). También pequeños grupos de murciélagos del género *Carollia* fueron frecuentemente registrados perchando entre las raíces de pequeñas cavidades en los márgenes de cuerpos de agua tributarios de las quebradas Mata de Cacao y La Putana.

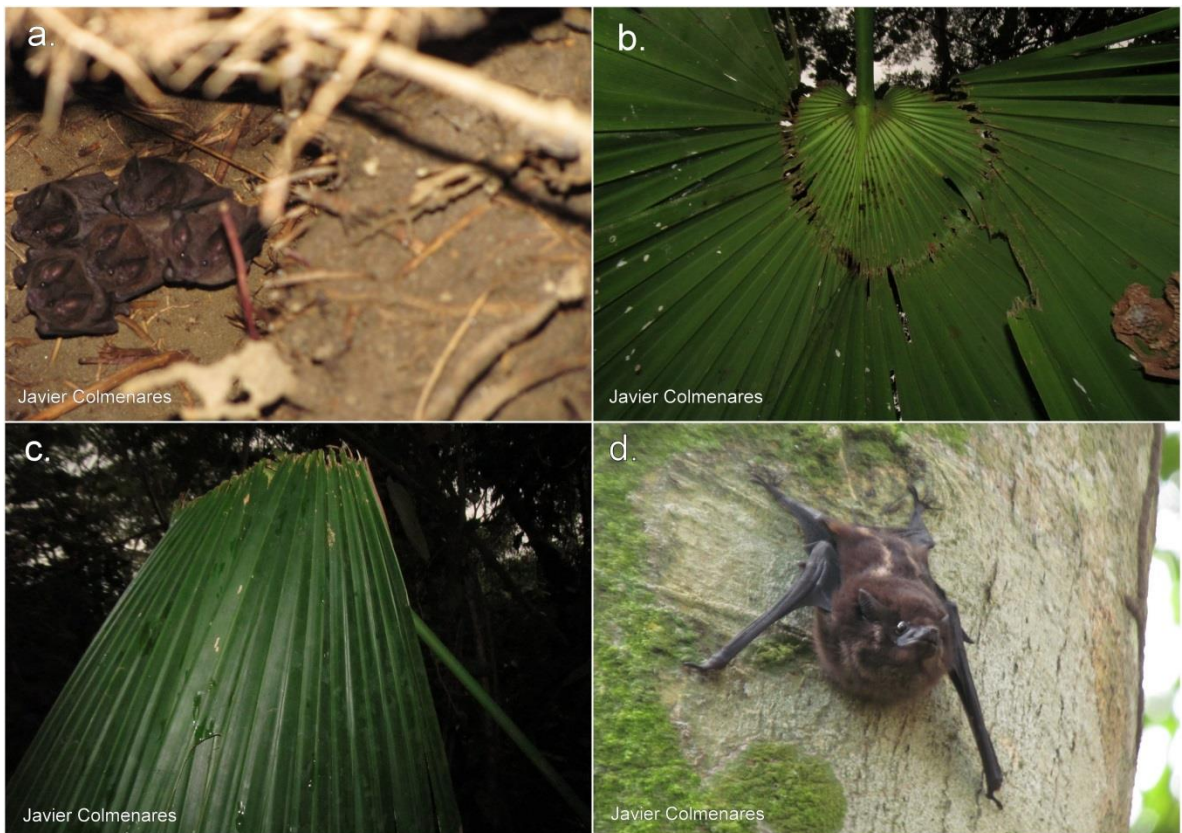


Figura 39. Algunas de las especies de murciélagos registradas por el método de búsqueda de refugios en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso: **a.** *Carollia perspicillata*; **b.** Tienda de murciélagos frugívoros de los géneros *Dermanura* o *Uroderma* (Vista interior); **c.** Tienda de murciélagos frugívoros (vista lateral); **d.** *Saccopteryx bilineata*

3.5.5 Síntesis Fases 1 y 2: La síntesis de los esfuerzos de muestreo invertidos tanto en la fase 1 como en la fase 2, la constituye un listado general que hasta el momento alcanza un total de 50 especies de murciélagos para toda la zona de estudio. Este número representa aproximadamente la mitad (56%) de la quiropterofauna potencialmente distribuida en el valle medio del Magdalena y tan solo el 25% de la registrada para todo el territorio Colombiano (**figura 40**). Pese a que algunas especies de las familias Noctilionidae, Mormoopidae, Natalidae y Thyropteridae podrían estar presentes en las localidades visitadas, los muestreos ejecutados hasta el presente estudio no han permitido su registro.

Finalmente, con relación a las estimaciones de la calidad del inventario total (Jackknife de primero orden utilizando las abundancias del total de especies entre fases 1 y 2), los resultados del presente estudio indican que de 53 taxa esperados para la subzona de las ARPR, se han registrado 43, mientras que en el VE se han documentado 45 de 59.

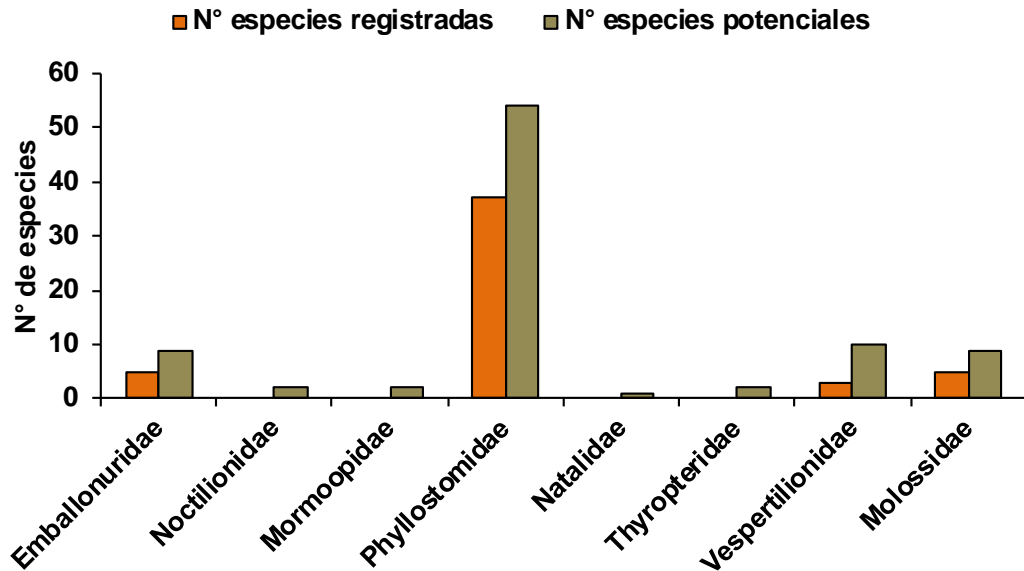


Figura 40. Relación del número de especies de murciélagos registradas por familia con respecto a las especies potenciales en la zona de estudio.

4. DISCUSIÓN

4.1 MAMÍFEROS TERRESTRES

Hasta el momento se han documentado para el territorio Colombiano un total de 492 especies de mamíferos agrupadas en 205 géneros, 49 familias y 14 órdenes (Solari *et al.*, 2013). De acuerdo con la información recopilada en campo, la representatividad porcentual del presente estudio frente a estos valores es aparentemente mínima (sobre todo a nivel específico), habiéndose registrado tan solo el 13,2% de las especies, el 26,3% de los géneros, el 51% de las familias y el 57% de los órdenes del país. A una escala más regional, los resultados de los muestreos ejecutados tan solo en la fase 2, son una evidencia fiable de la presencia de 65 taxa que constituyen menos de la mitad (43,6%) de la mastofauna con distribución potencial en la zona de estudio. Por su parte, el listado obtenido en la fase 1 recopila un total de 74 especies que representarían casi un 50%. De acuerdo con esta información, con un total de 49 especies registradas en común, 25 únicas para la fase 1 y 16 para la fase 2, el listado acumulativo de riqueza de mamíferos para el conjunto de las ARPR y el VE asciende a las 90 especies, alcanzándose hasta el momento una representatividad cercana al 60% frente al total de taxa potencialmente distribuidos en esta zona del Valle del Magdalena. Dentro del 40% restante podría considerarse gran parte de la diversidad críptica difícil de registrar, bien sea por factores propios de las especies (hábitos o costumbres, ecología, abundancia relativa, entre otros), por factores extrínsecos limitantes en los muestreos (clima y topografía de la zona de estudio), por sesgos metodológicos (esfuerzo insuficiente, falta de implementación de otras técnicas), o por extinciones locales o reducciones poblacionales significativas de las especies potenciales. Cabe destacar que la mayor proporción de esta diversidad críptica se concentra en el grupo de los micromamíferos, siendo en su mayoría especies de

murciélagos y roedores de talla pequeña los principales ausentes en los muestreos. Pese a que Chiroptera es el orden de mamíferos mayoritariamente representado tanto en Colombia (198 especies) como a lo largo de las localidades de las ARPR y el VE (35 especies en total), la falta de implementación de un esquema completo de técnicas de muestreo para el grupo (redes de dosel, redes tipo harpa, uso extensivo de técnicas bioacústicas) impidió el registro de un número considerable de especies con hábitos de vuelo y forrajeo particulares (especialmente insectívoros pequeños de las familias Molossidae y Emballonuridae que vuelan a gran altura). Por otra parte, el segundo grupo en riqueza de especies después de los murciélagos (123 especies para Colombia), los roedores, y más específicamente los de talla pequeña (familias Sciuridae, Heteromyidae, Cricetidae, Muridae), estuvieron prácticamente ausentes de los muestreos en todas las localidades tanto en las ARPR como en el VE (solo se logró registrar la presencia de la rata trepadora de Mira, *Tylomys mirae*). Teniendo en cuenta la distribución potencial de aproximadamente 14 especies de estas familias y la implementación de metodologías adecuadas para su registro (trampas Sherman, Tomahawk y de golpe, cebadas con diferentes mezclas), la ausencia de capturas podría atribuirse, en el caso del presente estudio, a diversos factores, tales como:

a. limitaciones temporales o metodológicas: la diversidad de pequeños mamíferos se concentra en los trópicos y las especies presentes varían notablemente en cuanto a su tamaño, dieta y hábitos, lo cual dificulta inventariar completamente este grupo (Emmons y Feer, 1997; Patton *et al.*, 2000). En especial, la fauna de roedores resulta difícil de muestrear exhaustivamente en los bosques lluviosos del neotrópico y a pesar de la utilización de protocolos de trampeo intensivos, en algunos lugares las especies elusivas pueden aparecer tras meses o años de trabajo (Voss y Emmons, 1996). El trampeo de roedores puede resultar poco productivo debido a las hormigas, la lluvia y el brillo lunar, sin embargo, el éxito de captura es usualmente bajo incluso en las mejores

circunstancias (Voss y Emmons, 1996). Con relación a lo anterior, para el caso de la zona de estudio en general, pese a que los muestreos se realizaron en una época con pocas precipitaciones, a lo largo de casi todas las localidades visitadas se experimentaron dificultades debido a la depredación continua de los cebos por parte de hormigas y otros invertebrados. Así mismo, las elevadas temperaturas fueron un factor adverso en la zona de estudio. Como consecuencia, la pérdida del mecanismo de atracción hacia las trampas pudo haber sesgado notablemente el éxito de captura de pequeños mamíferos y en especial de roedores. En casos particulares la depredación por parte de hormigas se concentró también en la carne de los individuos capturados, registrándose la muerte de 3 ratones espinosos por esta causa en la totalidad del estudio.

También se ha demostrado que en el neotrópico la intensidad de trampeo afecta la efectividad de los protocolos empleados para registrar la riqueza de especies de pequeños mamíferos (Wijesinghe, 2010). Mientras que con un régimen de trampeo de 4 días (usando 100 trampas y una densidad de 140 trampas por hectárea) un investigador podría registrar la comunidad predominante de pequeños mamíferos en un bosque húmedo determinado (Wijesinghe, 2010), en el caso del presente estudio, un promedio de 4 noches de muestreo por localidad y de 41,3 trampas empleadas podría haber resultado insuficiente para evaluar la riqueza específica de este grupo. Tal y como se evidenció en el caso de los murciélagos, la falta de implementación de un esquema completo de técnicas también pudo haber influenciado el éxito de captura en los protocolos de trampeo efectuados en las ARPR y el VE. Autores como Voss y Emmons (1996) recomiendan el uso uniforme y en conjunto de trampas Sherman, Tomahawk, de caída y de golpe para mejorar el éxito en los muestreos. De esta forma se podría registrar el amplio rango de especies de roedores con relación a sus hábitos y costumbres. En el presente estudio, por cuestiones de disponibilidad, se dio prioridad a la utilización de las trampas Sherman, mientras que las trampas Tomahawk y de golpe fueron empleadas en menor proporción. Por su parte,

debido a la dificultad que conlleva su instalación, las trampas de caída no fueron utilizadas durante los muestreos.

b. Abundancia de las especies: la probabilidad de captura de una especie puede verse influenciada por su abundancia en un sitio particular, así, especies con mayor abundancia podrían capturarse primero y con un esfuerzo mínimo durante un protocolo de trampeo, tal y como ocurrió durante el presente trabajo con el ratón espinoso (*Proechimys chrysaeolus*). En el caso contrario, las especies con bajas densidades locales pueden no ser capturadas durante períodos de muestreo cortos (Wijesinghe, 2010), en tal caso, podría suponerse que pese a que las 14 especies de roedores pequeños con distribución potencial para la zona de estudio no son del todo raras (Emmons y Feer, 1997; Tirira, 2007), sus abundancias pueden ser relativamente bajas en las diferentes localidades visitadas, afectando esto la efectividad de los muestreos.

c. Perturbación antrópica: en concordancia con lo anterior, teniendo en cuenta el alto grado de perturbación al que se han sometido algunos de los bosques a lo largo de la zona de estudio (como consecuencia de procesos históricos y de la intervención reciente del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso) (Etter *et al.*, 2006; INGETEC S.A., 2008), se podría suponer una reducción en la idoneidad de hábitats para las especies de roedores y por lo tanto una reducción paralela de sus abundancias locales. Los bosques húmedos del Magdalena Medio figuran entre los ecosistemas más vulnerables a la conversión, sobre todo a la agricultura y a la ganadería (Etter *et al.*, 2006). En particular, en la zona de estudio abundan pastizales extensos y en menor proporción cultivos de cítricos, yuca, plátano y cacao que han reducido las coberturas vegetales nativas a pequeños fragmentos aislados o que recorren los principales cuerpos de agua. Para el caso de la zona de adecuación del VE, los últimos reportes del estudio de impacto ambiental dan cuenta de la pérdida de unas 364 hectáreas de la cobertura vegetal debido a la construcción del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso (INGETEC S. A., 2008). Para el caso de los roedores potencialmente distribuidos en la zona de estudio, es

probable que la existencia de escasos fragmentos boscosos con poca conectividad no sea suficiente para mantener poblaciones viables tanto en las ARPR como en el VE, tal y como lo han demostrado Viveiros de Castro y Fernandez (2002) para el bosque Atlántico de Brasil. Aspectos como la especialización alimenticia y de hábitat, en conjunto con el bajo esfuerzo reproductivo y otras características de la historia de vida podrían ser determinantes en la sensibilidad de este grupo a la transformación del paisaje (Vásquez y Simonetti, 1999). Sin embargo, de acuerdo a sus hábitos y características tróficas, muchos micromamíferos terrestres también pueden ser resilientes a las perturbaciones antrópicas mencionadas. Se ha demostrado que ciertos factores como la deforestación no necesariamente ocurren en sincronía con la pérdida de riqueza específica en las comunidades de pequeños mamíferos (Scott *et al.*, 2005). Por esta razón y contrario a los resultados obtenidos en el presente estudio, se esperaría haber encontrado en el paisaje transformado de muchos de los puntos de muestreo visitados, especies de roedores terrestres generalistas y adaptables a los cambios ecológicos como *Zygodontomys brunneus*, *Melanomys caliginosus*, *Sigmodon hirsutus* y *Transandinomys talamancae* (Ochoa y Soriano *en* Fimbel *et al.*, 2001).

Como se mencionó anteriormente, los murciélagos representan aproximadamente la mitad de la riqueza de mamíferos documentada tanto en las ARPR como en el VE (35 especies=54%). Este resultado concuerda con los obtenidos en otros estudios faunísticos efectuados en el Magdalena medio Santandereano en el corregimiento de Campo Capote en Puerto Parra y en el municipio de Cimitarra (Sarmiento, 2010; Cuartas-Calle, 2011). En el primero, los autores registraron 16 especies de micromamíferos de las cuales 13 fueron murciélagos de diferentes familias. Por su parte, en el segundo trabajo los quirópteros representaron el 52% (41 especies) de una riqueza total de 79 especies de mamíferos en general. En conjunto, en los 3 estudios se evidenció que la gran mayoría de la diversidad

quiropterofaunística se concentra en la familia de murciélagos de hoja nasal del nuevo mundo (Phyllostomidae). Con los muestreos efectuados en las ARPR y el VE se logró el registro de 25 especies de este grupo, mientras que con números muy inferiores, las familias Molossidae, Emballonuridae y Vespertilionidae completaron el listado de murciélagos con 5, 4 y 2 especies respectivamente. Este patrón de riqueza repetitivo se debe principalmente a que la familia Phyllostomidae es la más abundante del nuevo mundo, tanto en número de grupos taxonómicos como en individuos y ocupa un amplio rango de distribución desde el piso cálido hasta el páramo. En Colombia estos murciélagos frecuentan todo tipo de hábitats, desde los más intervenidos hasta bosques maduros no perturbados (Muñoz, 2001).

Otra porción importante de la mastofauna total documentada en el presente estudio la constituyen los miembros del orden Carnivora. 8 especies representan el 12% de la riqueza total documentada, destacándose entre ellas algunas de las más carismáticas y vulnerables a las perturbaciones antrópicas. Aunque se logró el registro de los grandes felinos especialistas (*P. concolor* y *P. onca*), el listado general del grupo lo acaparan los denominados mesocarnívoros, con un rango taxonómico que va desde especies generalistas como el zorrillo (*C. semistriatus*) y la zorra patona (*P. cancrivorus*), hasta especies con dietas más inclusivas como la nutria (*L. longicaudis*), el hurón (*G. vittata*) y el trigrillo (*L. pardalis*). La ausencia de grandes carnívoros en la mayoría de localidades visitadas puede ser un factor desencadenante para un incremento en la abundancia de estas especies pequeñas y de tamaño medio, algunas de las cuales pueden ocupar posiciones importantes en la cadena trófica y ser importantes conductoras de la función, estructura y dinámica de los ecosistemas remanentes (Roemer et al., 2009). De manera similar, en el estudio ejecutado en el municipio de Cimitarra, Santander, Cuartas-Calle registró mediante métodos directos e indirectos, un total de 11 especies de Carnívoros que representaron el 14% del total de la mastofauna documentada. Por su parte, Borón y Payán-Garrido (2013) lograron registrar

mediante cámaras trampa un total de 8 especies para el orden durante sus muestreos ejecutados en el año 2012 en otra zona del valle medio del Magdalena, en el municipio de Puerto Wilches, Santander. En este caso, del grueso de la mastofauna terrestre registrada, los carnívoros representaron el 40%.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede considerar que un patrón de riqueza concentrada entre Chiroptera y Carnivora puede ser el predominante en las comunidades de mamíferos a lo largo del Valle medio del Magdalena.

Aunque Rodentia es el segundo orden con más especies de la mastofauna Colombiana, como se mencionó anteriormente, mucha de esta diversidad no pudo ser registrada en el presente estudio. Con excepción de la rata trepadora de Mira (*T. mirae*) y el ratón espinoso (*P. chrysaеolus*), la ausencia de la mayoría de taxa pequeños de las familias Muridae, Cricetidae y Heteromyidae contrasta con el predominio de los denominados roedores Hystricognatos, grupo que incluye especies de tamaño medio como el ñeque (*D. punctata*), el tinajo (*C. paca*) y el chigüiro (*H. isthmius*). Las dos primeras fueron registradas frecuentemente y constituyen parte importante de los ecosistemas locales por su función como agentes dispersores y como presas en la dieta de algunos depredadores (Emmons y Feer, 1997; Tirira, 2007). El grupo en general representó el 6% de la riqueza de mamíferos de las ARPR y el VE, cifra que iguala el orden Didelphimorphia con un total de 6 especies en toda la zona de estudio. Este último grupo juega un rol importante en los ecosistemas debido a su amplia distribución y al hecho de que las especies que lo conforman ocupan una amplia variedad de nichos (Cuartas-Calle y Muñoz-Arango, 2003).

En cuanto a la distribución espacial de la riqueza, en el presente estudio se evidenció que las ARPR albergan comparativamente una mayor cantidad de especies con respecto a las localidades asociadas al VE. A pesar de que ambas subzonas comparten aproximadamente el 52% de la mastofauna total (IC=0,52) en cada una de ellas se logró documentar la ubicuidad preferencial de algunos

taxa durante el tiempo de ejecución de los muestreos. Por ejemplo, cabe mencionar que carnívoros especialistas como el tigrillo (*L. pardalis*) y el puma (*P. concolor*) solo fueron registrados en fragmentos de Bosque secundario y Rastrojo alto en la localidad de La Palmita, la cual se encuentra ubicada en los límites de la zona de adecuación del VE. Teniendo en cuenta el alto grado de perturbación al que están sometidas las coberturas vegetales dentro de la cota de inundación, así como la susceptibilidad de estas dos especies de felinos a extinciones locales por presiones antrópicas (Brooks, 1998), sus registros fotográficos constituyen un aporte importante para consideraciones futuras sobre la conservación de poblaciones en el valle medio del Magdalena. Por su parte, especies como el armadillo rabo de trapo (*C. centralis*), el jaguar (*P. onca*) y la nutria de río (*L. longicaudis*) solo se registraron en algunos de los mejores fragmentos boscosos de las ARPR en cuanto a estructura vegetal y disponibilidad de recursos. Estos registros también revisten importancia debido a la tendencia hacia la reducción del rango geográfico de estas especies y al estado de amenaza de sus poblaciones (UICN, 2014).

Para el caso particular de la diversidad de mamíferos del VE, se pudo evidenciar una disminución de la riqueza de manera proporcional con la complejidad de las diferentes coberturas vegetales muestreadas. Mientras que en el Bosque Secundario y el Rastrojo alto se registraron 28 y 22 especies respectivamente, en coberturas menos complejas como el Rastrojo Bajo y el Rastrojo Bajo-Xerofítico solo se registró la presencia de 18 y 9 taxa respectivamente. Este patrón probablemente refleja el hecho de que los Bosques Secundarios ofrecen a la mastofauna una mayor integridad vegetal que se traduce en una mayor oferta alimenticia y de refugio, mientras que en las demás coberturas predominan elementos arbustivos y pastos que pueden ofrecer protección temporal a las especies más no una oferta de recursos permanente.

Por otra parte, se constató que las ARPR albergan un total de 21 especies únicas (el VE solo 12), confirmándose que de momento y quizás a futuro cumplan una

función como reservorios de la mastofauna afectada por la construcción y operación del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso. En los bosques asociados a las quebradas La Máquina-Resumidero, Santa María, Mata de Cacao y La Putana se registró la mayor riqueza específica en comparación con otros puntos de muestreo a lo largo de la zona de estudio. La vegetación secundaria que recorre estos cuerpos de agua conforma en su mayoría un dosel alto y cerrado con abundantes elementos arbóreos que pueden ofrecer un hábitat idóneo para la mastofauna. Por el contrario, en los alrededores de quebradas como Aguablanca y Golondrinas, probablemente la persistencia de actividades como la ganadería y la agricultura han reducido las coberturas vegetales a estrechas franjas a lo largo de los cauces. Esta reducción en la complejidad del dosel y en general de los bosques ribereños podría ser la razón por la que en estas localidades se registró la menor riqueza de especies para las ARPR.

El total de los mamíferos terrestres registrados representa un amplio rango de requerimientos dietarios. Las coberturas vegetales en las diferentes localidades muestreadas sorprendentemente sustentan una buena proporción de especies carnívoras que constituyen el tope de la cadena trófica (7 especies). Esto sería la evidencia de que a lo largo de la zona de estudio el conjunto de la avifauna, la herpetofauna, la ictiofauna y la restante mastofauna constituye el suministro alimenticio suficiente para depredadores especialistas como el Jaguar (*P. onca*) el puma (*P. concolor*), el tigrillo (*L. pardalis*), el hurón (*G. vittata*) y la nutria de río (*L. longicaudis*). Sin embargo, debido a que este grupo de mamíferos, en comparación con otros gremios tróficos, dispone de una menor cantidad de energía en el entorno con relación al área, sus densidades poblacionales locales probablemente son bajas, lo cual se pudo constatar por los escasos registros obtenidos entre todos los puntos de muestreo visitados. Por otra parte, podría afirmarse que de manera general los remanentes boscosos de las ARPR y el VE representan una mayor reserva energética para el resto de la riqueza

mastofaunística registrada. En total son 23 especies terrestres que explotan ítems alimenticios relativamente más abundantes en el entorno y probablemente más homogéneamente repartidos tanto espacial como temporalmente, tales como pastos, semillas, frutos, hojas e insectos. De esta riqueza, gran parte se concentra en los gremios de Frugívoros-Omnívoros e Insectívoros-Omnívoros con 5 y 5 miembros respectivamente. Destacan en estos grupos algunos de los taxa más abundantes en muchas de las localidades muestreadas, tales como el fara de orejas negras (*D. marsupialis*), la zorra patona (*P. cancrivorus*) y el armadillo rabo de caña (*D. novemcinctus*). Estas especies generalistas tienen la habilidad de colonizar nichos creados como consecuencia de cambios antropogénicos, lo cual indica que sus altas densidades locales, además de ser el resultado de la disponibilidad energética, pueden ser consecuencia de la transformación del paisaje y de un proceso en marcha de homogenización biótica, que en un caso extremo podría acarrear la disminución de las poblaciones de taxa especialistas menos adaptables, con consecuencias severas en el funcionamiento de los ecosistemas (Clavel et al., 2010). En el grupo de los Frugívoros-Granívoros también figuran especies abundantes localmente y que constituyen parte importante en la dieta de algunos carnívoros, tales como el tinajo (*C. paca*), el ñeque (*D. punctata*) y el ratón espinoso (*P. chrysaеolus*), mientras que en los niveles más bajos de la cadena alimenticia, con una dieta predominantemente herbívora, sobresalen algunos de los mamíferos más grandes registrados en las ARPR y el VE. Entre estos destacan Frugívoros-Herbívoros como el venado (*M. cf. americana*) y el marrano de monte (*P. tajacu*), así como Herbívoros-Ramoneadores como los perezosos (*B. variegatus* y *C. hoffmanni*) y el chigüiro (*H. isthmius*), los cuales en conjunto pueden constituir los ítems predilectos de la dieta de los grandes felinos registrados en el presente trabajo (*P. concolor* y *P. onca*).

Pese a que un gran porcentaje de la mastofauna registrada en el presente estudio reviste importancia cinegética a lo largo de todo su rango de distribución, a nivel

local el interés de los pobladores se centra en unos pocos taxa. En muchas de las localidades de las ARPR donde aún persisten asentamientos humanos, se pudo constatar mediante información secundaria recibida de los residentes, que especies como el marrano de monte (*P. tajacu*), el tinajo (*C. paca*), el ñeque (*D. punctata*) y la ardilla de vientre blanco (*S. granatensis*) frecuentan cultivos de yuca, cacao y plátano en busca de opciones de alimentación, mientras que otras como el zorro perruno (*C. thous*), el fara de orejas negras (*D. marsupialis*) y el tigrillo (*L. pardalis*) usualmente asechan aves de corral como gallinas y patos. Por esta razón existe una tendencia generalizada de considerar a estas especies plagas que deben ser exterminadas en retaliación por los problemas que causan y por ende para mitigar las pérdidas económicas. De igual forma, algunos mamíferos grandes y de tamaño medio como el venado (*M. cf. americana*), el marrano de monte (*P. tajacu*), el tinajo (*C. paca*), el ñeque (*D. punctata*) y el armadillo rabo de caña (*D. novemcinctus*), constituyen para algunos campesinos fuentes proteicas importantes y por lo tanto presas ideales para la subsistencia. Entre ellas, quizás el tinajo enfrenta una mayor presión cinegética debido a su abundancia, relativa accesibilidad y a que su carne es considerada la mejor carne de monte por su consistencia y sabor. Teniendo en cuenta que la mayoría de estas especies juega un rol importante en los ecosistemas como fuente de alimento de grandes y medianos depredadores, así como dispersores de semillas (Emmons y Feer, 1997), la disminución de sus poblaciones podría tener repercusiones considerables en el equilibrio de los remanentes boscosos a lo largo de la zona de estudio.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo se deben en gran parte a la efectividad de las cámaras trampa en la detección de especies de mediano y gran porte. Por encima de cualquier otro método empleado, estas herramientas permitieron el registro de casi la mitad de los mamíferos terrestres incluidos en el listado del presente estudio, favoreciendo en algunos casos el conocimiento de especies elusivas, con costumbres particulares y escasamente documentadas.

Entre los taxa más importantes registrados exclusivamente con las cámaras figuran el mono cariblanco (*C. albifrons*), el zorrillo (*C. semistriatus*), el tigrillo (*L. pardalis*), el puma (*P. concolor*) y el hurón (*G. vittata*), resultando este último un aporte importante para el conocimiento de la mastofauna de Santander. Otros estudios en zonas cercanas, pese a que han incluido una gran cantidad de cámaras trampa dispuestas en diferentes tipos de hábitats, no han logrado la detección de este mesocarnívoro, lo cual en conjunto con su escasa representación en colecciones nacionales e internacionales (9 especímenes voucher), dan cuenta de su rareza en el departamento e incluso a lo largo del territorio Colombiano (Borón y Payán-Garrido, 2013). Pese a que la especie parece adaptarse en alguna medida a la perturbación antrópica (Hunter, 2011), sus densidades poblacionales bajas y sus hábitos particulares podrían ser las causas más probables de la dificultad de su registro en campo. (Yensen y Tarifa, 2003).

Aunque otros métodos indirectos también facilitaron la documentación de algunas especies en el presente estudio, ninguno de ellos ofreció las ventajas prácticas de las cámaras trampa, tales como su fácil instalación, su amplio período de funcionamiento y sobre todo la obtención de fotos claras que permitieron la identificación de los animales con la más mínima ambigüedad. Por estas razones el uso de estas herramientas se ha intensificado recientemente en el estudio de la mastofauna neotropical debido a su superioridad confirmada sobre las entrevistas, la búsqueda de rastros y los conteos por observación directa (Sunarto *et al.*, 2013). Sin embargo, estos otros métodos, que han entrado un poco en desuso, también aportaron información relevante de los mamíferos en la zona de estudio. Los rastros permitieron el registro exclusivo del oso hormiguero (*T. mexicana*), la nutria de río (*L. longicaudis*), la zorra patona (*P. cancrivorus*) y el chigüiro (*H. isthmius*), las entrevistas a pobladores locales fueron evidencia importante de la presencia del jaguar (*P. onca*), el marrano de monte (*P. tajacu*), el armadillo rabo de trapo (*C. centralis*) y el mono aullador (*A. seniculus*) mientras que mediante

recorridos diurnos y nocturnos se pudo observar directamente a la chucha de agua (*C. minimus*), a los perezosos (*B. variegatus* y *C. hoffmanni*), a la marteja (*A. griseimembra*) y a la ardilla de vientre blanco (*S. granatensis*).

En el caso de los métodos de trapeo invasivos, pese a que los resultados obtenidos no fueron los esperados, tal y como se mencionó anteriormente, el esfuerzo de muestreo invertido permitió la captura de especies de micromamíferos terrestres difíciles de registrar mediante otros métodos. Las trampas Sherman fueron las más efectivas en cuanto al número de especies registradas, en comparación con las trampas Tomahawk y de golpe. Sin embargo, este resultado pudo haber sido un artefacto de muestreo teniendo en cuenta que el número de estas trampas fue superior en todas las localidades visitadas y que su disposición se realizó equitativamente tanto en el suelo como en ramas y lianas a alturas de entre 2 y 3 m. De esta forma, la probabilidad de captura no solo incluyó a especies terrestres (como en el caso de las Tomahawk), sino también a especies arbóreas o semiarbóreas. De manera general, los registros más relevantes obtenidos gracias a las trampas Sherman incluyen a la rata trepadora de Mira (*T. mira*) y a la zarigüeya ratón de Waterhouse (*M. waterhousei*), convirtiéndose estos en la primera evidencia de la presencia de estas especies en el departamento de Santander. Por su parte, las trampas Tomahawk fueron la herramienta más efectiva en cuanto al número de individuos capturados. Pese a que su ubicación se restringió al suelo, facilitaron el registro de especies dentro de un rango mayor de tamaño corporal, destacándose entre estas el ratón espinoso (*P. chrysaeolus*), el fara de orejas negras (*D. marsupialis*) y la chucha mantequera (*M. nudicaudatus*). Finalmente, el aporte de las trampas de golpe fue mínimo, permitiendo tan solo el registro del ratón espinoso, pese a su ubicación tanto en el suelo como en ramas y lianas. Sin embargo, este resultado pudo ser consecuencia del escaso número de trampas de este tipo desplegadas en las localidades visitadas. En un estudio realizado en los bosques neotropicales del Perú, Hice y Velazco (2013), utilizando arreglos metodológicos más comparables,

encontraron que las trampas Tomahawk y de golpe fueron más efectivas en cuanto al número de especies de micromamíferos terrestres registradas, sin embargo, con números comparativamente muy elevados, las de golpe permitieron la captura de un 60% más de individuos que el promedio de los demás tipos de trampas juntos (Sherman, Pitfall y Tomahawk). Probablemente, un mayor número de estas trampas desplegadas en el presente estudio hubiesen permitido el registro de un mayor número de especies sobre todo para un grupo tan submuestreado como lo fueron los roedores de talla pequeña.

En cuanto a los diferentes atrayentes dispuestos en los 3 tipos de trampas implementadas, el banano resultó ser el más efectivo, facilitando la captura de un total de 16 individuos, 14 de ellos en trampas Tomahawk y los dos restantes en trampas Sherman. Del total de especies capturadas, todas menos una mostraron preferencia por este cebo y se evidenció un interés particular por parte de marsupiales terrestres y arbóreos, los cuales tienen dietas predominantemente Insectívoras-Omnívoras (*M. robinsoni*, *M. nudicaudatus*) y Frugívoras-Omnívoras (*D. marsupialis*). Por su parte, Hice y Velazco (2013) encontraron en su estudio que la efectividad del banano fue muy inferior a la de otros atrayentes en cuanto al número de especies e individuos capturados. Sin embargo, estos autores hicieron una distribución más equitativa de los cebos en igual número de trampas con fines de realizar comparaciones más exactas respaldadas con pruebas estadísticas, a diferencia del presente estudio en el cual la disposición de atrayentes fue aleatoria y no sistemática. La única captura de la zarigüeya ratón de Waterhouse (*M. waterhousei*) se efectuó en una trampa Sherman ubicada a unos 2 m del suelo y cebada con una mezcla de esencias de salpicón y mantecado, lo cual representa evidencia de que los atrayentes dulces o frutales resultan eficientes en la zona de estudio para registrar la riqueza del grupo de los Didelphidae, especialmente de aquellos taxa con hábitos arbóreos y semiarbóreos (Emmons y Voss, 1996). Parte de la utilidad de este tipo de atrayentes se podría atribuir a una menor tasa de depredación por parte de algunos artrópodos, los

cuales mostraron un interés más marcado por la mantequilla de maní y el atún (Emmons y Voss, 1996). Las hormigas representaron uno de los factores que probablemente más afectó el éxito de captura en todos los tipos de trampa, especialmente de aquellas ubicadas en el suelo y cebadas con mantequilla de maní. La abundancia de estos organismos en algunas de las localidades visitadas implicó la pérdida total de la porción de dicho atrayente en muchas de las trampas, y por lo tanto de la posibilidad de captura de algún individuo. Incluso, en algunos casos en los que hubo éxito, las hormigas depredaron la carne del animal, acarreado su muerte dentro de la trampa. Bajo la circunstancias mencionadas, la mantequilla de maní solo permitió la captura de 6 individuos, pertenecientes a 2 especies (*D. marsupialis* y *P. chrysaеolus*) entre trampas Sherman y Tomahawk. Pese a ser el segundo atrayente más efectivo en el presente estudio, su efectividad fue comparativamente muy inferior a la del banano. Contrariamente, en el trabajo de Hice y Velazco (2013), este cebo mostró ser notablemente más efectivo que cualquier otro, facilitando la captura de un total de 39 individuos pertenecientes a 11 especies diferentes de micromamíferos terrestres. Dentro de estas especies destacan algunas en común con el presente estudio, tales como la zarigüeya ratón de Waterhouse (*M. waterhousei*) y la chucha mantequera (*M. nudicaudatus*). Sin embargo, los autores no mencionan problemas de depredación de hormigas, lo cual puede implicar una menor abundancia de estos organismos en la zona donde se efectuó el estudio o alguna condición diferencial del atrayente. Algunos autores recomiendan el uso de hojuelas de avena en combinación con la mantequilla de maní para mitigar el impacto de las hormigas en la porción del atrayente (Emmons y Voss, 1996; Patton *et al.*, 2000). De igual forma cabe destacar que la preferencia de cebos por parte de una comunidad de pequeños mamíferos puede depender de factores como la localidad, la temporada y el hábitat, razón por la cual puede ser un fenómeno variable en espacio y tiempo (Hice y Velazco, 2013). El experimento con diferentes combinaciones de atrayentes puede determinar cuáles resultan más efectivos en un área determinada (Nagorsen y Peterson, 1980). En síntesis, la efectividad de los

inventarios podría ser mejorada poniendo especial atención al equipo, su ubicación, los cebos y al mantenimiento de las líneas de muestreo (Emmons y Voss, 1996). Entre más tipos de trampas se empleen, con una ubicación más variada (incluyendo diferentes tipos de hábitats y alturas) y una mayor cantidad de atrayentes, es más probable maximizar el número de individuos y especies capturadas (Hice y Velazco, 2013).

Los ríos naturales, incluyendo sus zonas riparias, pertenecen a los ecosistemas más dinámicos, complejos y diversos en los continentes del mundo y son elementos claves en el mantenimiento de la biodiversidad del paisaje (Dynesius y Nilsson, 1994). A pesar de que la construcción de represas es esencial para el bienestar de millones de personas y ha jugado un rol importante en el desarrollo de la humanidad, los costos ambientales y sociales de este proceso muchas veces superan los beneficios económicos alcanzados (McCartey *et al.*, 2001). Se trata entonces de una de las intervenciones antrópicas más significativas, con implicaciones directas en la pérdida de la integridad ecológica de los ríos y en la fragmentación del paisaje fluvial y circundante (Nilsson y Berggren, 2000). Sin el conocimiento certero de los alcances del impacto ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso en los ecosistemas de la zona de estudio, en el presente trabajo se considera que todas las obras de construcción del mismo y el futuro proceso de llenado del embalse, han afectado y seguirán afectando seriamente la integridad de las coberturas vegetales naturales remanentes, los cuerpos de agua en los alrededores y, por lo tanto, la supervivencia de las poblaciones de especies de fauna con relación a su vulnerabilidad o riesgo de extinción ante los factores antrópicos.

Con base en lo anterior, los cálculos obtenidos para el índice de vulnerabilidad indican que casi la mitad de las especies terrestres registradas en la zona de estudio exhiben características de su historia de vida o relacionadas con factores

extrínsecos que les permiten tolerar muy bien los efectos de las actividades antrópicas predominantes en el entorno y por lo tanto adaptarse perfectamente a la transformación del paisaje. Estas especies, que hacen parte de la categoría poco vulnerables, constituyen un amplio rango taxonómico representando a los órdenes Didelphimorphia, Rodentia, Carnivora, Lagomorpha y Pilosa. Con los puntajes más bajos, la zorra patona (*P. cancrivorus*; IV=19), la taira (*Eira barbara*; IV=19), la rata trepadora de mira (*T. mirae*; IV=18), el puercoespín (*Coendou prehensilis*) y la zarigüeya lanuda (*Caluromys lanatus*) serían las especies más adaptables a la fragmentación de los bosques en la zona de estudio por cuenta de actividades históricas como la ganadería, la agricultura y la extracción ilegal de madera, así como por la reciente puesta en marcha de las obras del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso. Del grueso de las variables evaluadas, aquellas que tienen que ver con factores ajenos a la historia de vida, tales como la valoración UICN, valoración resolución 383, valoración CITES y valor cinegético histórico, serían las que en común aportan menos peso a la puntuación final de vulnerabilidad para el conjunto de especies mencionadas. Lo anterior quiere decir que de manera general se trata de taxa poco amenazados por la reducción acelerada de sus rangos geográficos y de sus poblaciones, y que no experimentan los flagelos del tráfico de fauna y la cacería. En cuanto a las variables de historia de vida, también se destacan algunos patrones similares para estas especies poco vulnerables. La mayoría de ellas ocupa una posición media en la cadena trófica, accediendo a lo que se podría considerar una buena oferta energética en el entorno. En este sentido, se trata de animales generalistas, preferencialmente Frugívoros-Omnívoros, que además tienen rangos geográficos grandes a lo largo de los cuales ocupan gran variedad de hábitats y coberturas vegetales. Algunos estudios sugieren que en el caso particular de los mamíferos, la combinación de un rango geográfico estrecho con una posición alta en la cadena trófica y la especialidad de hábitat determinan un alto riesgo de extinción en las especies (Vásquez y Simonetti, 1999; Purvis *et al.*, 2000; Davidson *et al.*, 2009). Reuniendo las características contrarias, los taxa menos vulnerables

registrados en el presente estudio parecen tener un panorama alentador ante las presiones antrópicas locales, las cuales se verán potenciadas a futuro como consecuencia de la transformación paisajística radical que acarreará el llenado del embalse.

Con una mayor representación taxonómica, la categoría de vulnerabilidad media reúne especies pertenecientes a los órdenes Carnivora, Didelphimorphia, Pilosa, Cingulata, Cetartiodactyla y Rodentia. Se trata de mamíferos que pueden tolerar cierto grado de perturbación pero tienen características que los hacen más sensibles ante amenazas particulares. La mayoría de ellos registra puntajes de vulnerabilidad relativamente bajos que superan por una o 2 unidades los puntajes de las especies en la anterior categoría. Con relación a esto, las variables extrínsecas (valoración UICN, resolución 383, CITES y valor cinegético) nuevamente contribuyen poco en la cuenta, mientras que las variables de historia de vida resultan definitivas en el puntaje final de la mayoría de las especies. Destacan en el límite superior de la categoría, algunos de los taxa más grandes registrados en la zona de estudio. Con un índice de vulnerabilidad de 26, el venado (*M. cf. americana*) a pesar de tener a su favor un amplio rango geográfico, una oferta energética moderada (Frugívoro-Herbívoro) y la capacidad de explotar varios tipos de hábitats y coberturas vegetales, es una especie con un esfuerzo reproductivo bajo, densidades locales bajas, alta presión cinegética y una distancia de dispersión corta. Estos factores en conjunto reducen su resiliencia e incrementan su riesgo de extinción ecológica local de la mano de las actividades antrópicas predominantes. Teniendo en cuenta su importancia como agente dispersor de semillas y como presa de depredadores en el tope de la cadena alimenticia local (*P. onca* y *P. concolor*) (Emmons y Feer, 1997; Sunquist y Sunquist, 2002), su desaparición de la zona de estudio o una reducción dramática de sus poblaciones, acarrearía un desbalance significativo en el equilibrio de los ecosistemas a falta de su función ecológica. Los principales impactos serían

entonces un cambio profundo en la naturaleza de la comunidad vegetal y una pérdida gradual de la biodiversidad local (Redford, 1992).

Por su parte, la marteja (*A. griseimembra*) y el puma (*P. concolor*) también representan especies importantes en la categoría de vulnerabilidad media alcanzando ambas un puntaje total de 27. Estos mamíferos, que se encuentran justo en el límite de la siguiente categoría, evidentemente constituyen casos especiales con relación a su riesgo de extinción en la zona de estudio. En el caso del primate, a pesar de que se pudo constatar que es una especie abundante en algunas de las localidades visitadas y que puede acceder a una buena porción de la energía disponible en el entorno (se trata de un mono Frugívoro-Omnívoro), la mayoría de las variables de historia de vida o factores extrínsecos evaluados dan cuenta de un panorama negativo para su persistencia en los ecosistemas locales. Se trata de un animal con un rango geográfico estrecho que se está reduciendo progresivamente como consecuencia de diversos factores (según los criterios de la UICN y la Res. 383 de 2010). Un esfuerzo reproductivo bajo, su capacidad limitada de explotar diversos hábitats y coberturas vegetales y su baja dispersión también podrían afectar notablemente su resiliencia ante las perturbaciones antrópicas de esta zona del Valle del Magdalena. Como se mencionó anteriormente, algunos de estos factores incrementan el riesgo de extinción en los mamíferos (Vásquez y Simonetti, 1999; Purvis *et al.*, 2000; Davidson *et al.*, 2009). La desaparición de la especie, al igual que en el caso del venado, traería consecuencias importantes en la comunidad vegetal debido a su función ecológica como dispersora de semillas.

Por otra parte, en el caso del felino, a pesar de que la literatura reporta su capacidad de tolerar las actividades antrópicas (Hunter, 2011), la información recopilada en el presente estudio también evidencia factores que determinan que se trate de un taxa vulnerable a la fragmentación. Según lo indican las variables extrínsecas evaluadas (UICN, Res. 383 y CITES), ni el rango geográfico de la especie ni sus densidades poblacionales enfrentan una tendencia reduccional

acelerada e inmediatamente preocupante. Pese a que en partes de su areal de distribución es perseguida y cazada por su piel y en retaliación a sus ataques a ganado doméstico, la presión cinegética que afronta tampoco alcanza niveles alarmantes. Lo anterior, en conjunto con características de su historia de vida, tales como su amplio rango geográfico, su capacidad de explotar una gran variedad de hábitats a lo largo del mismo y su gran capacidad de dispersión, serían los principales factores a favor de su adaptabilidad en algunas regiones. Sin embargo su puntaje de vulnerabilidad relativamente alto se ve fuertemente influenciado por otras características de su biología, entre ellas su esfuerzo reproductivo bajo y su posición en la cadena trófica. Al tratarse de uno de los dos grandes carnívoros especialistas registrados en el presente trabajo, el puma dispone de una pequeña cantidad de energía por unidad de área en comparación con otras especies pertenecientes a otros gremios alimenticios. Este factor, al igual que el tamaño de la especie, tiene una influencia directa en las densidades locales bajas del felino a lo largo de su rango distribucional y probablemente en la zona de estudio, como se pudo constatar con la obtención de un solo registro (Robinson y Redford, 1986). Adicionalmente, según la información recopilada, el puma prefiere coberturas vegetales medianamente complejas, como bosques secundarios densos con predominio de elementos arbóreos y un dosel cerrado, lo cual favorecería su camuflaje y le brindaría sitios adecuados para la alimentación y la crianza. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, la perturbación antrópica histórica en este sector del Valle del Magdalena y la reciente puesta en marcha del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso han tenido una fuerte repercusión en los bosques naturales de la zona de estudio, reduciéndolos a pequeños fragmentos aislados rodeados por una matriz de cultivos y potreros. A pesar de que se han registrado en las diferentes localidades algunos de sus ítems alimenticios preferidos, tales como el ñeque (*D. punctata*), el tinajo (*C. paca*), el venado (*M. cf. americana*) y el armadillo rabo de caña (*D. novemcinctus*) (Hunter, 2011), la distribución heterogénea de los mismos en conjunto con un paisaje notablemente fragmentado serían factores que complicarían el acceso a un

suministro energético permanente y constante. Si se tiene en cuenta además el inminente proceso de llenado del embalse, el panorama para la especie sería de manera general negativo en los alrededores. Teniendo en cuenta todos los aspectos anteriormente mencionados, su riesgo de extinción ecológica local es preocupante, lo cual quiere decir que la especie podría dejar de desempeñar su rol fundamental en los ecosistemas (Redford, 1992). De esta forma, la principal repercusión sería el desequilibrio en los niveles inmediatamente inferiores de la cascada trófica, lo que conllevaría a cambios en la abundancia de sus presas (disminución de sus densidades) y por lo tanto a una afectación en los procesos de herbivoría y dispersión de semillas, con sus implicaciones en los cambios en la comunidad vegetal (Redford, 1992). Adicionalmente a falta de depredadores grandes, los mesocarnívoros como la taira (*E. barbara*), el hurón (*G. vittata*), la zorra patona (*P. cancrivorus*), el zorrillo (*C. semistriatus*) el zorro perruno (*C. thous*) y el tigrillo (*L. pardalis*) se volverían más abundantes como consecuencia del proceso conocido como liberación de mesodepredadores (Crooks y Soulé, 1999), convirtiéndose en las especies en la posición más alta de la cadena trófica y por lo tanto en importantes conductores de la estructura de la comunidad mastofaunística de la zona de estudio (Roemer *et al.*, 2009).

El único registro del puma en el presente trabajo se obtuvo en la localidad de La Palmita, la cual se encuentra ubicada justo en los límites de la cota máxima de inundación del vaso. Aunque con imágenes satelitales y mediante inspección directa se constató la remanencia de un parche boscoso continuo y en buen estado en esta zona, las labores recientes de remoción de materia vegetal ordenadas por la ANLA han traído como consecuencia el aislamiento de este fragmento de un elemento topográfico que podría ofrecer sustento a poblaciones de la especie, La cuchilla de La Paz (**ver figura 19**). Sin embargo, si se tiene en cuenta la gran capacidad de dispersión del felino, es probable que la franja carente de vegetación no sea un obstáculo significativo y exista tránsito constante de individuos entre ambos sitios. Adicionalmente, como lo indican los mapas, parte

de la cuchilla de la paz y de los bosques circundantes a La Palmita hacen parte de una de los terrenos más grandes comprados por ISAGEN y destinados a ser una ARPR. Este terreno, que cuenta con unos 12.513 Km², a su vez se encuentra dentro de una vasta zona, con una extensión aproximada de 128.271 Km² y que acoge elementos topográficos como la cuchilla de La Paz y la cuchilla de La Putana, así como grandes fragmentos de bosque continuo y numerosos cuerpos de agua como las quebradas La Putana, La Aguamieluda, Golondrinas y La Chafarota. En este contexto, la conservación del felino en la zona de estudio podría depender de la creación de reservas en esta área y de la implementación de planes de manejo forestal encaminados a la protección de los bosques y por lo tanto a garantizar la prevalencia de todos los grupos faunísticos.

Finalmente, en un extremo aún más preocupante, un grupo de 4 especies registradas en el presente estudio hacen parte de la categoría de alta vulnerabilidad. La primera de ellas, el armadillo rabo de trapo (*C. centralis*), alcanza un puntaje total de 29 como producto de sus características biológicas y de ciertos factores extrínsecos que las influyen. Sería una especie poco adaptable ante la fragmentación de los bosques y la transformación del paisaje en la zona de estudio y su riesgo de extinción ecológica local sería inminente ante el proceso de llenado del embalse. En primera instancia, las evaluaciones por parte de los expertos de la UICN y la resolución 383 no han permitido diagnosticar aún la tendencia de su rango geográfico y de sus densidades poblacionales, razón por la cual la especie no se incluye en alguna categoría de amenaza y se registra en la lista roja como deficiente de datos (DD). Este desconocimiento general sobre estos aspectos del armadillo hace que las variables de valoración UICN y Res. 383 jueguen importancia en la sumatoria final del índice de vulnerabilidad de la especie. Sin embargo, son los aspectos intrínsecos de la historia de vida los que más amenazan la supervivencia de este taxón. Sus costumbres fosoriales favorecerían su protección en paisajes naturales, sin embargo ante el llenado de la represa de Hidrosogamoso, sería uno de los animales más perjudicados por la

inundación de los paisajes con una alta tasa de mortandad de ejemplares por ahogamiento. La recuperación de sus poblaciones sería casi imposible debido a la baja densidad de individuos y a su esfuerzo reproductivo tan bajo. Esto, combinado con el hecho de que se trate de una especie con poca capacidad de dispersión, impediría además la ocupación de nuevos nichos ante la pérdida de fragmentos boscosos en la zona inundación del VE. Sin embargo, teniendo en cuenta la localidad de registro del taxón en el presente estudio, habría un mejor chance de supervivencia en las ARPR (**ver figura 18**). Los bosques adyacentes a las quebradas La Máquina y Resumidero cuentan con una buena estructura vegetal, lo cual se ve reflejado en la riqueza mastofaunística que se ha mencionado para la zona. Estos bosques hacen parte de un área extensa, que según las imágenes satelitales presenta un alto grado de continuidad con otra área que se mencionó anteriormente y que cuenta con 128.271 Km² que albergan cuerpos de agua, bosques en buen estado y elementos topográficos que pueden favorecer la conservación de la fauna a una escala local. La especialidad dietaria de la especie no sería un impedimento para su supervivencia en estas áreas debido a la abundancia de hormigas y termitas, tal y como se pudo constatar en la fase de campo.

Por otra parte, con un puntaje de vulnerabilidad de 30, el tigrillo (*L. pardalis*) también resulta un caso interesante de la mastofauna registrada. Al igual que el puma, se trata de un depredador en la cima de la cadena trófica local con una menor cantidad de energía disponible por unidad de área en relación a otras especies, lo cual tendría influencia directa en sus bajas densidades poblacionales. Las variables extrínsecas no indican una reducción de su gran areal geográfico ni una amenaza importante para sus poblaciones a lo largo del mismo, sin embargo, la valoración CITES y la presión cinegética histórica dan cuenta de un proceso de extirpación a cuenta del tráfico de su piel y en retaliación a sus ataques a aves de corral. En conjunto, estos factores serían determinantes de un alto riesgo de extinción de la especie en un paisaje altamente fragmentado como el de la zona

de estudio. Su desaparición acarrearía cambios importantes en la comunidad de mamíferos, con un incremento de las poblaciones de sus especies presa, tales como el ñeque (*D. punctata*), el tinajo (*C. paca*), el armadillo rabo de caña (*D. novemcinctus*) y las zarigüeyas (*Metachirus nudicaudatus* y *D. marsupialis*). El registro de este felino se obtuvo en la misma localidad donde se documentó al puma, razón por la cual ambos taxa contarían con opciones de supervivencia similares a largo plazo. En un panorama alentador, el tigrillo tendría aún mayores oportunidades ante la desaparición de los grandes depredadores (*P. onca* y *P. concolor*), convirtiéndose en el carnívoro más importante de la cadena trófica y por lo tanto en un importante conductor de la estructura de la comunidad mastofaunística. La inundación del vaso del embalse sería un factor evidentemente perjudicial para sus poblaciones, sin embargo su alta capacidad de dispersión contribuiría a la explotación de los hábitats circundantes y sobre todo de aquellos que se encuentran dentro de las ARPR y otras áreas clave para la conservación de la riqueza mastofaunística local y que se mencionaron para el caso del puma y el armadillo rabo de trapo (**ver figura 19**). Esta cualidad también sería determinante de su tolerancia a la matriz de cultivos y potreros que rodea los escasos fragmentos boscosos a lo largo de toda la zona de estudio.

Finalmente, con los puntajes de vulnerabilidad más altos, la nutria de río (*L. longicaudis*) y el jaguar (*P. onca*) serían las especies con un mayor riesgo de extinción en la zona de estudio a causa de las actividades antrópicas históricas y del reciente proceso de construcción y funcionamiento del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso. La primera de estas especies resulta de interés por sus características biológicas particulares ligadas a una vida semiacuática. Este factor resulta determinante para el análisis de su vulnerabilidad en un contexto de perturbación del paisaje a nivel local por parte de la construcción de una central hidroeléctrica y de la alteración de los ecosistemas acuíferos predominantes. Al igual que en el caso del armadillo rabo de trapo, las evaluaciones de las comisiones de expertos de la UICN aún no cuentan con argumentos suficientes para determinar el grado

de afectación y reducción del rango geográfico total de la especie y de sus poblaciones a lo largo del mismo. Este desconocimiento se traduce en la exclusión del taxón de las categorías de amenaza de la lista roja bajo el criterio de deficiencia de datos (DD). Sin embargo, a una escala más regional, la evaluación de los mismos criterios evidencia que en Colombia la especie se encuentra amenazada por una rápida disminución poblacional, en un porcentaje equivalente o superior al 30% en los últimos 10 años, en virtud de la reducción en el área de ocupación y la calidad del hábitat (Rodríguez-Mahecha *et al.*, 2006). Como causas de lo anterior se citan la cacería intensiva para el comercio de pieles antes de los años 70, así como la conversión de los ecosistemas a la ganadería y agricultura en combinación con el drenaje de humedales, represamiento y contaminación del agua (Rodríguez-Mahecha *et al.*, 2006; Hunter, 2011). Como medida de conservación se ha determinado que la nutria está sometida a una presión de extinción en el país y por lo tanto se ha incluido en la lista roja de especies amenazadas de la resolución 383 bajo la categoría de vulnerable (VU). Con relación a lo anterior, el CITES también protege al taxón del flagelo del tráfico internacional de fauna, incluyéndolo en el apéndice I de su tratado. En conjunto, todos los factores mencionados anteriormente determinan un alto peso de las variables extrínsecas evaluadas en el presente trabajo para determinar la vulnerabilidad de la nutria de río ante las actividades antrópicas. Sin embargo, tal y como se indicó anteriormente, las particularidades de la historia de vida de la especie también serían determinantes en la síntesis del puntaje final. Al igual que todos los carnívoros especialistas registrados, ésta dispone de una menor cantidad de energía en el entorno por unidad de área en relación a otros mamíferos con un tamaño similar y pertenecientes a otros gremios tróficos. Al ser su dieta casi exclusivamente piscívora, el acceso a este recurso alimenticio podría verse además notablemente afectado por la alteración de los ecosistemas acuíferos y riparios por cuenta del funcionamiento del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso. Se ha reportado que uno de los efectos ambientales más inmediatos de las represas es la obstrucción de las vías migratorias de los peces, mientras

que a largo plazo la vegetación descompuesta bajo el agua generaría residuos de metilmercurio que podrían acumularse en los peces depredadores (Nilsson y Berggren, 2000). A pesar de su capacidad alta de dispersión y de explotar gran cantidad de hábitats en todo su rango geográfico, sus bajas densidades locales y su bajo esfuerzo reproductivo serían los factores que completarían su alto riesgo de extinción ecológica (pérdida de su función en el ecosistema) y su desaparición total de la zona de estudio. Como un indicativo probable de lo anterior sería el hecho de que la especie fuese registrada solamente por medio de sus excretas, sin el avistamiento de individuos en todas las quebradas visitadas. Sin embargo, como se muestra en la **figura 18**, la localidad de registro podría dar cuenta del establecimiento de algunos individuos en cercanías a la desembocadura de las quebradas La Máquina y Resumidero en el Río Chucurí. Si esto es así, este sector podría estar actuando como una zona de alimentación, refugio o cría, ofreciendo a largo plazo alternativas para la supervivencia de la población local ante la inundación del Vaso del Embalse. Los bosques ribereños que rodean los cuerpos de agua en la zona aparentemente se encuentran bien conservados y se continúan con áreas extensas de coberturas vegetales uniformes y en buen estado, que podrían actuar como reservas faunísticas tal y como se mencionó para el caso del armadillo rabo de trapo, el puma y el tigrillo. Teniendo en cuenta la capacidad de dispersión de la nutria, es probable que ante la inundación del vaso del embalse, todo el sistema de quebradas en las ARPR sirva como rutas de escape, al igual que el río Chucurí. Adicionalmente, la especie podría adaptarse al paisaje inundado, usando los hábitats circundantes y estableciendo sitios de alimentación, tal y como se ha demostrado en Brasil (Passamani y Camargo, 1995) y en el caso de *Lutra lutra* en Portugal (Pedroso *et al.*, 2007), lo cual favorecería la persistencia de poblaciones a lo largo de la zona de estudio.

Del listado total de taxa recopilado en el presente estudio, el jaguar (*P. onca*) es quizás el más importante. Se trata de una especie focal cuyo principal valor radica en que sus necesidades de sobrevivencia representan importantes factores para

mantener condiciones ecológicamente sanas (Miller y Rabinowitz en: Medellín, 2002). Este felino es sensible a las presiones de cacería y a los cambios de hábitat que afectan tanto a la selva como a las presas y las fuentes de agua, siendo un buen indicador de ecosistemas intactos y de procesos ecológicos en funcionamiento. Por tal razón, a lo largo de su rango de distribución se ha considerado como una especie bandera, sombrilla, clave e indicadora, significando esto que su conservación puede ser determinante también en la conservación de otras especies (Miller y Rabinowitz en: Medellín, 2002). Teniendo en cuenta lo anterior, en un panorama de perturbación antrópica histórica en la zona de estudio y recientemente potenciada por el Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso, la presencia del jaguar en los remanentes boscosos de las ARPR significaría el buen funcionamiento de los mismos y una oportunidad general para la conservación de la mastofauna local. Sin embargo, resulta importante tener en cuenta que la vulnerabilidad de la especie podría desencadenar, en ausencia de medidas inmediatas, su extinción en esta región del Magdalena Medio. Según los resultados del presente trabajo, este felino alcanza un puntaje total de 33 con base en las variables evaluadas. Las variables extrínsecas (valoración UICN, Res. 383 y CITES) dan cuenta de las amenazas que enfrenta a lo largo de su rango geográfico en especial por la reducción del mismo y de sus densidades poblacionales. La UICN la cataloga como una especie casi amenazada (NT) mientras que bajo los mismos criterios de esta institución, los expertos han determinado que en Colombia la situación es más negativa por lo que el jaguar sería una especie vulnerable (VU). En concreto, los datos indican que las poblaciones del occidente de la cordillera oriental (*P. onca centralis*; subespecie que estaría en la zona de estudio) han tenido una disminución aproximada del 30% como consecuencia del incremento en la transformación de los hábitats naturales y por la escases de presas (Rodríguez-Mahecha *et al.*, 2006). Respecto a esto, la zona de estudio representa un caso típico de amenaza por la intensa actividad ganadera y agrícola histórica y por la transformación de paisaje por la construcción de la represa. Por su parte, la valoración CITES y la presión

cinagética hist3rica tambi3n dan cuenta del valor de la piel del felino y de su estigmatizaci3n como depredador de ganado, razones por las cuales ha sido intensamente perseguido sobre todo en el centro y norte de Colombia (Rodr3guez-Mahecha *et al.*, 2006). Si a esto se le suman las particularidades de su biolog3a, el panorama de supervivencia en la zona de estudio ser3a a3n m3s negativo. Nuevamente el factor m3s influyente de su historia de vida ser3a su alta posici3n en la cadena tr3fica. Trat3ndose de un animal tan grande, la cantidad de energ3a disponible para su consumo se reduce en los ecosistemas locales a mam3feros medianos y grandes como el venado (*M. cf. americana*), el marrano de monte (*P. tajacu*), los perezosos (*C. hoffmanni* y *B. variegatus*), el coat3 (*Nasua nasua*), el chig3iro (*H. isthmius*), el tinajo (*C. paca*), el ñeque (*D. punctata*) y el armadillo rabo de ca3a (*D. novemcinctus*) (Hunter, 2011). Sin embargo, la abundancia de algunas de estas presas en la localidad donde se registr3 el felino podr3a ser un buen indicio de una oferta alimenticia permanente. Siendo entonces un carn3voro depredador especialista, su desaparici3n de la zona de estudio podr3a acarrear cambios importantes en la estructura de los ecosistemas locales y p3rdidas en la diversidad. Estos cambios tendr3an que ver principalmente con un incremento en las densidades de sus especies presa, con repercusiones directas en procesos de herbivor3a y dispersi3n de semillas. Igualmente se producir3a un reemplazo de su funci3n como miembro del tope de la cadena alimenticia debido al fen3meno de liberaci3n de mesodepredadores anteriormente mencionado. Al igual que otras especies de felinos registradas en el presente estudio (*P. concolor* y *L. pardalis*), en relaci3n directa con su dieta y tama3o corporal, el jaguar presenta densidades locales bajas a lo largo de todo su rango de distribuci3n, as3 como un esfuerzo reproductivo bajo, factores que afectar3an la recuperaci3n de sus poblaciones ante un proceso de extinci3n local, bien sea a corto o a largo plazo (Emmons y Feer, 1997). Sin embargo, tratando de asumir un panorama m3s positivo, cabe destacar que el registro de la especie en el presente trabajo se obtuvo en una de las localidades m3s conservadas de las ARPR en cuanto a estructura vegetal. De igual forma, como se mencion3 anteriormente, los fragmentos de bosque que

circundan la quebrada La Putana probablemente albergan una población grande de marranos de monte que constituirían una buena presa para este depredador. En conjunto con esto, dichos bosques se conectan con un elemento destacado de la topografía local (La cuchilla de La Putana) que como lo indican las imágenes satelitales, cuenta aún con una mancha de coberturas vegetales en buen estado que se extiende a lo largo del área de 128.271 Km², que, como se ha citado, podría representar un reservorio de fauna importante (**ver figura 17**). Esta vasta área podría albergar una pequeña población de jaguares teniendo en cuenta que su rango de hogar promedio alcanza los 52,78 Km² y que su capacidad de dispersión es alta.

El presente estudio representa un aporte fundamental para el conocimiento de la mastofauna presente en las tierras bajas del Magdalena medio Santandereano. Aunque se estima que esta región podría alcanzar una riqueza de hasta 149 especies (Alberico *et al.*, 2000; Mantilla-Meluk *et al.*, 2010; Gutierrez *et al.*, 2011; Solari *et al.*, 2013), algunas de ellas han sido escasamente documentadas, mientras que otras tantas aún no se han registrado en el departamento, o bien, no se habían registrado antes del inicio de los muestreos en la zona de estudio asociada al Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso. Mediante el proceso de revisión literaria y de bases de datos de colecciones nacionales e internacionales, se pudo establecer, con respecto a las especies más vulnerables registradas en el presente estudio, que los felinos, considerados especies bandera, sombrilla e indicadoras, han sido relativamente bien documentados a lo largo del territorio Colombiano, especialmente en la región Caribe y al oriente de la cordillera oriental. Como evidencia de lo anterior, para el tigrillo (*L. pardalis*) se confirmaron un total de 96 registros históricos, mientras que para el jaguar (*P. onca*) y el puma (*P. concolor*) se encontraron 45 y 37 respectivamente. Sin embargo, la situación de conocimiento de estas taxa a nivel del departamento de Santander es muy diferente. Además del registro fotográfico de tigrillo obtenido en el presente

estudio, solamente existe evidencia de otros 3 registros con diferentes grados de confiabilidad, que se distribuyen en los municipios de Puerto Wilches, Yarima y el Peñón. El primero de ellos está soportado por evidencia fotográfica obtenida por Borón y Payan-Garrido (2013) en inmediaciones de la ciénaga de paredes, el segundo proviene de la observación de una piel de la especie en la finca de un campesino y el tercero se obtuvo a partir de una noticia en un diario Bumangués. Para el caso del jaguar, solo se tiene evidencia confiable de su presencia en el departamento gracias al trabajo de Borón y Payan-Garrido (2013) en el municipio de Puerto Wilches. Allí, mediante trampas cámara se logró registrar a la especie transitando por cultivos de palma africana en lo que puede ser un claro ejemplo de su adaptación ante un paisaje altamente intervenido. El registro del presente estudio, aunque importante, necesita confirmación. Por su parte, el puma ha sido confiablemente documentado en 4 localidades en Santander. Aparte del registro obtenido en el presente estudio, la especie se ha fotografiado en las faldas de la Serranía de los Yariguíes y en las inmediaciones de la ciénaga de paredes, en los municipios de San Vicente de Chucurí y Puerto Wilches respectivamente, y se ha colectado en el municipio de Sabana de Torres. Todo lo anterior da cuenta de que a pesar de la amplia distribución de estas 3 especies y de su bien documentada presencia en ciertas regiones de Colombia, en Santander se han adelantado pocos trabajos en pro de su conocimiento, por lo cual se desconoce el estado de sus poblaciones y por ende las posibles amenazas que estas podrían estar enfrentando.

En el caso de otras especies vulnerables, pero no tan carismáticas, el panorama de conocimiento general en Colombia es diferente. La nutria de río (*L. longicaudis*) cuenta apenas con un total de 22 registros históricos confiables a lo largo del país, de los cuales 4 corresponden a localidades asociadas a importantes cuerpos de agua del departamento de Santander, tales como la ciénaga de Paredes, en Puerto Wilches, la ciénaga de San Silvestre en Barrancabermeja y la ciénaga la Chiquita en Cimitarra. Pese a la adición de un registro más en el presente estudio,

tal parece que el conocimiento de esta especie en el departamento aún es escaso. Sin embargo, el panorama es más negativo para el armadillo rabo de trapo. Este mamífero, también vulnerable, tal y como se mencionó anteriormente, escasamente se ha registrado en 9 localidades diferentes a lo largo del territorio Colombiano, 3 de ellas en Santander. La adición de un registro más para el departamento en el presente estudio resulta importante para el entendimiento de sus patrones de distribución y de sus hábitats predilectos, teniendo en cuenta que se trata de un taxa poco estudiado en campo (Emmons y Feer, 1997).

A continuación se mencionan otros casos que representan aportes importantes para el conocimiento de la mastofauna de Santander.

Marmosa waterhousei

El registro de esta especie en el presente estudio resulta importante como aporte al conocimiento de la distribución de la misma ya que, como se ha mencionado antes, su representatividad en colecciones es escasa y para el territorio Colombiano solo se conocían dos registros confirmados, uno de ellos en Paime, Cundinamarca, a 1038 m y el otro en Muzo, Boyacá, a 1000 m (Gutiérrez *et al.*, 2011). Pese a que Gutiérrez *et al.* (2011) ilustran una distribución relativamente grande para este pequeño marsupial, su estatus reciente como especie válida podría ser la causa del desconocimiento general de aspectos importantes como su abundancia local, sus amenazas potenciales y por lo tanto su estado de conservación. Lo anterior se evidencia en la ausencia del taxón en la lista roja de especies amenazadas de la UICN o en documentos recientes sobre inventarios faunísticos a lo largo de su rango distribucional. La captura del único ejemplar registrado se realizó en un bosque ribereño en buen estado a lo largo de la quebrada La Máquina-Resumidero, considerada como parte de las ARPR del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso. Por esta razón se considera a la especie como un foco de interés para futuros estudios que puedan contribuir a llenar el vacío de información sobre la misma y sobre todo aportar al conocimiento de su estado de

conservación. Aunque no se incluyen en el presente informe, algunos registros fotográficos obtenidos con cámaras trampa en la misma localidad y en la Palmita podrían pertenecer a esta zarigüeya; sin embargo, debido a la complejidad de la taxonomía del grupo de pequeños didélfidos estos registros solo podrían confirmarse mediante la colecta de especímenes.

Proechimys chrysaеolus

Este ratón espinoso, endémico de Colombia y distribuido desde la costa Caribe del país hasta los valles bajos del Cauca y Magdalena al occidente de la Cordillera Oriental, es una de las especies compartidas entre las dos fases del estudio de la mastofauna de las ARPR y el VE. Durante la ejecución de ambas fases de estudio se pudo constatar que se trata de una especie abundante localmente que puede ser capturada con un esfuerzo de muestreo relativamente bajo en cualquier tipo de trampa, entre Tomahawk, Sherman y de golpe y con cualquier tipo de cebo entre esencias frutales, mantequilla de maní, trozos de banano y una mezcla de atún y sardinas. Pese a que su distribución es restringida, esta especie refleja el patrón general del género *Proechimys*, es decir, hace parte del grupo de mamíferos no voladores más abundante del bosque neotropical de tierras bajas (Patton *et al.*, 2000). Sin embargo, hasta el momento la especie no ha sido estudiada en campo y por lo tanto se desconocen muchos aspectos de su historia natural. Esto se ve en parte reflejado en el hecho de que la evaluación de las comisiones de la UICN haya considerado que no existe información suficiente para determinar el estado de amenaza de la especie y por lo tanto figura como deficiente de datos en la lista roja. Considerando que los ratones espinosos son componentes importantes de la comunidad terrestre del bosque, sirviendo como depredadores de semillas, agentes dispersores, y reservorios de epizootias como leishmaniosis, encefalitis, la enfermedad de Chagas y varios arbovirus (Patton, *In press*), se considera a la especie *P. chrysaеolus* como un foco de interés dentro de la mastofauna registrada en la zona de estudio pues su abundancia y alta tasa de captura son factores que facilitarían la ejecución de trabajos a corto y largo plazo que permitan

conocer la biología de la especie y la historia natural de la misma con énfasis a esclarecer cuestiones taxonómicas, filogenéticas, zoonóticas y de su estado de amenaza.

Tylomys mirae.

Esta especie constituye el único miembro de la familia Cricetidae registrado en el presente estudio y uno de los pocos micromamíferos terrestres capturados a lo largo de todos los puntos de muestreo. La distribución de este roedor se encuentra restringida casi solo al territorio Colombiano, donde está respaldada por un total de 14 registros históricos concentrados principalmente en la región pacífica, la región caribe y el Valle del Magdalena. Se trata de un taxa poco estudiado en campo, aparentemente raro en cualquier localidad, con densidades poblacionales bajas y un rango estrecho de hábitats frecuentados. Sin embargo, en el presente estudio figura como la especie con menor índice de vulnerabilidad, favorecida ante las presiones antrópicas por su rango y poblaciones estables, su tasa reproductiva media y su membresía de un gremio trófico que cuenta con buena disponibilidad de energía en el entorno (Frugívoros-Herbívoros). La importancia de su colecta en el presente estudio radica en que ésta constituye la primera evidencia de la presencia de la especie en el departamento de Santander y suministra material de colección que a futuro podrá ser consultado por cualquier investigador. La presencia de este pequeño roedor en la zona de estudio abre las posibilidades de futuros estudios enfocados en el conocimiento de su historia de vida, su papel en la dinámica de los ecosistemas locales, su taxonomía y sus relaciones filogenéticas. De igual forma, sería importante llevar a cabo muestreos exhaustivos que permitan la obtención de más especímenes voucher, no solo de esta especie, sino de todos aquellos pequeños mamíferos que se registraron en el presente estudio.

4.2 MAMÍFEROS VOLADORES

La riqueza de especies es una medida fundamental de la diversidad de una comunidad y región, y en esta se basan muchos modelos ecológicos y estrategias de conservación (Gotelli y Colwell, 2001). Con referencia a lo anterior, en el presente estudio se capturaron un total de 1.011 individuos y se registró la presencia de 35 especies de murciélagos tanto en las ARPR como en el VE. De manera general, la estructura del ensamblaje no evidenció una dominancia marcada y la distribución de las abundancias por especie se comportó de manera casi uniforme. Pese a que en esta fase de muestreo (fase 2) no se logró documentar la presencia de algunas especies registradas en la fase previa (fase 1), si se adicionaron nuevas taxa que se convierten en registros complementarios importantes. Entre estos se destacan desde murciélagos insectívoros como *Molossus sp.*, *Cormura brevirostris*, *Eumops sp.* y *Lophostoma brasiliense*, pasando por frugívoros como *Chiroderma villosum*, *Dermanura sp.* y *Dermanura anderseni*, nectarívoros como *Lonchophylla thomasi* y *Choeroniscus godmani*, hasta carnívoros casi especialistas como *Trachops cirrhosus*. En conjunto, con ambas fases de muestreo, se completa hasta el momento un listado que alcanza las 50 especies y que representan aproximadamente el 56,2% de las 89 con distribución potencial para la zona de estudio. El porcentaje restante, como se mencionó anteriormente, lo constituyen aquellos taxa difíciles de registrar bien sea por sus características biológicas, etológicas o ecológicas, o por factores extrínsecos como los sesgos metodológicos y las condiciones medioambientales. Por esta razón resulta importante considerar la extensión de los muestreos en el tiempo, cubriendo diferentes períodos climáticos e incluyendo tantos métodos de registro como sea posible, tales como redes de dosel (Tschapka, 1998; Rinehart y Kunz, 2001), búsqueda de refugios (Simmons y Voss, 1998) y grabaciones de llamados ultrasónicos (Estrada-Villegas *et al.*, 2010). Con relación a lo anterior, Kalko (1997) menciona que las especies de la familia Phyllostomidae son

fácilmente capturadas con redes de niebla, mientras que los insectívoros aéreos de las familias Emballonuridae, Molossidae y Vespertilionidae muchas veces son subestimados por sus costumbres de forrajeo a gran altura (generalmente por encima del dosel). Este factor se vio reflejado en el ensamblaje de murciélagos de la zona de estudio con una mayor riqueza de especies concentrada en la familia Phyllostomidae. Sin embargo, a diferencia de la fase 1 de muestreos, la inclusión en la fase 2 de métodos de registro de llamados ultrasónicos, permitió también la detección de especies insectívoras que no fueron documentadas por ningún otro método (redes de niebla o búsqueda de refugios). De igual forma, también como se mencionó con anterioridad, el patrón de riqueza de filostómidos en el presente estudio tiene que ver con la diversidad y abundancia de esta familia en Colombia y en general en el neotrópico (Kalko, 1998; Muñoz, 2001). A un nivel taxonómico más inclusivo, con relación a la fase 1 de muestreos, en el presente estudio se reporta una menor riqueza para la subfamilia Phyllostominae, la cual aparentemente es más sensible a las perturbaciones de hábitat (Fenton, 1992). Esta disminución en el número de especies registradas puede ser consecuencia de la persistencia de actividades antrópicas históricas en la zona de estudio, tales como la agricultura, la ganadería y la extracción de madera, así como por la reciente construcción de Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso. Según Cryan y Barclay (2009), el incremento de las poblaciones humanas y la degradación de hábitats consecuente han estado ligados a la disminución de especies de murciélagos, en especial de aquellas con distribuciones muy restringidas o endémicas de islas. Sin embargo, también existe evidencia de que la mayoría de murciélagos pueden ser tolerantes a la fragmentación y de que los paisajes perturbados compuestos por un mosaico de hábitats diferentes, pueden albergar una gran cantidad de especies (Bernard y Fenton, 2007); en este contexto, algunos taxa podrían incluso beneficiarse de los procesos de transformación paisajística (e.j. especies adaptables, sensu Galindo-González, 2004).

Los resultados del presente estudio evidencian que para las ARPR y franja de protección, la mayor riqueza específica de murciélagos se concentra en los bosques ribereños y circundantes de las quebradas Mata de Cacao y La Máquina-Resumidero. En la primera de estas dos localidades, a pesar de que el cuerpo de agua está rodeado por una estrecha franja de vegetación bien conservada, en los alrededores hay predominio de extensos pastizales históricamente usados para la ganadería, antes de la puesta en marcha del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso. Se puede decir entonces que este remanente boscoso está actuando como una pequeña reserva de quiropterofauna en cercanías a la cota máxima de inundación del VE, en una de las zonas más intervenidas aledañas al proyecto, y por lo tanto, requiere especial interés en futuras propuestas de conservación y mitigación del impacto ambiental de la represa. Por otra parte, las quebradas La Máquina y Resumidero, como se pudo apreciar para el grueso de la mastofauna registrada, también representan un buen reservorio de especies de murciélagos. Allí, los remanentes de vegetación madura, el dosel cerrado y el buen estado de los cuerpos de agua podría constituir uno de los entornos más idóneos para el forrajeo y para la búsqueda de sitio de refugio y crianza. Para otras localidades como las quebradas Aguablanca y Aguamieluda hubo cambios contrastantes en la riqueza de especies con respecto a la fase 1 de muestreos. Concretamente, para la primera hubo una reducción notable en el número de taxa registrados, mientras que para la segunda hubo un aumento. Durante la fase de campo del presente estudio se pudo constatar un incremento en la actividad antrópica en los alrededores de la franja de bosque ribereño que sigue el cauce de la quebrada Aguablanca, por lo tanto, la extracción de madera y la ganadería podrían ser algunas de las causas de esta disminución en el número de especies. Sin embargo no se pueden descartar una simple variación natural de las abundancias (bien sea por la variación temporal de los recursos alimenticios o por cualquier otra causa) o un artefacto del esfuerzo diferencial con respecto a los muestreos de la fase 1. Para el caso de la quebrada Aguamieluda, se descartan cambios en el uso del suelo de una fase a otra de muestreo (la ganadería ha persistido en los

alrededores del cuerpo de agua), por lo que se presume que el aumento en la riqueza de especies puede ser causa de una mayor disponibilidad de recursos (se pudo constatar la abundancia de flores y frutos en los alrededores de los puntos de instalación de redes de niebla).

Para el caso del VE, el Bosque Secundario, como era de esperarse, fue la cobertura vegetal en la que se logró registrar el mayor número de taxa, seguida del Rastrojo Alto. Sin embargo, tal y como se evidenció en los cálculos de efectividad, los muestreos en estas localidades aún no alcanzan valores del todo satisfactorios, precisamente debido a que, por tratarse de coberturas más complejas, podrían albergar aún un número mayor de especies que las registradas. Por su parte, el Rastrojo Bajo-Xerofítico evidenció una riqueza específica comparativamente menor. La localidad donde domina esta cobertura se diferencia de las demás visitadas en las ARPR y el VE por una menor precipitación que condiciona una vegetación dominada por arbustos espinosos, árboles achaparrados, cactus, entre otros. El ensamblaje de murciélagos documentado allí se asemeja al encontrado por Sánchez *et al.*, (2007) en la región del enclave seco del Río Chicamocha, caracterizándose este por una baja riqueza, la dominancia de especies frugívoras generalistas y la presencia de nectarívoros e insectívoros aéreos.

Para el total de la zona de estudio se registró una gran cantidad de murciélagos frugívoros, en su mayoría especies pertenecientes a las subfamilias Stenodermatinae y Carollinae. Estos murciélagos se caracterizan por su plasticidad y adaptabilidad a ambientes que han sido perturbados por actividades antrópicas, incluyendo agrosistemas y espacios abiertos (Brosset *et al.*, 1996). La gran cantidad de individuos de estos grupos capturados en las ARPR y el VE probablemente influyó el comportamiento de los modelos de rango abundancia computados, de manera tal que el ajuste de los mismos a la serie logarítmica fue la principal evidencia de que ambos ensamblajes son propios de ambientes con diversos grados de perturbación. En la parte superior de la curva figura C.

perspicillata como la especie más abundante para ambas subzonas de muestreo. Esta especie, probablemente la más común a lo largo del territorio Colombiano (Muñoz, 2001), utiliza diferentes recursos entre los que incluye plantas pioneras del sotobosque, generalmente del género *Piper*, y frecuenta espacios abiertos y bosques en distintos estados sucesionales. Sus características biológicas hacen que se trate de una especie adaptable (Galindo-González, 2004) que además de contar con un amplio rango de distribución, exhibe densidades poblacionales altas a lo largo del mismo (Arita, 1993). Otros murciélagos frugívoros como *S. liliium*, *A. lituratus*, *A. jamaicensis* y *D. anderseni* también fueron frecuentemente capturados en toda la zona de estudio por lo que figuran también en la parte superior de las curvas de rango abundancia tanto para las ARPR como para el VE. También se trata de especies adaptables, con rangos geográficos extensos y densidades poblacionales considerables, que se asocian tanto a sistemas agroforestales, como a ambientes perturbados, consumiendo una gran cantidad de frutos de plantas típicas de bosques en estados sucesionales tempranos (Arita, 1993; Galindo-González, 2004). Por otra parte, aunque el gremio de los insectívoros aéreos fue el mejor representado en la zona de estudio en cuanto al número de especies registradas, la abundancia de individuos fue comparativamente menor en casi todas las localidades visitadas en las ARPR y el VE. Poco se sabe acerca de los efectos de las alteraciones ambientales sobre este tipo de murciélagos, debido a que generalmente son submuestreados como consecuencia de la falta de implementación de métodos diferentes a las redes de niebla (por ejemplo, la grabación de llamados ultrasónicos) (Coutinho y Bernard, 2012). En este gremio destacan desde especies con amplia distribución, abundantes localmente y adaptables a la fragmentación, tales como *R. naso*, *S. bilineata*, *M. nigricans* y *M. molossus*, hasta especies con amplia distribución y bajas densidades, bien sea vulnerables a la fragmentación, como *C. brevirostris*, o dependientes del buen estado de sus hábitats como *S. leptura* (Arita, 1993; Galindo-González, 2004). Como se mencionó anteriormente, de los murciélagos Filostómidos, la subfamilia Phyllostominae estuvo escasamente representada en el presente estudio en

comparación con la fase 1. Algunos de sus miembros representan el caso típico de especies de ésta subfamilia, la cual aparentemente es muy sensible a las perturbaciones antrópicas. *M. crenulatum*, *T. cirrhosus* y *T. nicefori* fueron taxa documentados por registros únicos tanto en las ARPR como el VE, razón por la cual se ubican en la parte más baja de las curvas de rango abundancia, reflejando su condición de sensibilidad ante la transformación del paisaje. Las dos primeras especies tienen rangos distribucionales amplios y según lo reporta la literatura, exhiben densidades poblacionales altas a lo largo de los mismos. Sin embargo, según Galindo-González (2004) *M. crenulatum* es una especie vulnerable a la fragmentación, mientras que *T. cirrhosus* es totalmente dependiente del buen estado de los bosques, lo cual en relación con su escasas en la zona de estudio, podría ser otro indicativo de que las actividades antrópicas históricas y la reciente construcción del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso han afectado notablemente la estructura de los ensamblajes de quiropterofauna, influyendo en la abundancia de algunas especies. Por su parte, las poblaciones de *T. nicefori* a lo largo de su extenso rango geográfico parecen ser más pequeñas, lo cual estaría en directa relación con su condición de especie dependiente del hábitat. En conjunto, estas 3 especies podrían reflejar el buen estado de los bosques ribereños y circundantes de las quebradas donde fueron registradas. Como se mencionó anteriormente, la quebrada Mata de Cacao, sitio donde se capturó *M.crenulatum*, pese a estar rodeada por una matriz de pastizales, aún mantiene a lo largo de su caudal una mancha de vegetación bien conservada que puede estar funcionando como un buen reservorio de especies de murciélagos en las cercanías a la cota máxima de inundación del VE. Por su parte, la quebrada Aguamieluda, la cual hace parte de las ARPR, también sustenta en sus alrededores fragmentos boscosos en buen estado de conservación, que además de servir como hábitat para una especie dependiente del buen estado de la vegetación (*T. nicefori*), podría actuar como un enclave importante para la conservación de la quiropterofauna en la zona de estudio. Finalmente, en el caso de la localidad de La Palmita, ubicada dentro de la zona de adecuación del VE, el registro de *T. cirrhosus*, una especie también

dependiente del hábitat y especialista en su alimentación (anímalivoro), indica que los bosques secundarios que allí predominan, mantienen una estructura vegetal que suministra integridad ecológica a la quiropterofauna. Sin embargo, resulta lamentable la pérdida inminente de estos ecosistemas por cuenta de la inundación de la represa.

En síntesis, el predominio de especies adaptables, de amplia distribución y densidades altas y en gran proporción frugívoras, indica que la gran mayoría de localidades a lo largo de la zona de estudio han estado influenciadas históricamente por la perturbación antrópica y más recientemente por la construcción y operación del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.

5. CONCLUSIONES

En conjunto, las localidades de las ARPR y aquellas asociadas al VE constituyen actualmente el refugio para 65 especies de mamíferos, siendo los murciélagos el grupo más sobresaliente con el 54% de la riqueza total. Mientras que el 52% de las especies son complementarias entre ambas subzonas de muestreo, las ARPR evidencian una riqueza comparativamente mayor que el VE (21 especies únicas). Quebradas como La Máquina-Resumidero, Santa María, Mata de Cacao y La Putana, además de constituir fuentes hídricas fundamentales en la zona de estudio, albergan franjas boscosas a lo largo de sus caudales que ofrecen refugios y recursos alimenticios a la mastofauna, garantizando la idoneidad de hábitats para los diferentes taxa. En conjunto, estos factores evidencian que ante la inminente inundación del VE, existe la probabilidad de que los individuos de algunas especies (aquellas con mayor capacidad de dispersión) se desplacen hacia dichas áreas de reserva, o en su defecto sean traslocados, de manera tal que a futuro se pueda mitigar un poco el impacto del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso sobre la mastofauna de la zona. Coberturas vegetales como el Bosque Secundario y el Rastrojo Alto serían la pérdida más significativa en cuanto a hábitats disponibles para las especies en la zona de adecuación del VE, ante el proceso de llenado de la represa. La presente fase de estudio aporta un total de 16 especies únicas y hasta el momento, en conjunto con la fase 1, se ha recopilado un listado que asciende a los 90 taxa, con una representatividad del 60% respecto al total de mamíferos con distribución potencial para esta zona del Valle del Magdalena. Los grandes ausentes de los muestreos fueron los roedores de talla pequeña y un pequeño grupo de murciélagos con hábitos de vuelo y forrajeo particulares, que en conjunto, conformarían el restante 40% en lo que se podría considerar la diversidad críptica pendiente de registrar.

Para el caso particular de la mastofauna terrestre hubo predominio de especies de talla media y grande. Las metodologías más eficientes en el muestreo de este

grupo resultaron ser las no invasivas, mientras que las herramientas de captura como trampas Sherman, Tomahawk y de golpe no arrojaron los resultados esperados. Bajos las condiciones de humedad y calor de la zona de estudio y teniendo en cuenta la abundancia de hormigas, los cebos más efectivos fueron el banano y una mezcla de esencia de salpicón y mantecado. Sin embargo, se necesitaría la extensión de los muestreos en tiempo y espacio para mejorar la tasa de captura, así como el uso uniforme de diferentes tipos de trampas, ubicadas en la mayor cantidad de hábitats o coberturas posibles, tanto en el suelo como en ramas, lianas o enredaderas, y cebadas con el mayor espectro posible de atrayentes.

La evidencia recopilada sugiere el predominio de especies terrestres generalistas en su dieta y hábitat, con rangos distribucionales amplios, densidades locales altas y otras características de historia de vida que las hacen poco vulnerables a las presiones antrópicas. Pese a que lo anterior sería la mayor evidencia de procesos históricos y recientes de degradación de los ecosistemas locales, la presencia de taxa carnívoros especialistas, es decir, de depredadores en el tope de la cadena alimenticia, podría también dar cuenta de que aún existen hábitats saludables, idóneos y en los cuales los procesos ecológicos están en funcionamiento, especialmente en las ARPR. Dentro de este grupo limitado de especies se destacan el puma (*P. concolor*) la nutria de río (*L. longicaudis*), el tigrillo (*L. pardalis*) y el jaguar (*P. onca*), los cuales, además de sus características dietarias, reúnen un conjunto de factores intrínsecos y extrínsecos que los hacen más vulnerables que otros mamíferos ante el fenómeno de la fragmentación del paisaje. La tala masiva en los alrededores del VE, el incremento en los niveles de ruido, la contaminación de los cuerpos de agua, los cambios en el uso del suelo para fines agrícolas, la ampliación de los potreros ganaderos, la cacería de subsistencia y de control y el llenado del embalse serían las principales amenazas para la supervivencia de dichas especies, y en general, del conjunto de la mastofauna de la zona de estudio. La supervivencia de poblaciones viables de las

especies con mayor riesgo de extinción local podría depender principalmente del mantenimiento de la integridad de los bosques en las ARPR y del establecimiento de corredores y reservas en terrenos adyacentes que, según las imágenes satelitales, aparentemente reúnen las condiciones óptimas en cuanto a calidad de coberturas vegetales, disponibilidad de cuerpos de agua y topografía para el ofrecimiento de sustento y refugio.

Los resultados obtenidos son un aporte importante para el conocimiento de la fauna del país, y en particular de Santander. Se destacan los registros de las especies anteriormente mencionadas, además de otros taxa vulnerables como el armadillo rabo de trapo (*C. centralis*) y la marteja (*A. griseimembra*). En el grupo de los micromamíferos terrestres, con la captura y la colecta de especímenes de zarigüeya ratón de Waterhouse (*M. waterhousei*) y rata trepadora de Mira (*T. mirae*) se obtuvo la primera evidencia de estas especies para el departamento. Por otra parte, se comprobó que el ratón espinoso (*P. chrysaеolus*), aunque es una especie endémica, presenta densidades locales muy altas que resultan un factor interesante para la ejecución de trabajos a corto y largo plazo. Muy seguramente con la continuidad de los muestreos en campo se podría incrementar el listado de especies recopilado hasta ahora entre las fases 1 y 2, con la probable adición de taxa aún no registrados a nivel regional, escasamente representados en colecciones nacionales o internacionales, poco estudiados e inclusive, desconocidos para la ciencia.

Para el caso particular de los murciélagos, se evidenció que tanto las ARPR como el VE albergan una riqueza específica relativamente alta y comparativamente similar, con predominio y abundancia de taxa adaptables, generalistas, con rangos distribucionales amplios y densidades locales alta que dan cuenta de procesos históricos y recientes de perturbación. Sin embargo, el registro de algunas pocas especies dependientes del buen estado de sus hábitats también indica que aún existen puntos focales para la conservación del grupo en la zona de estudio, siendo las quebradas Mata de Cacao, La Máquina-Resumidero y Santa María

aparentemente las más integrales en cuanto la oferta de espacio, refugio y recursos alimenticios.

6. RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta que el conjunto de localidades de las ARPR y el VE albergan aproximadamente el 60% de las especies de mamíferos con distribución potencial para esta zona del Valle del Magdalena, se recomienda la ejecución de programas de muestreo prolongados e intensivos que permitan el registro de la diversidad críptica que podría representar el 40% restante. En este mismo contexto, se debe prestar atención especial a aquellas especies escasamente documentadas o estudiadas, con el objetivo de realizar un enfoque investigativo permanente que genere información relevante sobre aspectos de su biología, ecología, taxonomía, relaciones filogenéticas y estado de conservación a nivel local. La zarigüeya ratón de Waterhouse (*M. waterhousei*), el ratón espinoso (*P. chrysaеolus*), la rata trepadora de Mira (*T. mira*) y los murciélagos de la subfamilia Phyllostominae (*Trachops cirrhosus*, *Vampyrum spectrum*, etc.) serían los casos de ejecución inmediata más plausibles debido a la relativa facilidad metodológica de su captura, manipulación y estudio en campo. Con relación a lo anterior, sería de vital importancia la asignación de recursos por parte de ISAGEN para promover la ejecución de trabajos de grado y pasantías de investigación en la zona de estudio, especialmente en las ARPR, en torno a dichas especies.

Por otra parte, y no menos importante, teniendo en cuenta la perturbación histórica en la zona de estudio y la posible magnitud del impacto ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso sobre los ecosistemas locales, se deben diseñar estrategias de mitigación encaminadas a evitar la extinción ecológica de aquellas especies más vulnerables a los fenómenos antrópicos, tales como el Jaguar (*P. onca*), el puma (*P. concolor*), la nutria de río (*L. longicaudis*), el tigrillo (*L. pardalis*), y el armadillo rabo de trapo (*C. centralis*). Dichas estrategias deben incluir programas extensivos de estudio en campo que faciliten no solo el registro de las especies y la recopilación de aspectos de su historia natural, su biología, ecología, etc., sino también la identificación de los factores de riesgo más relevantes a

escala local. De esta forma se podrían establecer programas de monitoreo que permitan establecer la relación especie-fenómenos antrópicos y tomar medidas de conservación en cuanto sean necesarias. ISAGEN debe tener parte activa de todo este proceso, suministrando el apoyo logístico y económico para la ejecución de trabajos de grado y pasantías de investigación que contemplen los aspectos mencionados.

Con base en la información recopilada en el presente estudio, se deben tomar medidas urgentes para la preservación de la integridad ecológica de los remanentes boscosos a lo largo de las quebradas pertenecientes a las ARPR. Algunos de estos estarían actuando como refugios importantes de la mastofauna local y podrían constituir zonas estratégicas de recepción de animales para los procesos de rescate y traslocación de fauna durante el llenado de la represa. Es necesaria la implementación de programas de reforestación y de establecimiento de corredores entre las zonas aledañas al vaso del embalse y las ARPR, así como la compra de terrenos en los límites de la zona de estudio, como medida de mitigación ante la pérdida notable de espacio geográfico como consecuencia del incremento en los niveles del agua. Con relación a lo anterior, se deben diseñar y ejecutar estrategias de monitoreo para verificar el comportamiento espacio temporal del conjunto de la mastofauna registrada.

BIBLIOGRAFÍA

- Alberico, M., Cadena, A., Hernández-Camacho, J., & Muñoz-Saba, Y. (2000). Mamíferos (Synapsida: Theria) de Colombia. *Biota Colombiana*, 1 (1): 44-75.
- Aliaga-Rossel, E., Kays, L. W., & Fragoso, J. M. V. (2008). Home-range use by the Central American agouti (*Dasyprocta punctate*) on Barro Colorado Island, Panama. *Journal of Tropical Ecology*, 24: 367-374.
- Amati, P. J., Dickman, C.R., & Hume, I. D. (Eds.). (2006). *Marsupials*. Cambridge University Press. New York, United States of America. 373 pp.
- Aranda, M. (2000). *Huellas y otros rastros de mamíferos grandes y medianos de México*. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, México. 212 pp.
- Arboleda-González, J. A. (2008). *Manual para la evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades*. Medellín, Colombia. 144 pp.
- Arispe, R., Venegas, C., & Ruiz, D. (2008). Abundancia y patrones de actividad del mapache (*Procyon cancrivorus*) en un bosque chiquitano de Bolivia. *Mastozoología Neotropical*, 15 (2): 323-333.
- Arita, H. T., Robinson, J. G. & Redford, K. H. (1990). Rarity in 151eotropical forest mammals and its ecological correlates. *Conservation Biology* 4 (2): 181-192
- Arita, H. T. (1993). Rarity in 151eotropical bats: correlations with phylogeny, diet, and body mass. *Ecological Society of America*, 3 (3): 506-517.
- Beck-King, H., von Helversen, O., & Beck-King, R. (1999). Home range, population density, and food resources of *Agouti paca* (Rodentia: Agoutidae) in Costa Rica: a study using alternative methods. *Biotropica*, 31 (4): 675-685.
- Bernard, E., & Fenton, M. B. (2003). Bat Mobility and Roosts in a Fragmented Landscape in Central Amazonia, Brazil. *Biotropica*, 35 (2): 262–277.

- Berta, A. (1982). *Cerdocyon thous*. Mammalian Species, 186: 1-4.
- Borón, V., & Payán-Garrido, E. (2013). Abundancia de carnívoros en el agropaisaje de las plantaciones de palma del valle medio del Río Magdalena, Colombia. Capítulo 10. Pp: 165-177 en: Castaño-Uribe, C., González-Maya, J. F., Zárrate-Charry, D., & Vela-Vargas, M. (Eds.). Plan de Conservación de Felinos del Caribe Colombiano: los felinos y su papel en la planificación integral basada en especies clave. Fundación Herencia Ambiental Caribe, ProCat Colombia, The Sierra to Sea Institute. Santa Marta, Colombia.
- Brooks, D. M. (1998). Habitat variability as a predictor of rarity in large Chacoan mammals. *Vida Silvestre Neotropical*, 7 (2-3): 115-120.
- Brosset, A., Charles-Dominique, P., Cockle, A., Cosson, J. F., & Mason, D. (1996). Bat communities and deforestation in French Guiana. *Canadian Journal of Zoology*, 74: 1974-1982.
- Cáceres, N. C. & Carmignotto, A. P. (2006). *Caluromys lanatus*. Mammalian Species, 803: 1-6.
- Cardillo, M., Mace, G. M., Gittleman, J. L., Jones, K. E., Bielby, J., & Purvis, A. (2008). The predictability of extinction: biological and external correlates of decline in mammals. *Proceedings of the Royal Society*, 275: 1441-1448.
- Casariago-Madorell, M. A., List, R., & Ceballos, G. (2006). Aspectos básicos sobre la ecología de la nutria de río (*Lontra longicaudis annectens*) para la costa de Oaxaca. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 10: 71-74.
- Catzefflis, F., & De Thoisy, B. (2012). Xenarthrans in French Guiana: a brief overview of their distribution and conservation status. *Edentata*, 13: 29-37
- Chapman, J. A., Hockman, G., & Ojeda, M. M. (1980). *Sylvilagus floridanus*. Mammalian Species, 136: 1-8.

- CITES. (2014). Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Apéndices I, II, III. (<http://www.cites.org/esp/app/appendices.php>)
- Clavel, J. R. Julliard, V., & Devictor. (2011). Worldwide decline of specialist species: toward a global functional homogenization. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9 (4): 222-228.
- Colwell, R.K., & Coddington, J. A. (1994). Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 345: 101-118.
- Colwell, R. K. (2013). EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. User's Guide and application. Published at: <http://purl.oclc.org/estimates>.
- Coutinho-Cunto, G., & Bernard, E. (2012). Neotropical bats as indicators of environmental disturbance: what is the emerging message? *Acta Chiropterologica*, 14 (1): 143–151.
- Crooks, K. R., & Soulé. M. E. (1999). Mesopredator release and avifaunal extinctions in a fragmented system. *Nature*, 400: 563-566.
- Cryan, P. M., & Barclay, R. M. R. (2009). Causes of bat fatalities at wind turbines: hypotheses and predictions. *Journal of Mammalogy*, 90: 1330–1340.
- Cuartas-Calle, C. & Muñoz-Arango, J. (2003). Marsupiales, cenoléstidos e insectívoros de Colombia. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 227 pp.
- Cuartas-Calle, C. A. (2011). Mamíferos del complejo de ciénagas de Cachimbero, Cimitarra, Santander, Colombia. Capítulo 9. Pp: 186-207 en: Cuartas-Calle, C. A. (Ed.). *Ecología de humedales del Magdalena medio: el caso del complejo de Ciénagas de Cachimbero, Caño Negro, La Chiquita y El Encanto en Cimitarra, Santander, Colombia*.

- Davidson, A. D., Hamilton, M. J., Boyer, A. G., Brown, J. H., & Ceballos, G. (2009). Multiple ecological pathways to extinction in mammals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106 (26): 10702-10705.
- Defler, T. R. (2010). *Historia Natural de los Primates Colombianos*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 609 pp.
- Dynesius, M., & Nilsson, N. (1994). Fragmentation and flow regulation of river systems in the northern third of the world. *Science*, 266: 753-762.
- Emmons, L. & Feer, F. (1997). *Neotropical rainforest mammals*. Second Edition. The University of Chicago Press. Chicago, United States of America. 307 pp.
- Etter, A., McAlpine, C., Wilson, K., Phinn, S., & Possingham, H. (2006). Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 114: 369-386
- Estrada-Villegas, S., Meyer, C. F. J., & Kalko, E. K. V. (2010). Effects of tropical forest fragmentation on aerial insectivorous bats in a land-bridge island system. *Biological Conservation*, 143: 597–608.
- Fenton, M. B., Acharya, L., Audet, D., Hickey, M. B. C., Merriman, C., Obrist, M. K., Syme, D. M., & Adkins, B. (1992). Phyllostomid Bats (Chiroptera: Phyllostomidae) as Indicators of Habitat Disruption in the Neotropics. *Biotropica*, 24 (3): 440-446.
- Ford, L. S., & Hoffmann, R. S. (1988). *Potos flavus*. *Mammalian Species*, 321: 1-9.
- Galindo-González, J. (2004). Clasificación de los murciélagos de la región de Los Tuxtlas, Veracruz, respecto a su respuesta a la fragmentación del hábitat. *Acta Zoológica Mexicana*, 20 (2): 239-243.
- Galliez, M., De Sousa-Leite, M., Lopez-Queiroz, T., & Dos Santos-Fernandez, F. A. (2009). Ecology of the 154eotr opossum *Chironectes minimus* in atlantic forest streams of southeastern Brazil. *Journal of Mammalogy*, 90 (1): 93-103.

- Gardner, A. L. (2007). Suborder Vermilingua Illiger, 1811. Pp: 168-177 en: Gardner, A. L., (Ed). Mammals of South America. Volume 1. Marsupials, Xenarthrans, Shrews and Bats. The University of Chicago Press. Chicago. United States of America. 669 pp.
- Gardner, A. L. (ed.) (2007). Mammals of South America. Volume 1. Marsupials, Xenarthrans, Shrews, and Bats. The University of Chicago Press. Chicago, United States of America. 669 pp.
- Gompper, M. E., & Decker, D. M. (1998). *Nasua nasua*. Mammalian Species, 580: 1-9.
- Gotelli, N., & Colwell, R. K. (2001). Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. Ecology Letters, 4: 379-391
- Gutiérrez, E. E., Soriano, P. J., Rossi, R. V., Murillo, J. J., Ochoa-G, J., & Aguilera, M. (2011). Occurrence of *Marmosa waterhousei* in the Venezuelan Andes with comments on its biogeographic significance. Mammalia, 75: 381-386.
- Grupo de estudios en Biodiversidad, 2011. Estudio de la vegetación y fauna terrestre, incluyendo los insectos, presentes en la franja de protección, áreas de reserva protectora y vaso del embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso, Informe final. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia. 425 pp.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontologia Electronica 4: 9 pp
- Hanse, A. J., & Urban, D. L. (1992). Avian response to landscape pattern: the role of specie's life histories. Landscape Ecology, 7 (3): 163-180.

- Hayssen, V. (2008). Reproductive effort in squirrels: ecological, phylogenetic, allometric and latitudinal patterns. *Journal of Mammalogy*, 89 (3): 582-606
- Hayssen, V. (2010). *Bradypus variegatus*. *Mammalian Species*, 42 (850): 19-32.
- Hayssen, V., Miranda, F., & Pasch, B. (2012). *Cyclopes didactylus*. *Mammalian Species*, 44 (895): 51-58.
- Henle, K., Davies, K. F., Kleyer, M., Margules, C., & Settele, J., (2004). Predictors of species sensitivity to fragmentation. *Biodiversity and Conservation*, 13: 207-251.
- Hice, C. L., & Velazco, P. M. (2013). Relative effectiveness of several bait and trap types for assessing terrestrial small mammal communities in 156 neotropical rainforest. *Ocasional Papers of the Museum of Texas Tech University*, 316. 15 pp.
- Hijmans, R. J., Guarino, L., Bussink, C., Mathur, P., Cruz, M., Barrantes, I., & Rojas, E. (2004). DIVA-GIS version 7.4. A geographic information system for the analysis of biodiversity data. Manual. (Disponible en <http://www.diva-gis.org/documentation>).
- Hunter, L. (2011). *Carnivores of the World*. Princeton Field Guides. Princeton University Press. New Jersey, United States of America. 240 pp.
- INGETEC S.A. (2008). Actualización de los diseños para la licitación y el estudio de impacto ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso. Bogotá, Colombia.
- IUCN. (2014). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.2. (<http://www.iucnredlist.org>).
- Jones, K. E., Bielby, J., Cardillo, M., Fritz, S. A., O'Dell, J., Orme, D. L., Safi, K., Sechrest, W., Boakes, E. H., Carbone, C., Conolly, C., Cutts, M. J., Foster, J. K., Grenyer, R., Habib, M., Plaster, C. A., Price, S. A., Rigby, E. A., Rist, J.,

- Teacher, A., Bininda-Emonds, O. R. P., Gittleman, J. L., Mace, G. M., & Purvis, A. (2009). PANTHERIA: a species-level database of life history, ecology, and geography of extant and recently extinct mammals. *Ecology*, 90: 2648.
- Kalko, E. (1997). Diversity in Tropical Bats. Pp. 13-43 In: Ulrich, H. (Ed). Tropical biodiversity and systematics. Proceeding of the International Symposium on Biodiversity and Systematics in Tropical Ecosystems. Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koeng, Bonn.
- Kalko, E. (1998). Organization and diversity of tropical bat communities through space and time. *Zoology*, 101: 281-297.
- Lariviere, S. (1999). *Lontra longicaudis*. *Mammalian Species*, 609: 1-5.
- Loretto, D., Ramalho, E., & Vieira, M. V. (2005). Defense behavior and nest architecture of *Metachirus nudicaudatus* Desmarest, 1817 (Marsupialia, Didelphidae). *Mammalia*, 69 (3-4): 417-419.
- Maffei, L., & Taber, A. B. (2003). Área de acción de *Mazama americana* (Cervidae) en un bosque seco de Bolivia. *Ecología en Bolivia*, 38 (2): 179-180..
- Malianiak, E., & Eisenberg, J. F. (1971). Breeding spiny rats in captivity. *International Zoo Yearbook* , II: 93-98.
- Mantilla-Meluk, H., Jiménez-Ortega, A. M., & Baker, R. J. (2009). Phyllostomid Bats of Colombia: Annotated Checklist, Distribution, and Biogeography. *Special Publications, Museum of Texas Tech University*, 56: 1-44
- Marshall, L. G. (1978). *Chironectes minimus*. *Mammalian Species*, 109: 1-6.
- McBee, K., & Baker, R. J. (1982). *Dasypus novemcinctus*. *Mammalian Species*, 162: 1-9.

- McCartney, M. P., Sullivan, C., & Acreman, M. C. (2001). Ecosystem impacts of large dams. Background paper Nr. 2. Prepared for IUCN/UNEP/WCD.
- Miller, B., & Rabinowitz, A. (2002). ¿Por qué conservar al jaguar? Pp. 305-315 en: Medellín, R. (Ed.). El jaguar en el nuevo milenio. Fondo de Cultura Económica.
- Mones, A., & Ojasti, J. (1986). *Hydrochoerus hydrochaeris*. Mammalian Species, 264: 1-7.
- Muñoz-Arango, J. (2001). Murciélagos de Colombia: sistemática, distribución, descripción, historia natural y ecología. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 391 pp.
- Murray, J. L., & Gardner, G. L. (1997). *Leopardus pardalis*. Mammalian Species, 548: 1-10.
- Nagorsen, D. W., & Peterson, R. L. (1980). Mammal collector's manual. A guide for collecting, documenting, and preparing mammal specimens for scientific research. Life Sciences miscellaneous publications. Royal Ontario Museum. Toronto, Canada. 79 pp.
- Nilsson, C. y Berggren, K. (2000). Alterations of Riparian Ecosystems Caused by River Regulation. BioScience, 50: 783–792.
- Navarro, J. F., & Muñoz, J. (2000). Manual de huellas de algunos mamíferos terrestres de Colombia. Medellín, Colombia. 123 pp.
- Nowak, R. M., & Paradiso, J. L. (1983). Walker's Mammals of the World. The Johns Hopkins University Press. Baltimore, United States of America. 1306 pp.
- Nowak, R. M. (2005). Walker's Carnivores of the World. The Johns Hopkins University Press. Baltimore, United States of America. 313 pp.

- Nowak, R. M. (2005). Walker's Marsupials of the World. The Johns Hopkins University Press. Baltimore, United States of America. 226 pp.
- Ochoa-G, J., & Soriano, P. J. (2001). The effects of logging on nonvolant small mammal communities in 159eotropical rainforest. Chapter 6. Pp: 125-152 en: Fimbel, R., Graja, A., & Robinson, J. (Eds.). The cutting edge: conserving wildlife in logged tropical forest. Columbia University Press. New York, United States of America. 700 pp.
- O'Connell, M. A. (1983). *Marmosa robinsoni*. Mammalian Species, 203: 1-6.
- Ojasti, J., & Dallmeier, F. (Ed.). (2000). Manejo de Fauna Silvestre Neotropical. SI/MAB Series # 5. Smithsonian Institution/MAB Biodiversity Program. Washington D.C., United States of America. 290 pp.
- Olifiers, N., Bianchi, R. de C., de M. Mourau, G., & Gompper, M. E. Construction of arboreal nest by Brown-nosed coatis, *Nasua nasua* (Carnivora: Procyonidae) in the brasilian pantanal. ZOOLOGIA, 26 (3): 571-574.
- Passamani, M., & Camargo, S. L. (1995). Diet of the river otter *Lutra longicaudis* in furnas reservoir, south-eastern Brazil. IUCN Otter Specialist Group Bulletin, 12: 32-34.
- Patton, J. L., Da Silva, M. N., & Malcolm, J. R. (2000). Mammals of the Rio Juruá and the evolutionary and ecological diversification of Amazonia. Bulletin of the American Museum of Natural History, 244: 1-306
- Patton, J. L. (*in press*). Genus *Proechimys* en: Mammals of South America Volume 2.
- Pedroso, N. M., Sales-Luís, T., & Santos-Reis, M. (2007). Use of Aguieira dam by 159eotropi otters in central Portugal. Folia Zoology, 56 (4): 365-377.
- Pearson, R. G., Stanton, J. C., Shoemaker, K. T., Aiello-Lammens, M. E., Ersts, P. J., Horning, N., Fordham, D. A., Raxworthy, C. J., Ryo, H. Y., McNees, J., &

- Akcakaya, H. R. (2014). Like history and spatial traits predict extinction risk due to climate change. *Nature Climate Change*, 4: 217-221.
- Pérez, E. M. (1992). Agouti paca. *Mammalian Species*, 404: 1-7.
- Pessoa, L. M., & dos Reis, S. F. (1993). *Proechimys dimidiatus*. *Mammalian Species*, 441: 1-3.
- Presley, S. J. (2000). *Eira barbara*, *Mammalian Species*, 636, 1-6.
- Purvis, A., Gittleman, J. L., Cowlishaw, G., & Mace, G. M. Predicting extinction risk in declining species. *Proceedings of the Royal Society*, 267 (1456): 1947-1952.
- Quantum GIS Valmiera. Versión 2.2.0. Software libre descargado de la página <http://www.qgis.org/es/site/>
- Redford, K. H. (1992). The empty forest. *BioScience*, 42 (6): 412-422.
- Rinehart, J. B., & Kunz, T. H. (2001). Preparation and Deployment of canopy mist nets made by Avinet. *Bat Research News*, 42 (3): 85-88.
- Robinson, J. G., & Redford, K. H. (1986). Body size, diet, and population density of 160 neotropical forest mammals. *The American Naturalist*, 128 (5): 665-680.
- Rodríguez-Mahecha, J. V., Alberico, M., Trujillo, F., & Jorgenson, J. (Eds.). (2006). Libro rojo de los mamíferos de Colombia. Serie libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Conservación Internacional Colombia y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, Colombia. 433 pp.
- Roemer, G. W., Gompper, M. E., & Valkenburgh, B. V. (2009). The ecological role of the mammalian mesocarnivore. *BioScience*, 59 (2): 165-173.
- Sánchez, F., Alvarez, J., Ariza, C., & Cadena, A. (2007). Bat assemblage structure in two dry forests of Colombia: Composition, species richness, and relative abundance. *Mammalian Biology*, 72 (2): 82–92.

- Sarmiento, C. E. (Ed.). (2010). Fauna de la región de Campo Capote (Puerto Parra, Santander). Serie de guías de campo del Instituto de Ciencias Naturales N° 6. Instituto de Ciencias Naturales de Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C., Colombia. 146pp.
- Scott, D. M., Brown, D., Mahood, S., Denton, D., Silburn, A., & Rakotondraparany, F. (2005). The impacts of forest clearance on lizard, small mammal and bird communities in the arid spiny forest, southern Madagascar. *Biological Conservation*, 127 (1): 72-87
- Seymour, K. L. (1989). *Panther onca*. *Mammalian Species*, 340: 1-9.
- Simmons, N., & Voss, R. (1998). The mammals of Paracou, French Guiana, a Neotropical lowland rainforest fauna. Part 1, Bats. *Bulletin of the American Museum of Natural History* N°. 237.
- Smith, P. (2009). Fauna Paraguay: handbook of the mammals of Paraguay. Vol. 1: Marsupialia: *Metachirus nudicaudatus*. Pp: 61-66. <http://www.faunaparaguay.com/> (Consulta: 2015-02-06).
- Smith, P. (2009). Fauna Paraguay: handbook of the mammals of Paraguay. Vol. 2: *Tamandua tetradactyla*. Pp: 102-108. <http://www.faunaparaguay.com/> (Consulta: 2015-02-06).
- Smith, P. (2009). Fauna Paraguay: handbook of the mammals of Paraguay. Vol. 2: *Dasyopus novemcinctus*. Pp: 44-55. <http://www.faunaparaguay.com/> (Consulta: 2015-02-06).
- Solari, S., Muñoz-Saba, Y., Rodríguez-Mahecha, J. V., Defler, T. R., Ramírez-Chaves, H. E., & Trujillo, F. (2013). Riqueza, endemismo y conservación de los mamíferos en Colombia. *Mastozoología Neotropical*, 20 (2): 301-365.
- Sunquist, M., & Sunquist, F. (2002). *Wild Cats of the World*. The University of Chicago Press. Chicago. United States of America. 452 pp.

- Tirira, D. (2007). Guía de campo de los mamíferos del Ecuador. Ediciones Murciélago Blanco. Publicación especial sobre los mamíferos del Ecuador 6. Quito, Ecuador. 576 pp.
- Tyndale-Bicoe, H. (2005). Life of marsupials. CSIRO PUBLISHING. Collingwood, Australia. 442 pp.
- Vazquez, R. A., & Simonetti, J. A. (1999). Life history traits and sensitivity to landscape change: the case of birds and mammals of 162eotropical162n Chile. *Revista Chilena de Historia Natual*, 72: 517-525.
- Viveiros de Castro, E. B., & Fernandez, F. A. S. (2004). Determinants of differential extinction vulnerabilities of small mammals in Atlantic forest fragments in Brazil. *Biological Conservation*, 119: 73-80.
- Voss, R. S., & Emmons, L.H. (1996). Mammalian diversity in 162eotropical lowland rainforest: a preliminary assessment. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 230. 115 pp.
- Wetzel, R. M., Gardner, A. L., Redford, K. H., & Eisenberg, J. F. (2007). Order Cingulata Illiger, 1811. Pp: 128-157 en: Gardner, A. L., (Ed). *Mammals of South America. Volume 1. Marsupials, Xenarthrans, Shrews and Bats*. The University of Chicago Press. Chicago. United States of America. 669 pp.
- Wijesinghe, M. R. 2010. Efficiency of live trapping protocols to asses small mammal diversity in tropical rainforest of Sri Lanka. *Belgian Journal of Zoology*, 140 (2): 212-215.
- Yensen, E., & Tarifa, T. (2003). *Galictis vittata*. *Mammalian Species*, 727: 1-8
- Zeveloff, S. I. (2002). *Raccoons: a natural history*. Smithsonian Institution Press. Washington, United States of America. 200 pp.

ANEXOS

Anexo A. Listado de especies de mamíferos con distribución potencial en la zona de estudio asociada al Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.

Especie	Rango altitudinal	Estado de amenaza		
		UICN	CITES	Res. 383 2010
DIDELPHIMORPHIA				
Didelphidae				
<i>Caluromys lanatus</i>	0-2000	LC	x	x
<i>Chironectes minimus</i>	0-2000	LC	x	x
<i>Didelphis marsupialis</i>	0-2000	LC	x	x
<i>Marmosa robinsoni</i>	0-2600	LC	x	x
<i>Marmosa waterhousei</i>	?	?	?	?
<i>Marmosa cf. murina</i>	?	LC	x	x
<i>Metachirus nudicaudatus</i>	0-1500	LC	x	x
<i>Monodelphis adusta</i>	0-1700	LC	x	x
PILOSA				
Bradyrodidae				
<i>Bradyrodus variegatus</i>	0-1200	LC	II	x
Megalonychidae				
<i>Choloepus hoffmanni</i>	0-3200	LC	x	x
Myrmecophagidae				
<i>Tamandua mexicana</i>	0-1500	LC	x	x
Cyclopedidae				
<i>Cyclopes didactylus</i>	0-1300	LC	x	x
CINGULATA				
Dasyrodidae				
<i>Dasyrodus novemcinctus</i>	0-3100	LC	x	x
<i>Cabassous centralis</i>	0-1800	DD	x	x
PRIMATES				
Atelidae				
<i>Alouatta seniculus</i>	0-3200	LC	x	x
<i>Ateles hybridus</i>	0-1300	CR	x	CR
<i>Lagothrix lugens</i>	0-3000	CR	x	VU
Aotidae				
<i>Aotus griseimembra</i>	0-1500	VU	x	VU

Especie	Rango altitudinal	Estado de amenaza		
		UICN	CITES	Res. 383 2010
Cebidae				
<i>Cebus albifrons</i>	0-2000	LC	x	LC
CARNIVORA				
Canidae				
<i>Cerdocyon thous</i>	0-3200	LC	x	x
<i>Speothos venaticus</i>	0-1600	NT	II	x
Procyonidae				
<i>Bassaricyon cf. gabbii</i>	0-?	LC	x	x
<i>Potos flavus</i>	0-3000	LC	x	x
<i>Nasua nasua</i>	0-3600	LC	x	x
<i>Procyon cancrivorus</i>	0-1500	LC	x	x
Mephitidae				
<i>Conepatus semistriatus</i>		LC	x	x
Mustelidae				
<i>Eira barbara</i>	0-3200	LC	x	x
<i>Galictis vittata</i>	0-1200	LC	x	x
<i>Lontra longicaudis</i>	0-2800	DD	I	VU
Felidae				
<i>Puma yagouaroundi</i>	0-3200	LC	II	x
<i>Leopardus pardalis</i>	0-2400	LC	I	x
<i>Leopardus wiedii</i>	0-1800	NT	I	x
<i>Panthera onca</i>	0-3200	NT	I	VU
<i>Puma concolor</i>	0-4100	LC	I	x
CETARTIODACTYLA				
Tayassuidae				
<i>Tayassu pecari</i>	0-1800	VU	II	
<i>Pecari tajacu</i>	0-2000	LC	II	x
Cervidae				
<i>Mazama sanctamartae</i>	0-4000	DD	x	x
<i>Odocoileus cariacou</i>			x	x
RODENTIA				
Sciuridae				
<i>Microsciurus santanderensis</i>	?	DD	x	x
<i>Sciurus granatensis</i>	0-3800	LC	x	x
Heteromyidae				
<i>Heteromys anomalus</i>	0-1500	LC	x	x
Muridae				
<i>Mus musculus</i>		x	x	x

Especie	Rango altitudinal	Estado de amenaza		
		UICN	CITES	Res. 383 2010
<i>Rattus norvegicus</i>		x	x	x
<i>Rattus rattus</i>		x	x	x
Cricetidae				
<i>Melanomys caliginosus</i>	0-1800	LC	x	x
<i>Neacomys tenuipes</i>	0-1200	LC	x	x
<i>Nectomys magdalenae</i>	0-500	DD	x	x
<i>Nectomys rattus</i>	200	LC	x	x
<i>Transandinomys talamancae</i>	0-1525	LC	x	x
<i>Sigmodon hirsutus</i>	0-2600	LC	x	x
<i>Tylomys mirae</i>	0-1300	LC	x	x
<i>Zygodontomys brunneus</i>	350-1300	LC	x	x
Erethizontidae				
<i>Coendou prehensilis</i>	0-500	LC	x	x
<i>Coendou quichua</i>	0-3300	DD	x	x
Caviidae				
<i>Hydrochoerus isthmius</i>	0-900	DD	x	x
Dasyproctidae				
<i>Dasyprocta punctata</i>	0-1600	LC	x	x
Cuniculidae				
<i>Cuniculus paca</i>	0-2000	LC	x	x
Echimyidae				
<i>Proechimys chrysaeolus</i>	100-500	DD	x	x
LAGOMORPHA				
Leporidae				
<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	0-3800	LC	x	x
<i>Sylvilagus floridanus</i>	0-2100	LC	x	x
CHIROPTERA				
Emballonuridae				
<i>Centronycteris centralis</i>	0-500	LC	x	x
<i>Cormura brevirostris</i>	0-1400	LC	x	x
<i>Diclidurus albus</i>	0-1000	LC	x	x
<i>Peropteryx kappleri</i>	0-1800	LC	x	x
<i>Peropteryx macrotis</i>	0-1800	LC	x	x
<i>Rhynchonycteris naso</i>	0-500	LC	x	x
<i>Saccopteryx bilineata</i>	0-500	LC	x	x
<i>Saccopteryx leptura</i>	0-1000	LC	x	x
<i>Saccopteryx canescens</i>	0-1550	LC	x	x

Especie	Rango altitudinal	Estado de amenaza		
		UICN	CITES	Res. 383 2010
Noctilionidae				
<i>Noctilio leporinus</i>	0-500	LC	x	x
<i>Noctilio albiventris</i>	200-1600	LC	x	x
Mormoopidae				
<i>Mormoops megalophylla</i>	0-2100	LC	x	x
<i>Pteronotus parnellii</i>	0-2600	LC	x	x
Phyllostomidae				
<i>Lamproncycteris brachyotis</i>	0-700	LC	x	x
<i>Micronycteris hirsuta</i>	20-1100	LC	x	x
<i>Micronycteris megalotis</i>	25-2400	LC	x	x
<i>Micronycteris microtis</i>	15-2100	LC	x	x
<i>Micronycteris minuta</i>	5-1130	LC	x	x
<i>Micronycteris schmidtorum</i>	10-160	LC	x	x
<i>Desmodus rotundus</i>	0-2600	LC	x	x
<i>Diaemus yougi</i>	0-500	LC	x	x
<i>Diphylla ecaudata</i>	0-500	LC	x	x
<i>Lonchorrhina aurita</i>	25-1550	LC	x	x
<i>Macrophyllum macrophyllum</i>	10-1070	LC	x	x
<i>Trachops cirrhosus</i>	10-1120	LC	x	x
<i>Trinycteris nicefori</i>	15-500	LC	x	x
<i>Lophostoma silvicolum</i>	10-850	LC	x	x
<i>Mimon crenulatum</i>	5-830	LC	x	x
<i>Phyllostomus discolor</i>	10-1650	LC	x	x
<i>Phyllostomus hastatus</i>	0-1295	LC	x	x
<i>Tonatia saurophila</i>	10-140	LC	x	x
<i>Chrotopterus auritus</i>	0-850	LC	x	x
<i>Vampyrum spectrum</i>	10-1065	LC	x	x
<i>Anoura geoffroyi</i>	500-3600	LC	x	x
<i>Choeroniscus godmani</i>	0-1032	LC	x	x
<i>Glossophaga commissarisi</i>	0-1550	LC	x	x
<i>Glossophaga longirostris</i>	4-1800	DD	x	x
<i>Glossophaga soricina</i>	0-1800	LC	x	x
<i>Leptonycteris curasoae</i>	0-1000	VU	x	x
<i>Lionycteris spurelli</i>	90-1550	LC	x	x
<i>Lonchophylla concava</i>	0-1000	NT	x	x
<i>Lonchophylla robusta</i>	0-2050	LC	x	x
<i>Lonchophylla thomasi</i>	0-1000	LC	x	x
<i>Carollia brevicauda</i>	500-2000	LC	x	x

Especie	Rango altitudinal	Estado de amenaza		
		UICN	CITES	Res. 383 2010
<i>Carollia castanea</i>	0-1500	LC	x	x
<i>Carollia perspicillata</i>	0-2000	LC	x	x
<i>Trinycteris nicefori</i>	15-150	LC	x	x
<i>Sturnira lilium</i>	0-1900	LC	x	x
<i>Sturnira tildae</i>	0-950	LC	x	x
<i>Chiroderma salvini</i>	0-2000	LC	x	x
<i>Chiroderma trinitatum</i>	0-810	LC	x	x
<i>Chiroderma villosum</i>	100-1500	LC	x	x
<i>Platyrrhinus dorsalis</i>	0-2500	LC	x	x
<i>Platyrrhinus helleri</i>	0-1900	LC	x	x
<i>Platyrrhinus infuscus</i>	0-1300	LC	x	x
<i>Uroderma bilobatum</i>	0-1500	LC	x	x
<i>Uroderma magnirostrum</i>	0-1070	LC	x	x
<i>Vampyressa thyone</i>	0-1900	LC	x	x
<i>Enchisthenes hartii</i>	0-2475	LC	x	x
<i>Mesophylla macconnelli</i>	0-1800	LC	x	x
<i>Artibeus amplus</i>	0-1300	LC	x	x
<i>Artibeus jamaicensis</i>	0-2100	LC	x	x
<i>Artibeus lituratus</i>	0-2600	LC	x	x
<i>Artibeus planirostris</i>	0-1500	LC	x	x
<i>Dermanura cf. bogotensis</i>	1100-2600	LC	x	x
<i>Dermanura anderseni</i>	0-750	LC	x	x
<i>Dermanura glauca</i>	0-2880	LC	x	x
Natalidae				
<i>Natalus tumidirostris</i>	0-1700	LC	x	x
Thyropteridae				
<i>Thyroptera discifera</i>	0-1650	LC	x	x
<i>Thyroptera tricolor</i>	140-2000		x	x
Vespertilionidae				
<i>Eptesicus brasiliensis</i>	0-1200	LC	x	x
<i>Eptesicus chiriquinus</i>	0-2200	LC	x	x
<i>Lasiurus blossevillii</i>	500-2600	LC	x	x
<i>Lasiurus ega</i>	0-1860	LC	x	x
<i>Myotis albescens</i>	0-1850	LC	x	x
<i>Myotis nigricans</i>	0-350	LC	x	x
<i>Myotis oxyotus</i>	1000-2880	LC	x	x
<i>Myotis riparius</i>	0-2500	LC	x	x
<i>Rhogeessa io</i>	0-2600	LC	x	x

Especie	Rango altitudinal	Estado de amenaza		
		UICN	CITES	Res. 383 2010
<i>Rhogeessa minutilla</i>	0-600	LC	x	x
Molossidae				
<i>Eumops auripendulus</i>	35-1800	LC	x	x
<i>Eumops dabbenei</i>		LC	x	x
<i>Eumops glaucinus</i>	0-2800	LC	x	x
<i>Eumops perotis</i>	0-500	LC	x	x
<i>Molossops temmincki</i>	0-770	LC	x	x
<i>Molossus bondae</i>	20-1200	LC	x	x
<i>Molossus molossus</i>	0-2160	LC	x	x
<i>Molossus pretiosus</i>	0-1200	LC	x	x
<i>Tadarida brasiliensis</i>	240-2600	LC	x	x

Anexo B. Listado de especies de mamíferos registradas en las Áreas de Reserva Protectora y el Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso

ORDEN	Área de registro	
Familia	Vaso del embalse	Área de reserva
Especie		
DIDELPHIMORPHIA		
Didelphidae		
<i>Caluromys lanatus</i>	x	x
<i>Didelphis marsupialis</i>	x	x
<i>Chironectes minimus</i>		x
<i>Marmosa cf. robinsoni</i>		x
<i>Marmosa waterhousei</i>		x
<i>Metachirus nudicaudatus</i>		x
PILOSA		
Bradypodidae		
<i>Bradypus variegatus</i>		x
Megalonychidae		
<i>Choloepus hoffmanni</i>		x
Myrmecophagidae		
<i>Tamandua mexicana</i>	x	x
CINGULATA		
Dasypodidae		
<i>Dasypus novemcinctus</i>	x	x
<i>Cabassous centralis</i>		x
PRIMATES		
Atelidae		
<i>Alouatta seniculus</i>	x	x
Cebidae		
<i>Cebus albifrons</i>	x	
Aotidae		
<i>Aotus griseimembra</i>		x
CARNIVORA		
Canidae		
<i>Cerdocyon thous</i>	x	x
Procyonidae		
<i>Procyon cancrivorus</i>	x	x
Mustelidae		
<i>Lontra longicaudis</i>		x

ORDEN	Área de registro	
Familia	Vaso del embalse	Área de reserva
Especie		
<i>Galictis vittata</i>		x
Mephitidae		
<i>Conepatus semistriatus</i>	x	x
Felidae		
<i>Leopardus pardalis</i>	x	
<i>Panthera onca</i>		x
<i>Puma concolor</i>	x	
CETARTIODACTYLA		
Cervidae		
<i>Mazama americana</i>	x	x
Tayassuidae		
<i>Pecari tajacu</i>		x
RODENTIA		
Sciuridae		
<i>Sciurus granatensis</i>	x	x
Cricetidae		
<i>Tylomys mirae</i>		x
Caviidae		
<i>Hydrochoerus isthmius</i>	x	
Dasyproctidae		
<i>Dasyprocta punctata</i>	x	x
Cuniculidae		
<i>Cuniculus paca</i>	x	x
Echymidae		
<i>Proechimys chrysaеolus</i>	x	x
CHIROPTERA		
Emballonuridae		
<i>Saccopteryx bilineata</i>	x	
<i>Saccopteryx leptura</i>	x	
<i>Rynchonycteris naso</i>	x	x
<i>Cormura brevirostris</i>	x	
Phyllostomidae		
<i>Lonchorhina aurita</i>		x
<i>Lophostoma brasiliense</i>		x
<i>Micronycteris schmidtorum</i>	x	x
<i>Mimon crenulatum</i>		x

ORDEN	Área de registro	
Familia	Vaso del embalse	Área de reserva
Especie		
<i>Phyllostomus discolor</i>		x
<i>Phyllostomus hastatus</i>	x	x
<i>Trachops cirrhosus</i>	x	
<i>Trinycteris nicefori</i>		x
<i>Glossophaga soricina</i>	x	x
<i>Choeroniscus godmani</i>	x	
<i>Anoura geoffroyi</i>	x	x
<i>Lonchopylla cf. thomasi</i>	x	x
<i>Lonchophylla concava</i>	x	
<i>Carollia brevicauda</i>	x	x
<i>Carollia castanea</i>	x	x
<i>Carollia perspicillata</i>	x	x
<i>Sturnira lilium</i>	x	x
<i>Artibeus jamaicensis</i>	x	x
<i>Artibeus lituratus</i>	x	x
<i>Dermanura anderseni</i>	x	x
<i>Dermanura sp.</i>	x	x
<i>Chiroderma villosum</i>		x
<i>Platyrrhinus helleri</i>	x	x
<i>Uroderma bilobatum</i>	x	x
<i>Desmodus rotundus</i>		x
Vespertilionidae		
<i>Myotis nigricans</i>	x	x
<i>Rhoggessa io</i>	x	x
Molossidae		
<i>Molossus molossus</i>		x
<i>Molossus sp.</i>	x	
<i>Eumops sp.</i>	x	
<i>Molossops temminckii</i>	x	x
Total de especies	44	53
Especies únicas	12	21
Especies en común	32	

Anexo C. Listado de especies de mamíferos registradas en cada una de las fases de muestreo del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.

Especie	Fase previa	Fase posterior
ORDEN DIDELPHIMORPHIA		
Familia Didelphidae		
<i>Caluromys lanatus</i>	x	x
<i>Didelphis marsupialis</i>	x	x
<i>Chironectes minimus</i>	x	x
<i>Marmosa cf. murina</i>	x	
<i>Marmosa cf. robinsoni</i>		x
<i>Marmosa waterhousei</i>		x
<i>Metachirus nudicaudatus</i>	x	x
ORDEN PILOSA		
Familia Bradypodidae		
<i>Bradypus variegatus</i>	x	x
Familia Megalonychidae		
<i>Choloepus hoffmanni</i>	x	x
Familia Myrmecophagidae		
<i>Tamandua mexicana</i>	x	x
Familia Cyclopedidae		
<i>Cyclopes didactylus</i>	x	
ORDEN CINGULATA		
Familia Dasypodidae		
<i>Dasypus novemcinctus</i>	x	x
<i>Cabassous centralis</i>	x	x
ORDEN PRIMATES		
Familia Atelidae		
<i>Alouatta seniculus</i>	x	x
Familia Cebidae		
<i>Cebus albifrons</i>	x	x
Familia Aotidae		
<i>Aotus griseimembra</i>	x	x
ORDEN CARNIVORA		
Familia Canidae		
<i>Cerdocyon thous</i>	x	x
Familia Procyonidae		
<i>Procyon cancrivorus</i>	x	x

Especie	Fase previa	Fase posterior
<i>Potos flavus</i>	x	
<i>Nasua nasua</i>	x	
Familia Mustelidae		
<i>Lontra longicaudis</i>	x	x
<i>Eira barbara</i>	x	
<i>Galictis vittata</i>		x
Familia Mephitidae		
<i>Conepatus semistriatus</i>	x	x
Familia Felidae		
<i>Leopardus pardalis</i>	x	x
<i>Panthera onca</i>	x	x
<i>Puma concolor</i>		x
ORDEN CETARTIODACTYLA		
Familia Cervidae		
<i>Mazama americana</i>	x	x
Familia Tayassuidae		
<i>Pecari tajacu</i>	x	x
ORDEN RODENTIA		
Familia Sciuridae		
<i>Microsciurus santanderensis</i>	x	
<i>Sciurus granatensis</i>	x	x
Familia Cricetidae		
<i>Tylomys mirae</i>	x	x
Familia Muridae		
<i>Rattus rattus</i>	x	
<i>Mus musculus</i>	x	
Familia Caviidae		
<i>Hydrochoerus isthmius</i>	x	x
Familia Dasyproctidae		
<i>Dasyprocta punctata</i>	x	x
Familia Cuniculidae		
<i>Cuniculus paca</i>	x	x
Familia Echymidae		
<i>Proechimys chrysaеolus</i>	x	x
Familia Erethizontidae		
<i>Coendou prehensilis</i>	x	

Especie	Fase previa	Fase posterior
ORDEN LAGOMORPHA		
Familia Leporidae		
<i>Sylvilagus floridanus</i>	x	
ORDEN CHIROPTERA		
Familia Emballonuridae		
<i>Peropteryx kappleri</i>	x	
<i>Saccopteryx leptura</i>	x	x
<i>Saccopteryx bilineata</i>	x	x
<i>Rynchonycteris naso</i>	x	x
<i>Cormura brevirostris</i>		x
Familia Phyllostomidae		
<i>Lonchorhina aurita</i>	x	x
<i>Lophostoma brasiliense</i>		x
<i>Micronycteris schmidtorum</i>	x	x
<i>Micronycteris megalotis</i>	x	
<i>Micronycteris hirsuta</i>	x	
<i>Micronycteris microtis</i>	x	
<i>Micronycteris minuta</i>	x	
<i>Mimon crenulatum</i>	x	x
<i>Phyllostomus discolor</i>	x	x
<i>Phyllostomus hastatus</i>	x	x
<i>Trachops cirrhosus</i>		x
<i>Trinycteris nicefori</i>		x
<i>Tonatia saurophila</i>	x	
<i>Vampyrum spectrum</i>	x	
<i>Glossophaga soricina</i>	x	x
<i>Choeroniscus godmani</i>		x
<i>Anoura geoffroyi</i>	x	x
<i>Lonchophylla concava</i>	x	x
<i>Lonchophylla cf. thomasi</i>		x
<i>Lonchophylla robusta</i>	x	
<i>Carollia brevicauda</i>		x
<i>Carollia castanea</i>	x	x
<i>Carollia perspicillata</i>	x	x
<i>Sturnira lilium</i>	x	x
<i>Sturnira oporaphilum</i>	x	

Espece	Fase previa	Fase posterior
<i>Artibeus jamaicensis</i>	x	x
<i>Artibeus lituratus</i>	x	x
<i>Dermanura glaucus</i>	x	
<i>Dermanura anderseni</i>		x
<i>Dermanura sp.</i>		x
<i>Chiroderma villosum</i>		x
<i>Chiroderma trinitatum</i>	x	
<i>Platyrrhinus helleri</i>	x	x
<i>Platyrrhinus dorsalis</i>	x	
<i>Uroderma bilobatum</i>	x	x
<i>Vampyressa thyone</i>	x	
<i>Desmodus rotundus</i>	x	x
Familia Vespertilionidae		
<i>Myotis nigricans</i>	x	x
<i>Rhogessa io</i>	x	x
<i>Histiotus montanus</i>	x	
Familia Molossidae		
<i>Molossus molossus</i>	x	x
<i>Molossus bondae</i>	x	
<i>Molossus sp</i>		x
<i>Molossops temminckii</i>	x	x
<i>Eumops sp.</i>		x
Total de especies	74	65
Especies Únicas	25	16
Especies Compartidas	49	

Anexo D. Listado de especies de mamíferos terrestres con relación a los métodos de registro.

Orden	Tipo de Registro						
	Captura			Cámara trampa	Avistamiento	Rastros	Otros
	She	Tom	Vic				
DIDELPHIMORPHIA							
Didelphidae							
<i>Caluromys lanatus</i>				X	X		
<i>Didelphis marsupialis</i>		X		X	X		
<i>Chironectes minimus</i>					X		
<i>Marmosa cf. robinsoni</i>	X						
<i>Marmosa waterhousei</i>	X			X			
<i>Metachirus nudicaudatus</i>		X					
PILOSA							
Bradypodidae							
<i>Bradypus variegatus</i>					X		
Megalonychidae							
<i>Choloepus hoffmanni</i>					X		
Myrmecophagidae							
<i>Tamandua mexicana</i>						X	
CINGULATA							
Dasypodidae							
<i>Cabassous centralis</i>							X
<i>Dasypus novemcinctus</i>				X		X	
PRIMATES							
Atelidae							
<i>Alouatta seniculus</i>							X
Cebidae							
<i>Cebus albifrons</i>				X			
Aotidae							
<i>Aotus griseimembra</i>					X		
CARNIVORA							
Canidae							
<i>Cerdocyon thous</i>				X		X	
Procyonidae							
<i>Procyon cancrivorus</i>						X	

Orden	Tipo de Registro						
	Captura			Cámara trampa	Avistamiento	Rastros	Otros
Familia	She	Tom	Vic				
Especie	She	Tom	Vic	Cámara trampa	Avistamiento	Rastros	Otros
Mustelidae							
<i>Galictis vittata</i>				X			
<i>Lontra longicaudis</i>						X	
Mephitidae							
<i>Conepatus semistriatus</i>				X			
Felidae							
<i>Leopardus pardalis</i>				X			
<i>Panthera onca</i>							X
<i>Puma concolor</i>				X			
CETARTIODACTYLA							
Cervidae							
<i>Mazama cf. americana</i>				X		X	
Tayassuidae							
<i>Pecari tajacu</i>						X	X
RODENTIA							
Sciuridae							
<i>Sciurus granatensis</i>					X		
Cricetidae							
<i>Tylomys mirae</i>	X						
Caviidae							
<i>Hydrochoerus isthmius</i>						X	
Dasyproctidae							
<i>Dasyprocta punctata</i>				X		X	
Cuniculidae							
<i>Cuniculus paca</i>				X		X	
Echymidae							
<i>Proechimys chrysaеolus</i>	X	X	X		X		
Totales	4	3	1	14	8	10	4

Anexo E. Tabla explicativa de las variables utilizadas en el cálculo del índice de vulnerabilidad de la mastofauna terrestre registrada en las Áreas de Reserva Protectora y Vaso del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso.

Variable	Explicación	Criterio de puntuación/Categoría/Puntaje de vulnerabilidad
<p>Esfuerzo Reproductivo Tamaño de la camada + N° de eventos reproductivos por año</p>	<p>Especies con historias de vida lentas (camadas pequeñas, tasas de crecimiento lentas, madurez sexual tardía, gestación larga, periodos largos entre nacimientos) son menos capaces de compensar la mortalidad con un incremento en fecundidad, y por lo tanto son más vulnerables a la extinción poblacional (Purvis <i>et al.</i>, 2000). En el presente trabajo, los valores de esfuerzo reproductivo obtenidos fueron asignados a 3 categorías y puntuados diferencialmente siguiendo el trabajo de Vásquez y Simonetti (1999).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 0 – 5 = Bajo = 3 • 6 – 10 = Medio = 2 • >10 = Alto = 1
<p>Características del nido o madriguera.</p>	<p>Esta variable está relacionada con las características estructurales del sitio seleccionado para la cría y resguardo de las camadas, bien sea que se trate de un nido o madriguera construida o invadida por la especie, o alguna estructura natural existente.</p> <p>El uso de nido o madriguera, sus características y ubicación, pueden estar directamente relacionados con el éxito reproductivo y las tasas de depredación. Así, especies cuyas madrigueras son expuestas o abiertas, o aquellas que no las usan, tienen mayor riesgo de fracasar en la crianza (Hansen y Urban, 1992). En el presente trabajo se siguen las categorías y puntajes diferenciales planteados por Vásquez y Simonetti (1999) en su trabajo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • No nido o madriguera = 3 • Abierta = 3 • Semiabierta = 2 • Cerrada = 1

<p>Ubicación del nido o madriguera.</p>	<p>La ubicación relativa de la madriguera con respecto al suelo determina el alcance de los depredadores y por lo tanto las tasas de depredación y el éxito reproductivo. Una madriguera ubicada a nivel del suelo exhibe mayor riesgo que una ubicada sobre el estrato arbóreo. (Hansen y Urban, 1992). Los intervalos de altura fueron definidos y puntuados siguiendo el trabajo de Vásquez y Simonetti (1999).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <1 m = Bajo = 3 • 1 – 3 m = Medio = 2 • >3 m = Alto = 1
<p>Categoría trófica</p>	<p>Especies en niveles tróficos altos son más vulnerables a los efectos acumulativos de la perturbación que especies en niveles inferiores de la cadena alimenticia (Purvis <i>et al.</i>, 2000). Aquellas especies cuya dieta se restringe a un rango estrecho de tipos de alimento, tienen menos energía disponible que las especies que explotan un rango mayor de ítems alimenticios (Robinson y Redford, 1986). Las categorías tróficas aquí tratadas se basan en este principio. Así, debe haber más disponibilidad de recursos para los pastadores o ramoneadores que para los consumidores terciarios como los carnívoros (Robinson y Redford, 1986).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Carnívoro = 8 • Mirmecófago = 7 • Insectívoro-Omnívoro = 6 • Frugívoro-Omnívoro = 5 • Frugívoro-Granívoro = 4 • Frugívoro-Herbívoro = 3 • Herbívoro-Ramoneador = 2 • Herbívoro-Pasteador 0 1
<p>Tamaño del rango geográfico (Km²)</p>	<p>Las especies que ocupan un rango geográfico pequeño son más vulnerables a la extirpación por eventos catastróficos y por actividades antrópicas, por lo tanto, tienen un mayor riesgo de extinción. (Purvis <i>et al.</i>, 2000; Davidson <i>et al.</i>, 2009). En el presente trabajo, el tamaño del rango se consideró arbitrariamente como grande o pequeño usando como punto de corte el valor medio del tamaño de los rangos de todas las especies. Se consideraron rangos geográficos grandes aquellos con un tamaño igual o mayor a 7.800.000 Km² y</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 12.536 – 7.700.000 = Pequeño = 2 • >7.800.000 = Grande = 1

	como rangos pequeños aquellos con tamaños inferiores a 7.700.000 Km ² .	
Abundancia (individuos/Km²)	Las poblaciones pequeñas son más vulnerables a las causas próximas de la extinción (estocasticidad ambiental, deterioro genético y disfunción social) que las poblaciones grandes. Utilizando como punto de corte el valor medio de todas las densidades poblacionales, se consideraron como localmente abundantes aquellas especies con 48 o más individuos por Km ² , mientras que aquellas con menos de 47 ind/Km ² se consideraron como localmente raras.	<ul style="list-style-type: none"> • 0,02 – 47 = Localmente rara = 2 • >48 = Localmente abundante = 1
Especialización de hábitat Número de hábitats frecuentados por la especie a lo largo de su rango geográfico.	Los mamíferos especialistas de hábitat tienen un mayor riesgo de extinción debido a que el chance de que estos y sus nichos estén representados en el entorno es menor al de los generalistas (Henle <i>et al.</i> , 2004). Con base en la literatura, se evaluó el número de hábitats ocupado por cada especie a lo largo de su rango geográfico (a partir de una lista de 36 tipos). De manera arbitraria, teniendo como punto de corte el número medio de hábitats ocupados por todas las especies, se consideraron generalistas aquellas especies ocupando 7 o más hábitats, mientras que aquellas ocupando entre 1 y 6 tipos, se consideraron especialistas.	<ul style="list-style-type: none"> • 1 – 6 = Especialista = 2 • >7 = Generalista = 1
Amplitud de hábitat en la zona de estudio Número de coberturas vegetales frecuentadas por la especie en la zona de estudio	Esta variable se creó asumiendo que las especies que usan una mayor cantidad de coberturas vegetales en la zona de estudio tienen menor riesgo de experimentar una extinción local. Se consideró que aquellas especies que usan un solo tipo de cobertura, tienen un hábitat estrecho en la zona de estudio, mientras que aquellas que	<ul style="list-style-type: none"> • 1 = Estrecho = 2 • >1 = Amplio = 1

<p>Distancia media de dispersión (Km) Movimiento en un sentido de un individuo hacia un nuevo rango de hogar que no se solapa con el anterior</p>	<p>usan más de uno, tienen un hábitat amplio. Se asumió que las especies con mayor poder de dispersión tienen un menor riesgo de extinción en hábitats altamente fragmentados (como los de las zona de estudio) debido a su capacidad de rescatar o recolonizar parches distantes sometidos a fluctuaciones ambientales negativas (Henle <i>et al.</i>, 2004). Se calculó la distancia media de dispersión mediante la siguiente ecuación derivada por Bowman <i>et al.</i>, (2002) en su trabajo: distancia media de dispersión = 7 (dimensión lineal del rango de hogar). El valor medio de las distancias de dispersión de todas las especies se utilizó como punto de corte. Las distancias de 9.400 Km o más se consideraron largas y aquellas entre 291 Km y 9300 Km se consideraron cortas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 292 – 9300 = Corta = 2 • >9400 = Larga = 1
<p>Valor cinegético histórico</p>	<p>La presión de caza sobre las especies neotropicales puede llevar a la extinción ecológica de las mismas (Redford, 1992). Utilizando como base el trabajo de Ojasti y Dallmeier (2000) se recopiló información sobre frecuencia e intensidad de uso de mamíferos neotropicales en actividades de caza. Para la cacería de subsistencia (por campesinos e indígenas) los autores aportan valores de frecuencia de casos estudiados en los que aparece un determinado taxón. Especies con valores de frecuencia por encima de la media (45 – 100) se consideraron como muy usadas, aquellas con valores por debajo de la media (1 – 44,) como usadas y aquellas con un valor igual a cero, como no usadas. Estas categorías recibieron un puntaje de 2, 1 y 0 respectivamente. Para los demás tipos de</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 0 = No usado = 0 • 1 – 4 = Poco usado = 1 • 5 – 8 = Medianamente usado = 2 • 9 – 12 = Muy usado = 3

	<p>cacería el autor asigna calificativos de usado y muy usado. A estas dos categorías se les asignó un puntaje de 1 y 2 respectivamente. Especies no calificadas por los autores fueron asignadas a la categoría no usado y se les dio una puntuación de 0. Para cada especie se computó un valor final teniendo en cuenta el puntaje para cada tipo de cacería. Se determinó arbitrariamente que especies con un valor entre 1 y 4 son poco usadas, aquellas entre 5 y 8 son medianamente usadas y aquellas entre 9 y 12 son muy usadas. Con base en estas categorías se asignó un puntaje final de vulnerabilidad.</p>	
Valoración UICN	<p>La evaluación del riesgo de extinción por parte de la UICN se basa en criterios cuantitativos que reflejan principalmente el comportamiento del areal de distribución de las especies y del tamaño de sus poblaciones. Así, se definen categorías que reúnen especies con un alto grado de extinción y otras que gradualmente reúnen especies con un riesgo menor. Siguiendo este principio, en el presente trabajo se asignó un puntaje de vulnerabilidad a cada categoría con base en el riesgo de extinción que implica. Datos insuficientes (DD) no se considera una categoría de amenaza, sin embargo, a esta categoría se le asignó un puntaje arbitrario de vulnerabilidad pues se consideró que la ausencia de información para determinar el riesgo de extinción de una especie, puede reflejar la rareza de la misma.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Extinto = 7 • Extinto en estado silvestre = 6 • En peligro crítico = 5 • En peligro = 4 • Vulnerable = 3 • Casi amenazado = 2 • Datos deficientes = 2 • Preocupación menor = 1 • No evaluado = 0
Valoración Resolución 383	<p>La resolución 383 de 2010 constituye una evaluación a nivel regional (fauna Colombiana) de los criterios de la UICN y</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Extinto = 7 • Extinto en estado silvestre = 6 • En peligro crítico = 5

	<p>sintetiza en las mismas categorías el riesgo de extinción de las especies. Por tal razón para esta variable se asignaron los mismos puntajes de vulnerabilidad de la variable anterior (Valoración UICN).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • En peligro = 4 • Vulnerable = 3 • Casi amenazado = 2 • Datos deficientes = 2 • Preocupación menor = 1 • No evaluado = 0
Valoración CITES	<p>El CITES es un convenio creado con el fin de evitar que el comercio internacional de especímenes de animales y plantas silvestres constituya una amenaza para su supervivencia. Consta de 3 apéndices que restringen o regulan dicho comercio. En el presente trabajo se consideró que la inclusión de las especies en uno u otro apéndice refleja su grado de protección frente a la amenaza concreta del tráfico de fauna. Así, las especies en el apéndice I están cobijadas por una restricción absoluta mientras que para aquellas en los apéndices II y III el comercio se restringe bajo ciertas condiciones. Los puntajes de vulnerabilidad se asignaron diferencialmente de acuerdo a este principio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Apéndice I = 3 • Apéndice II = 2 • Apéndice III = 3

Anexo F. Listado de fuentes bibliográficas consultadas por especie para el cálculo del índice de vulnerabilidad.

Especie	Bibliografía consultada
<i>Caluromys lanatus</i>	Nowak, 2005; Cuartas-Calle & Muñoz-Arango, 2003; Cáceres & Carmignotto, 2006; Arita <i>et al.</i> , 1990; Emmons & Feer, 1997; Jones <i>et al.</i> , 2009; UICN, 2014
<i>Didelphis marsupialis</i>	Nowak, 2005; Cuartas-Calle & Muñoz-Arango, 2003; Emmons & Feer, 1997; Jones <i>et al.</i> , 2009; Arita <i>et al.</i> , 1990; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014
<i>Chironectes minimus</i>	Marshall, 1978; Nowak, 2005; Emmons & Feer, 1997; Galliez <i>et al.</i> , 2009; Jones <i>et al.</i> , 2009; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014
<i>Marmosa murina</i>	Amati <i>et al.</i> , 2006; Nowak, 2005; Arita <i>et al.</i> , 1990; Emmons & Feer, 1997; Jones <i>et al.</i> , 2009; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014
<i>Marmosa robinsoni</i>	Amati <i>et al.</i> , 2006; Jones <i>et al.</i> , 2009; O'Connell, 1983; Emmons & Feer, 1997; Arita <i>et al.</i> , 1990; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014
<i>Marmosa waterhousei</i>	Amati <i>et al.</i> , 2006; Nowak, 2005; Gutiérrez <i>et al.</i> , 2011; Jones <i>et al.</i> , 2009; Arita <i>et al.</i> , 1990; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014
<i>Metachirus nudicaudatus</i>	Jones <i>et al.</i> , 2009; Loretto <i>et al.</i> , 2005; Tyndale-Biscoe, 2005); Emmons & Feer, 1997; Smith, 2008; Arita <i>et al.</i> , 1990; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014
<i>Bradypus variegatus</i>	Hayssen, 2009; Arita <i>et al.</i> , 1990; Jones <i>et al.</i> , 2009; Tirira, 2007; Emmons & Feer, 1997; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014
<i>Cyclopes didactylus</i>	Hayssen <i>et al.</i> , 2011; Nowak & Paradiso, 1983; Arita <i>et al.</i> , 1990; Jones <i>et al.</i> , 2009; Emmons & Feer, 1997; CITES, 2014; Res. 383 de 2010
<i>Choloepus hoffmanni</i>	Jones <i>et al.</i> , 2009; Arita <i>et al.</i> , 1990; Emmons & Feer, 1997; Tirira, 2007; Catzefflis & Thoisy, 2012; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014
<i>Tamandua mexicana</i>	Gardner, <i>en</i> Gardner, 2007; Jones <i>et al.</i> , 2009; Arita <i>et al.</i> , 1990; Smith, 2009; Tirira, 2007; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014

<i>Cabassous centralis</i>	Wetzel <i>et al.</i> , en Gardner, 2007; Arita <i>et al.</i> , 1990; Emmons & Feer, 1997; Tirira, 2007; Jones <i>et al.</i> , 2009; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014
<i>Dasypus novemcinctus</i>	Smith, 2009; McBee & Baker, 1982; Arita <i>et al.</i> , 1990; Tirira, 2007; Jones <i>et al.</i> , 2009; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014
<i>Alouatta seniculus</i>	Jones <i>et al.</i> , 2009; Defler, 2010; Arita <i>et al.</i> , 1990; Emmons & Feer, 1997; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014
<i>Cebus albifrons</i>	Jones <i>et al.</i> , 2009; Defler, 2010; Arita <i>et al.</i> , 1990; Emmons & Feer, 1997; Tirira, 2007; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014
<i>Aotus griseimembra</i>	Defler, 2010; Arita <i>et al.</i> , 1990; UICN; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014
<i>Cerdocyon thous</i>	Berta, 1982; Nowak & Paradiso, 1983; Arita <i>et al.</i> , 1990; Jones <i>et al.</i> , 2009; Emmons & Feer, 1997; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014
<i>Procyon cancrivorus</i>	Zeveloff, 2002; Arita <i>et al.</i> , 1990; Jones <i>et al.</i> , 2009; Emmons & Feer, 1997; Tirira, 2007; Arispe <i>et al.</i> , 2008; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014
<i>Potos flavus</i>	Nowak & Paradiso, 1983; Arita <i>et al.</i> , 1990; Jones <i>et al.</i> , 2009; Emmons & Feer, 1997; Ford & Hoffmann, 1988; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014
<i>Nasua nasua</i>	Olifiers <i>et al.</i> , 2009; Arita <i>et al.</i> , 1990; Jones <i>et al.</i> , 2009; Emmons & Feer, 1997; Gompper & Decker, 1998; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014
<i>Galictis vittata</i>	Nowak & Paradiso, 1983; Arita <i>et al.</i> , 1990; Jones <i>et al.</i> , 2009; Yensen & Tarifa, 2003; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014
<i>Eira barbara</i>	Presley, 2000; Nowak, 2005; Arita <i>et al.</i> , 1990; Jones <i>et al.</i> , 2009; Emmons & Feer, 1997; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014
<i>Lontra longicaudis</i>	Lariviere, 1999; Jones <i>et al.</i> , 2009; Emmons & Feer, 1997; Tirira, 2007; Arita <i>et al.</i> , 1990; Casariego-Madorel <i>et al.</i> , 2007; Wilson, 2012; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014
<i>Conepatus semistriatus</i>	Jones <i>et al.</i> , 2009; Emmons & Feer, 1997; Tirira, 2007; Nowak, 2005; Arita <i>et al.</i> , 1990; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014

<i>Leopardus pardalis</i>	Sunquist & Sunquist, 2002; Murray y Gardner, 1997; Jones <i>et al.</i> , 2009; Emmons & Feer, 1997; Arita <i>et al.</i> , 1990; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014
<i>Panthera onca</i>	Sunquist & Sunquist, 2002; Jones <i>et al.</i> , 2009; Arita <i>et al.</i> , 1990; Seymour, 1989; Emmons & Feer, 1997; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014
<i>Puma concolor</i>	Sunquist & Sunquist, 2002; Jones <i>et al.</i> , 2009; Arita <i>et al.</i> , 1990; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014
<i>Mazama cf. americana</i>	Jones <i>et al.</i> , 2009; Arita <i>et al.</i> , 1990; Emmons & Feer, 1997; Tirira, 2007; Maffei & Taber, 2003; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014
<i>Pecari tajacu</i>	Jones <i>et al.</i> , 2009; Arita <i>et al.</i> , 1990; Nowak & Paradiso, 1983; Emmons & Feer, 1997; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014
<i>Sciurus granatensis</i>	Jones <i>et al.</i> , 2009; Arita <i>et al.</i> , 1990; Emmons & Feer, 1997; Tirira, 2007; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014
<i>Microsciurus santanderensis</i>	Hayssen, 2008; Jones <i>et al.</i> , 2009; Arita <i>et al.</i> , 1990; Emmons & Feer, 1997; Tirira, 2007; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014
<i>Tylomys mirae</i>	Jones <i>et al.</i> , 2009; Tirira, 2007; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014
<i>Hydrochoerus isthmius</i>	Mones & Ojasti, 1986; Jones <i>et al.</i> , 2009; Arita <i>et al.</i> , 1990; Emmons & Feer, 1997; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014
<i>Dasyprocta punctata</i>	Jones <i>et al.</i> , 2009; Arita <i>et al.</i> , 1990; Emmons & Feer, 1997; Aliaga-Rosel <i>et al.</i> , 2008; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014
<i>Cuniculus paca</i>	Pérez, 1992; Jones <i>et al.</i> , 2009; Arita <i>et al.</i> , 1990; Emmons & Feer, 1997; Beck-King <i>et al.</i> , 2006; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014
<i>Proechimys chrysaеolus</i>	Pessoa & Reis, 1993; Jones <i>et al.</i> , 2009; Arita <i>et al.</i> , 1990; Emmons & Feer, 1997; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014
<i>Coendou prehensilis</i>	Jones <i>et al.</i> , 2009; Arita <i>et al.</i> , 1990; Emmons & Feer, 1997; CITES, 2014; Res. 383 de 2010; UICN, 2014

Sylvilagus floridanus

Chapman *et al.*, 1980; Nowak & Paradiso, 1983; Jones *et al.*, 2009; Arita *et al.*, 1990; CITES, 2014;
Res. 383 de 2010; UICN, 2014