

CONSERVACIÓN

El papel de las pequeñas reservas en la conservación de mamíferos en Colombia

The role of small reserves on mammal conservation in Colombia

Hugo Fernando López-Arévalo ^{1,2*}, Luisa Fernanda Liévano-Latorre ^{1,3,4}, Olga Lucía Montenegro Díaz ^{1,2}

- Recibido: 07/Abr/2020
- Aceptado: 23/Mar/2021
- Publicación en línea: 08/Abr/2021

Citación: López-Arévalo HF, Liévano-Latorre LF, Montenegro OL. 2021. El papel de las pequeñas reservas en la conservación de mamíferos en Colombia. *Caldasia* 43(1):354-365. doi: <https://doi.org/10.15446/caldasia.v43n1.85466>

ABSTRACT

The role of private reserves is often underestimated due to their small size and discontinuous distribution. To examine the relevance of small reserves in mammal conservation, with this paper we addressed three objectives: 1) to identify patterns of size, altitude, and distribution of the Colombian private reserves belonging to the Protected Areas National System (SINAP), 2) to examine, as a case study, mammal richness and geographical patterns in twelve reserves, and 3) to identify the contribution of small reserves to Colombian mammal's conservation. To address the first objective, we analyzed size, altitude, and distribution of the SINAP reserves sorted by biogeographic provinces. For the other two objectives, we evaluated the relationship between mammal richness and area, altitude, and connectivity of the twelve small reserves. We found that most of the SINAP reserves are less than 100 ha in size, that they were distributed between 1500 and 2500 m, and that they were in the North Andean province. Together, the twelve reserves harbor 224 species of eleven mammalian orders, with a mean richness of 42.7 species (19 bats, and 23.7 non-volant mammals). We found a positive relationship between both total mammal richness and non-volant mammal richness with reserve area and between non-volant mammal richness and altitude. We also identify those small reserves conserve mainly small-sized species although they might serve as a refuge for medium and large species as well. We highlight those small reserves play a significant role in Colombian mammal's conservation.

Keywords. Fragmentation, island biogeography, mammal diversity, protected areas, species-area relationship.

¹ Grupo en Conservación y Manejo de Vida Silvestre, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C. E-mail: hflopeza@unal.edu.co

² Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia. E-mail: olmontenegrod@unal.edu.co

³ Laboratorio de Biogeografía da Conservacao, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brazil.

⁴ Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brazil E-mail: luisafer.lievano@gmail.com

* Autor de correspondencia



RESUMEN

El papel de las reservas privadas generalmente se subvalora debido a su pequeño tamaño y su distribución discontinua. Para examinar su relevancia en la conservación de los mamíferos, con este trabajo abordamos tres objetivos: 1) identificar el patrón de tamaño, altitud y distribución de las reservas privadas colombianas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas - SINAP, 2) examinar, como estudio de caso, la riqueza de mamíferos y patrones geográficos de doce reservas, y 3) identificar la contribución de las pequeñas reservas a la conservación de mamíferos colombianos. Para el primer objetivo, analizamos el tamaño, altitud y distribución de las reservas privadas del SINAP discriminadas por provincias biogeográficas. Para los subsiguientes objetivos, evaluamos la relación entre la riqueza de mamíferos, con área, altitud y conectividad en las doce reservas. Encontramos que la mayoría de las reservas privadas tienen áreas menores a 100 ha, están entre los 1500 y 2500 m y se ubican en la provincia Norandina. En el conjunto de las doce reservas examinadas, encontramos una riqueza de 224 especies de once órdenes de mamíferos, con un promedio de 42,7 especies (19 murciélagos y 23,7 mamíferos no voladores). Encontramos una relación positiva entre el área y la riqueza total de mamíferos y de mamíferos no voladores, y entre la altitud y la riqueza de mamíferos no voladores. Además, identificamos que las reservas conservan principalmente mamíferos pequeños, aunque pueden ser refugio para especies medianas y grandes. Resaltamos que estas reservas contribuyen significativamente a la conservación de los mamíferos en Colombia.

Palabras clave. Áreas protegidas, biogeografía de islas, diversidad de mamíferos, fragmentación, relación especie-área.

INTRODUCCIÓN

Las principales causas de reducción en la diversidad de mamíferos son la pérdida o deterioro del hábitat y la sobreexplotación (Alberico y Rojas-Díaz 2002, Morales-Jiménez *et al.* 2004). Frente a la pérdida de hábitats, una de las estrategias de conservación más común es la creación de áreas protegidas (APs) (Dudley *et al.* 2010) dentro de las cuales se da bastante importancia a aquellas de gran tamaño por su capacidad de mantener poblaciones viables de muchas especies. Sin embargo, se ha dado mucha menos relevancia a reservas pequeñas, las cuales en general son menores a 100 ha (Volenc y Dobson 2020). La efectividad de las áreas protegidas se ha discutido desde varios enfoques, siendo uno de ellos la teoría de biogeografía de islas que predice una relación negativa entre el área y la riqueza de especies (Harris 1984, Laurance 2008, Donaldson *et al.* 2017). En la conservación de mamíferos se ha examinado este enfoque (Redford y Robinson 1991), sin mayor consenso, debido al argumento de poca evidencia empírica (Boecklen 1991, Patterson 1991). Sin embargo, el efecto del área de las reservas y la densidad humana

alrededor de las mismas, ha sido utilizado para explicar la extinción local de grandes mamíferos en áreas protegidas de los Estados Unidos (Parks y Harcourt 2002). Así mismo, la densidad de otros mamíferos tropicales, como los leopardos africanos en reservas grandes, se ha relacionado positivamente con la distancia al límite de la reserva, debido a la disminución de la perturbación humana (Havmøller *et al.* 2019). También en África, el área de reservas forestales de Uganda ha mostrado una relación positiva con la conservación de mamíferos medianos (Mugume *et al.* 2015).

En Colombia, se ha dado poca atención a este tipo de relaciones. Igual que en otros países, la deforestación, ha sido un motor de cambio desde hace muchos años, pero se ha acelerado en las últimas décadas (Etter *et al.* 2008, Armenteras *et al.* 2013, Etter *et al.* 2017). Además, un conflicto armado interno de más de 50 años ha causado impactos como deforestación y contaminación (Negret *et al.* 2019, Liévano-Latorre *et al.* 2021). En el año 2015, el gobierno colombiano firmó un acuerdo de paz con el principal grupo armado: la guerrilla FARC-EP (Fuerzas

Armadas Revolucionarias de Colombia) (Colombian National Government y FARC-EP [c2016](#)). Lamentablemente, después de la firma de este acuerdo se ha incrementado la tasa de deforestación en las regiones previamente ocupadas por las FARC-EP (Prem *et al.* [2020](#)).

Por otra parte, en Colombia, existe un sistema nacional de áreas protegidas que comprende actualmente 59 áreas naturales que representan el 11,27 % del territorio continental y 1,5 % del marino (SINAP [c2020](#)), esto sin sumar las reservas de carácter regional. Adicionalmente, la sociedad civil también contribuye a esta estrategia mediante la creación de reservas privadas (RP) (Sanclemente *et al.* [2014](#)) que globalmente estarían en la categoría VI de la UICN. Estas iniciativas, fueron reconocidas como figura formal de conservación privada en Colombia en la Ley 99 de 1993 (Laverde *et al.* [2018](#)). Sin embargo, no se ha evaluado el papel de estas reservas para la conservación de los mamíferos colombianos en particular. En este artículo buscamos responder las siguientes preguntas: (1) ¿cuál es el patrón en el tamaño de reservas que hacen parte del SINAP y las regiones naturales más representadas? (2) ¿cuál es la riqueza de mamíferos en una muestra de doce reservas en Colombia, y cuál es su relación con el tamaño, altitud y aislamiento de la reserva, y (3) ¿Cuál es la contribución de estas reservas a la conservación de mamíferos colombianos? Esperamos encontrar una mayor riqueza de mamíferos en las reservas de mayor tamaño y que están localizadas en altitudes menores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron las RNSC registradas en el SINAP hasta 2018 con el fin de analizar su distribución entre las provincias biogeográficas de Colombia (Hernández-Camacho *et al.* [1992](#)) y describir sus categorías de tamaño. Se georreferenció cada reserva y se hizo una intersección con el mapa de unidades biogeográficas de Colombia (IAvH y Ecopetrol [c2016](#)). Adicionalmente se calculó el área y la altitud del centroide del polígono de cada reserva de acuerdo al mapa del SINAP (SINAP [c2020](#)).

Estudio de caso: Riqueza de mamíferos en reservas seleccionadas

Se seleccionaron doce estudios realizados entre 1990 y 2015 por estudiantes y docentes del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia (sede Bogotá) o egresados de la institución, como resultado de

salidas de docencia, proyectos de investigación y extensión. Estos estudios presentan un buen esfuerzo de muestreo que permite caracterizar las comunidades de mamíferos voladores y no voladores en esas reservas, las cuales además se distribuyen en diferentes regiones de Colombia (Tabla 1). Algunos individuos fueron recolectados para realizar la identificación de especies, las recolecciones se realizaron siguiendo los lineamientos de la *American Society of Mammalogists* (ASM) (Sikes y Gannon [2011](#)) y estuvieron amparadas por el permiso marco de recolección de especies silvestres con fines de investigación (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, ANLA, resolución No. 0255 del 14 de marzo de 2014, artículo 3). Estos estudios utilizaron diferentes métodos para el registro de mamíferos: (1) Trampas Sherman®, para la captura de pequeños mamíferos no voladores (menores a 150 g) (Sánchez *et al.* [2004](#)), trampas Tomahawk, para la captura de medianos mamíferos, y redes de niebla para la captura de murciélagos; (2) observaciones directas de mamíferos no voladores; (3) cámaras-trampa para el registro de mamíferos no voladores medianos y grandes; (4) búsqueda de rastros como huellas, pelos, escarbaderos y heces; y (5) entrevistas a pobladores locales.

Análisis de datos

Comparamos la riqueza de especies reportada en cada uno de los doce estudios con la riqueza esperada para cada localidad. Esto se hizo de forma separada para murciélagos y mamíferos no voladores, dadas sus diferencias en capacidad de dispersión. Comparamos la riqueza total de mamíferos de cada reserva con la propuesta por Alberico y Rojas ([2002](#)) para cuadrantes de 1° x 1° (aproximadamente 12 100 km²) en Colombia y para murciélagos filóstomidos con la propuesta de Mantilla-Meluk *et al.* ([2009](#)) a partir de la superposición de modelos de distribución potencial de 118 especies de filostómidos registrados para el país, para lo cual seleccionamos el menor valor del intervalo propuesto del cuadrante que coincide con el centroide de la reserva. Para evaluar la relación con la riqueza se obtuvo el área, altitud media y conectividad de cada reserva. Consideramos que una reserva está conectada cuando colinda con un área con vegetación nativa con igual o mayor tamaño que ella. Con esto, realizamos regresiones simples entre la riqueza de mamíferos, área de la reserva y altitud. Usamos un test de Wilcoxon, para describir la relación entre riqueza de mamíferos y conectividad. Realizamos los análisis con el software R (R Core Team [c2019](#)).

Tabla 1. Características de las reservas seleccionadas para evaluar los patrones de riqueza de mamíferos.

Nombre	Área (Ha)	Conectividad	Altitud			Coordenadas		Riqueza de mamíferos			Fuente
			Media	Mín.	Máx.	Latitud	Longitud	Total	MV	MNV	
Alto de San Miguel	814	C	2540	2030	3050	6,03102	-75,59122	54	17	37	10
Central Hidroeléctrica Cartagena	2	A	0	0	0	10,356556	-75,50886	10	4	6	6
Hacienda San Pedro	300	A	950	800	1100	6,456323	-74,79106	40	17	23	12
Reserva La Esperanza	1600	C	142	142	142	5,7000707	-71,23332	23	7	16	Sánchez-Londoño no publ.
Reserva La Palmita	240	A	350	350	350	5,43182	-71,60644	65	41	24	Rodríguez-Posada no publ.
Reserva Bosque de Yotoco	529	A	1400	1200	1600	3,83333	-76,33333	55	30	25	7, 11
Reserva Natural de Carpanta*	1200	C	2840	2340	3340	4,56667	-73,68333	28	7	21	5
Reserva Natural Playa Güío	138	C	184	168	200	2,57295	-72,71393	71	41	30	4
Reserva Natural Río Nambí	1400	C	1500	1100	1900	1,28653	-78,07411	47	26	21	8
Reservas Passiflora y Saltagatos	56	C	2800	2600	3000	4,91667	-74,10000	18	2	16	3
Reserva Sanguaré	598	C	20	0	40	9,7053725	-75,68257	44	24	20	1
Río Blanco y Quebrada Olivares	4932	C	2925	2150	3700	5,08411	-75,40516	58	13	45	2, 9,13

Fuentes:

- Díaz-Pulido *et al.* 2014. Mamíferos del Bosque Seco, una mirada al Caribe colombiano. En: Pizano C, García H, editores. El Bosque Seco Tropical en Colombia. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).
- Gómez-Valencia B. 2004. Estructura de la comunidad de pequeños mamíferos en un gradiente altitudinal, Reserva Río Blanco, Manizales-Caldas. [Tesis]. [Bogotá]: Universidad Nacional de Colombia.
- Liévano-Latorre LF, López-Arévalo HF. 2015. Comunidad de mamíferos no voladores en un área periurbana andina, Cundinamarca, Colombia. *Acta Biol Colomb.* 20(2):193–202. doi:10.15446/abc.v20n2.43477.
- López-Arévalo HF, Carrillo-Villamizar JZ, Díaz-Rodríguez JV, Delgadillo-Ordóñez NC. 2019. Guía de mamíferos de San José del Guaviare. Serie Guía. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- López-Arévalo HF, Montenegro-Díaz OL. 1992. Mamíferos no voladores de Carpanta. En: Andrade GI, editor. Carpanta Selva nublada y páramo. Bogotá: Fundación Natura. p. 169–183.
- Montenegro O, López-Arévalo HF. 2012. Componente de mamíferos. Proyecto de biodiversidad segunda fase – Central Cartagena. Bogotá.
- Moreno-Mosquera EA. 2011. Papel de los murciélagos frugívoros como dispersores de semillas en la Reserva Forestal Natural de Yotoco, municipio de Yotoco, Colombia. [Tesis]. [Bogotá]: Universidad Nacional de Colombia.
- Pinto I. 2010. Análisis del papel de las reservas de la sociedad civil en la conservación de los mamíferos locales en el municipio de Barbaocoas, Nariño. [Tesis]. [Bogotá]: Universidad Nacional de Colombia.
- Rodríguez-Posada ME. 2010. Murciélagos de un bosque en los Andes centrales de Colombia con notas sobre su taxonomía y distribución. *Caldasia.* 32(1):205–220.
- Sánchez-Londoño JD, Tuberquia DJ, Parra JL. 2019. Estudios en biodiversidad del Alto de San Miguel. Medellín: Editorial CES.
- Sánchez-Londoño JD, Villamizar A, Arroyave A, Sánchez A, Betancourt L, Carvajal-Zapata A, Ángel A, Celis R. 2020. Mamíferos silvestres de la Reserva Natural Hacienda San Pedro, municipio de Maceo, Antioquia, Colombia. *Mammal. Notes* 6(1): mn01. doi: <https://doi.org/10.47603/manovol6n1.mn0116>
- Velásquez-Carrillo KL. 2013. Inventario de mamíferos voladores y no voladores de la Reserva Forestal Bosque de Yotoco, Valle del Cauca. [Tesis]. [Bogotá]: Universidad Nacional de Colombia.
- Sánchez F., Sánchez-Palomino P., Cadena A. (2004). Inventario de mamíferos en un bosque de los andes centrales de Colombia. *Caldasia,* 26(1), 291-309.

RESULTADOS

En total, existen 658 RNSC registradas en el SINAP hasta 2018 (SINAP c2020) distribuidas en toda Colombia (Fig. 1). Las reservas tienen áreas que varían desde menores de 1 ha hasta 9987,63 ha. El área promedio de las reservas es de 177,36 ha \pm 658,116 ha, con 516 reservas

(78,4 %) de extensión menor a 100 ha (Fig. 2). El 80,8 % de las reservas se ubican en la provincia biogeográfica Norandina, mientras que la provincia de la Guayana es la menos representada (0,03 % de las reservas) (Fig. 3). En cuanto a la distribución altitudinal de las reservas, el 43,9 % de estas se concentran en altitudes entre los 1500 y 2500 m (Fig. 4).

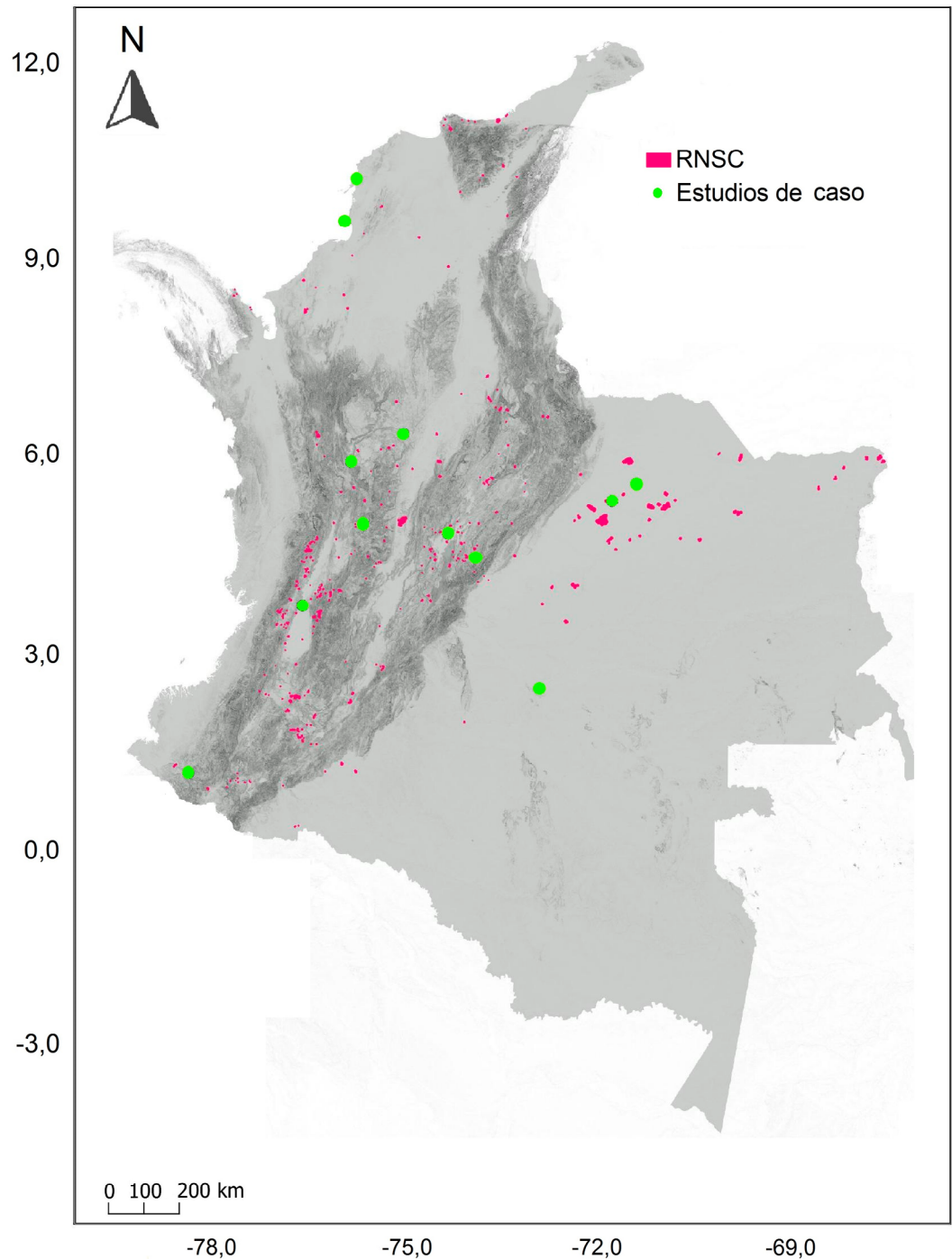


Figura 1. Distribución geográfica de las Reservas Naturales de la Sociedad Civil (RNSC) de Colombia registradas hasta 2018 (Fuente: SINAP c2020) y de las reservas usadas en el estudio de caso.

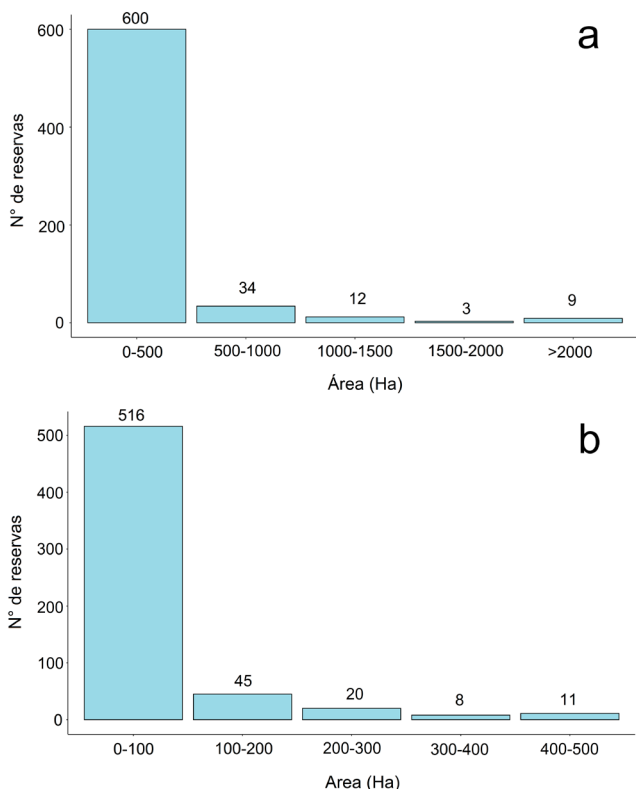


Figura 2. Distribución por área de las 658 RNSC. **a.** Todas las reservas, **b.** Reservas con área menor a 500 Ha.

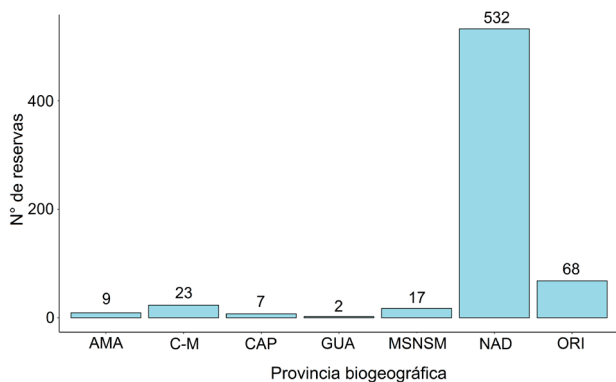


Figura 3. Distribución de las RNSC por provincia biogeográfica en Colombia. AMA= Amazonía, C-M= Chocó-Magdalena, CAP= Cinturón árido precaribeño, GUA= Guayana, MSNSM= Macizo de la Sierra Nevada de Santa Marta, NAD= norandina, ORI= Orinoquía.

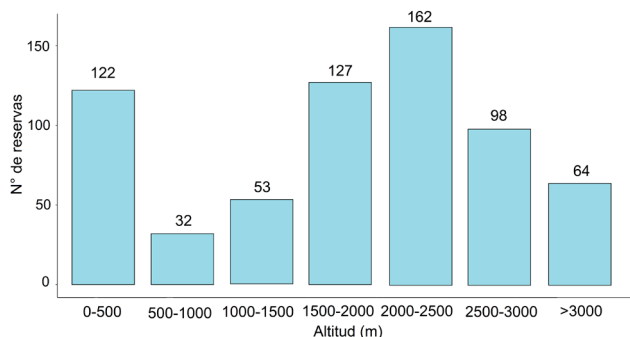


Figura 4. Distribución de las 658 RNSC por altitud.

En los estudios de caso, encontramos que seis reservas se ubican en la provincia biogeográfica Norandina, dos en el Cinturón Árido Precaribeño, dos en la Orinoquía, una en la provincia Chocó-Magdalena y una en la Guayana colombiana (Fig. 1, Tabla 1). En las doce reservas encontramos una riqueza promedio de 42,7 mamíferos, con 19 especies de murciélagos y 23,7 de mamíferos no voladores, para un total de 224 especies, agrupadas en 11 órdenes, de los cuales Chiroptera y Rodentia son los que presentan mayor número de especies (Tabla 1, Material suplementario). Ninguna de las reservas estudiadas registró la riqueza total de especies esperada, siendo La Palmita (Orinoquía), y Playa Güío (Guayana), las que se acercan más al valor esperado correspondiendo al 48 % y 44 %; por su parte, la Central hidroeléctrica de Cartagena (Cinturón Árido Precaribeño), y Passiflora (Norandina) alcanzaron valores menores al 10 % de lo esperado. Para el caso de los mamíferos voladores, los valores de la riqueza observada en el 75 % de las reservas superó el 70 % de la riqueza esperada de murciélagos filostómidos (Tabla 2). Encontramos una relación positiva entre el área y tanto la riqueza total de mamíferos como la riqueza de mamíferos no voladores (Fig. 5a, b), y la altitud con la riqueza de mamíferos no voladores (Fig. 5c). La conectividad de la reserva no causó variación en la riqueza total de mamíferos ($W = 16, P = 1$), con los murciélagos ($W = 19,5, P = 0,61$) ni con los mamíferos no voladores ($W = 16, P = 0,93$).

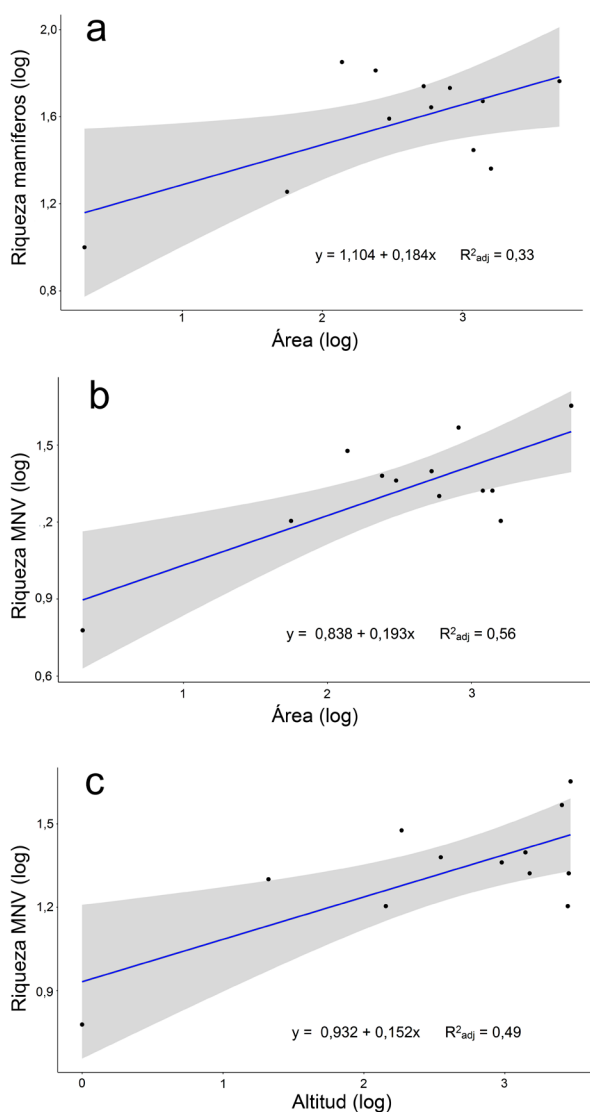
DISCUSIÓN

Encontramos que el 78,4 % las RNSC colombianas tienen menos de 500 ha, se encuentran localizadas en la provincia biogeográfica Norandina y están ubicadas en altitudes entre los 1500 y 2500 m. Laverde *et al.* (2018) encontraron un patrón similar en el tamaño indicando que el 62,4 % de estas reservas tienen áreas entre 0 y 100 ha. De igual manera, las reservas de Resnatur exhiben el mismo patrón de distribución geográfica que el registrado en este trabajo, ya que la mayoría se localizan en las regiones Andina, Orinoquía y Pacífica (Laverde *et al.* 2018). La mayor proporción de reservas privadas colombianas se encuentran en la zona andina colombiana que corresponde a gran parte de la región cafetera, específicamente a parte de la zona óptima entre 1300 y 1700 m, y la zona marginal alta entre 1700 a 2000 m (Ocampo-López *et al.* 2017). Para la región cafetera, Ocampo-López *et al.* 2017, propone mejorar la delimitación de los ecotopos cafeteros y excluir las diferentes

Tabla 2. Valores de riqueza de especies observadas y esperadas según diferentes estimaciones a nivel Colombia.

Nombre	Riqueza observada de mamíferos			Riqueza esperada de mamíferos		
	Total	MV	MNV	Total (1)	MV (2)	MNV
Alto de San Miguel	54	17	37	163	13	150
Central Hidroeléctrica Cartagena	10	4	6	143	25	118
Hacienda San Pedro	40	17	23	174	25	149
Reserva La Esperanza	23	7	16	132	25	107
Reserva La Palmita	65	41	24	135	31	104
Reserva Bosque de Yotoco	55	30	25	163	25	138
Reserva Natural de Carpanta*	28	7	21	195	9	186
Reserva Natural Playa Güío	71	41	30	160	46	114
Reserva Natural Río Ñambí	47	26	21	187	35	152
Reservas Passiflora y Saltagatos	18	2	16	200	2	198
Reserva Sanguaré	44	24	20	151	25	126
Río Blanco y Quebrada Olivares	58	13	45	183	18	165

(1) según Alberico y Rojas-Díaz (2002). (2) según Mantilla Meluk *et al.* (2009)



áreas naturales protegidas incluyendo las reservas de la sociedad civil.

Las 224 especies de mamíferos encontradas dentro de los estudios de caso representan 43,2 % de los 519 mamíferos registrados en Colombia (Ramírez-Chaves *et al.* 2016). La baja proporción de la riqueza total de especies esperada comparada con la propuesta de Alberico y Rojas (2002) puede deberse a la diferencia entre las áreas de los cuadrantes (mayor a un millón de hectáreas), en comparación con nuestros estudios de caso (Tabla 1). Para los murciélagos filostómidos la coincidencia es mucho mayor, lo que puede atribuirse a que cada celda corresponde a 1 km² (Mantilla-Meluk *et al.* 2009) lo que permite una mejor resolución con nuestro estudio.

La relación positiva entre área y riqueza de mamíferos coincide con lo esperado según la teoría de biogeografía de islas, ya que muestra que las reservas con mayor tamaño contienen mayor riqueza de mamíferos, principalmente de mamíferos terrestres. La relación positiva entre la riqueza de mamíferos y el área de la isla o fragmento está relacionada con una mayor heterogeneidad de hábitats en islas (Brown 1971, Lomolino *et al.* 1989, Millien-Parra y Jaeger 1999, Anderson *et al.* 2012) y mayores fragmentos

Figura 5. Relaciones entre la riqueza de mamíferos y características de las reservas. **a.** Riqueza de mamíferos y área de la reserva, **b.** Riqueza de mamíferos terrestres y área de la reserva, **c.** Riqueza de mamíferos terrestres y altitud promedio de la reserva. La región sombreada representa el 95 % de los intervalos de confianza de los modelos.

de ecosistemas nativos (Glenn y Nudds 1989, Newmark 1996). Sin embargo, no encontramos una relación entre la riqueza de especies y la conectividad, que en nuestro caso fue una variable cualitativa. La relación entre la riqueza de especies y el aislamiento de la isla o fragmento es ambigua en la literatura, ya que en islas continentales la riqueza también dependerá del tipo de matriz, disturbios y adaptabilidad de algunas especies de mamíferos (Daily *et al.* 2003). Esta aproximación supera los alcances de nuestro trabajo, pero señala una línea de investigación importante alrededor de las RNSC u otras figuras de conservación.

En Colombia, las APs privadas son responsables por el 26 % de la conectividad del sistema nacional de áreas protegidas, trabajan con iniciativas de educación ambiental, han permitido fortalecer la gobernanza en las regiones y están conservando ecosistemas estratégicos como páramos, humedales, manglares y bosques secos (Areiza *et al.* 2018). Sin embargo, la efectividad de las RNSC para cumplir sus objetivos de conservación es mayor cuando las reservas cuentan con una planeación eficiente, el apoyo estatal o municipal, y compensaciones para la conservación (Pasquini *et al.* 2011, Sanclemente *et al.* 2014, Quintero-López y Arias-Arbeláez 2016, Areiza *et al.* 2018). No obstante, la carencia de incentivos para la conservación privada en Colombia desestimula la creación y registro de reservas privadas (Areiza *et al.* 2018, Laverde *et al.* 2018). En el ámbito internacional, las reservas privadas han sido efectivas para evitar la deforestación y sustentar comunidades de mamíferos en el Amazonas (Negrões *et al.* 2011), bosque atlántico brasileño (Schiavetti *et al.* 2010, Gatti *et al.* 2017) y selva subperennifolia en México (Gallina y González-Romero 2018), especialmente, cuando se encuentran conectadas a otros parches de vegetación nativa, pues son capaces de sustentar poblaciones de diferentes especies de mamíferos (Negrões *et al.* 2011, Gatti *et al.* 2017).

Por otro lado, nuestros resultados sugieren una relación positiva entre la riqueza de mamíferos no voladores y la altitud. La relación entre altitud y riqueza varía de acuerdo al grupo estudiado. Por ejemplo, se ha descrito una disminución de riqueza de especies en altitudes mayores (Stevens 1992, Ceballos y Ehrlich 2006, Mena *et al.* 2011, Ferro y Barquez 2014), pero el patrón inverso fue encontrado para pequeños mamíferos no voladores de los Andes Centrales y del sur (Marquet 1994, Novillo y Ojeda 2012, Ferro y Barquez 2014). Un patrón invertido puede ocasionarse cuando existe un proceso de diversificación mayor

en tierras altas (Marquet 1994). Este proceso ocurrió en los ecosistemas altoandinos porque la heterogeneidad de los Andes impulsó la cladogénesis de grupos de pequeños mamíferos no voladores, como musarañas y roedores de las tribus Akodontini, Phyllotyni y Thomasomyini de Cricetidae (Marquet 1994, Mena *et al.* 2011). Por lo tanto, la combinación de estos patrones causa una riqueza mayor de pequeños mamíferos en alturas intermedias (1500 a 2500 m) (Marquet 1994, McCain 2007, Mena *et al.* 2011, Ferro y Barquez 2014), donde se han establecido el mayor número de RNSC colombianas.

La protección de los ecosistemas andinos es básica porque esta región posee un alto grado de endemismos de plantas y animales, incluyendo mamíferos, debido a las oscilaciones climáticas del Pleistoceno (Flantua *et al.* 2019), el intervalo altitudinal y el aislamiento geográfico (Ceballos y Ehrlich 2006, Mena *et al.* 2011, Solari *et al.* 2013). Dado que la mayoría de RNSC están ubicadas en los Andes colombianos pueden estar brindando hábitat y refugio para la fauna endémica de los Andes (Solari *et al.* 2013, Ramírez-Chaves *et al.* 2016). Algunas especies de mamíferos endémicos han sido registradas en pequeñas reservas, tales como *Mustela felipei* Izor and de la Torre, 1978, *Olallamys albicaudus* (Günther, 1879) y varias especies del género *Thomasomys* (Gomez-Laverde *et al.* 1997, Liévano-Latorre y López-Arévalo 2015, de Roux *et al.* 2019); varias de ellas (*Olallamys* y *Thomasomys*) han sido registradas en nuestros estudios de caso. Por otro lado, las pequeñas reservas privadas tienen un impacto positivo en la persistencia de las poblaciones de mamíferos en pequeños fragmentos porque pueden sustentar poblaciones de ciertas especies a largo plazo (Turner y Corlett 1996) o pueden actuar como refugio para especies de amplia distribución (Schelhas y Greenberg 1996). La presencia y persistencia de mamíferos de medio porte en fragmentos pequeños de hábitat ya ha sido registrada en el Neotrópico, siendo favorecidas las especies generalistas de dieta o de hábitat (Lopes y Ferrari 2000, Michalski y Peres 2007, Sampaio *et al.* 2010). En los estudios de caso, encontramos mamíferos de mediano y grande porte (Material suplementario), que podrían estar beneficiándose de los pequeños fragmentos de hábitat estudiados lo que refuerza el papel de las RNSC en la conservación de ecosistemas andinos y sus servicios ecosistémicos (Hora *et al.* 2018).

Para el caso de murciélagos se ha encontrado una relación inversa con la altitud en varios estudios (Ferro y

Barquez 2014), en nuestro caso exceptuamos de esta tendencia la reserva ubicada a menor altitud, donde también existió baja riqueza de especies (Tabla 2), debido posiblemente a su ubicación en una zona muy perturbada.

Finalmente, la importancia de las pequeñas reservas para la conservación de los mamíferos puede verse reforzada desde dos perspectivas: como complemento con las ECCs en Colombia y como nodos en un esquema de reservas archipiélago. En las primeras, se reúnen áreas que no están designadas como APs propiamente dichas, pero que conservan parte de los ecosistemas nativos, aunque este no sea su objetivo principal, y contribuyen al mantenimiento de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (Santamaría *et al.* 2018). En la segunda, las pequeñas reservas pueden funcionar como nodos de reservas archipiélago que conservan la diversidad alfa y beta en ecosistemas montañosos y fragmentados (Halffter 2007, Moctezuma *et al.* 2018). Esta última perspectiva es aplicable a los nodos en los que están organizadas las RNSC colombianas (Areiza *et al.* 2018).

PARTICIPACIÓN DE AUTORES

HLA: Conceptualización, metodología, investigación, análisis de datos, búsqueda de recursos y escritura. LFL: Conceptualización, metodología, investigación, análisis de datos y escritura. OLM: Conceptualización, metodología, investigación, análisis de datos y escritura.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Instituto de Ciencias Naturales y a la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá por facilitar los espacios y recursos para la realización de las salidas de campo y análisis de datos. A los propietarios, estudiantes, profesores y egresados que apoyaron la obtención de información. La Universidad Nacional de Colombia sustenta la investigación de HLA y OLM. La investigación de LFL es financiada por la Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código 001. Finalmente, agradecemos a Pedro Sánchez-Palomino por sus contribuciones en el análisis de datos y desarrollo del manuscrito y a Hernán Serrano por su asesoría en SIG.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

LITERATURA CITADA

- Alberico M, Rojas-Díaz V. 2002. Mamíferos de Colombia. En: Ceballos G, Simonetti J, editores. *Diversidad y Conservación de los Mamíferos Neotropicales*. Mexico D.F.: CONABIO-UNAM. p. 185–226.
- Anderson RP, Gutiérrez EE, Ochoa-G J, García FJ, Aguilera M. 2012. Faunal nestedness and species – area relationship for small non-volant mammals in “sky islands” of northern Venezuela. *Stud. Neotrop. Fauna Environ.* 47(3):157–170. doi: <https://doi.org/10.1080/01650521.2012.745295>
- Areiza A, Corzo G, Castillo LS, Matallana C, Correa Ayram CA. 2018. Áreas protegidas regionales y reservas privadas: las protagonistas de las últimas décadas. En Moreno LA, Andrade GI, Gómez MF, editores. *Biodiversidad 2018. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia*. Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Armenteras D, Cabrera E, Rodríguez N, Retana J. 2013. National and regional determinants of tropical deforestation in Colombia. *Reg. Environ. Chang.* 13:1181–1193. doi: <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0433-7>
- Boecklen WJ. 1991. Theoretical and empirical biogeography models in conservation. En: Mares MA, Schmidly DJ, editores. *Latin American Mammalogy: History, Biodiversity, and Conservation*. Norman, Oklahoma, USA: University of Oklahoma Press. p. 150–166.
- Brown JH. 1971. Mammals on Mountaintops: Nonequilibrium Insular Biogeography. *Am Nat.* 105(945):467–478. doi: <https://doi.org/10.1086/282738>
- Ceballos G, Ehrlich PR. 2006. Global mammal distributions, biodiversity hotspots, and conservation. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 103(51):19374–19379. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.0609334103>
- Colombian National Government, FARC-EP. c2016. Final Agreement to End the Armed Conflict and Build a Stable and Lasting Peace. [Revisada en: 15 dic 2020]. https://colombia.unmissions.org/sites/default/files/s-2017-272_e.pdf
- Díaz-Pulido A, Benítez A, Gómez-Ruiz DA, Calderón-Acevedo CA, Link A, Pardo A, Forero F, de Luna AG, Payán E, Solari S. 2014. Mamíferos del Bosque Seco, una mirada al Caribe colombiano. En: Pizano C, García H, editores. *El Bosque Seco Tropical en Colombia*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).
- Daily GC, Ceballos G, Pacheco J, Suzán G, Sánchez-Azofeifa A. 2003. Countryside Biogeography of Neotropical Mammals: Conservation Opportunities in Agricultural Landscapes of Costa Rica. *Conserv. Biol.* 17(6):1814–1826. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2003.00298.x>
- Donaldson L, Wilson RJ, Maclean IMD. 2017. Old concepts, new challenges: adapting landscape-scale conservation to the twenty-first century. *Biodivers. Conserv.* 26(3):527–552. doi: <https://doi.org/10.1007/s10531-016-1257-9>

- Dudley N, Parrish JD, Redford KH, Stolton S. 2010. The revised IUCN protected area management categories: The debate and ways forward. *Oryx*. 44(4):485–490. doi: <https://doi.org/10.1017/S0030605310000566>
- Etter A, Andrade A, Saavedra K, Amaya P, Arévalo P. 2017. Estado de los ecosistemas colombianos. Una aplicación de la metodología de la Lista Roja de Ecosistemas. Ver. 2.0. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana y Conservación Internacional – Colombia.
- Etter A, McAlpine C, Possingham H. 2008. Historical patterns and drivers of landscape change in Colombia since 1500: A regionalized spatial approach. *Ann. Assoc. Am. Geogr.* 98(1):2–23. doi: <https://doi.org/10.1080/00045600701733911>
- Ferro I, Barquez RM. 2014. Patrones de distribución de micromamíferos en gradientes altitudinales del noroeste Argentino. *Rev. Mex. Biodivers.* 85(2):472–490. doi: <https://doi.org/10.7550/rmb.38029>
- Flantua SGA, O’Dea A, Onstein RE, Giraldo C, Hooghiemstra H. 2019. The flickering connectivity system of the north Andean páramos. *J. Biogeogr.* 46(8):1808–1825. doi: <https://doi.org/10.1111/jbi.13607>
- Gallina S, González-Romero A. 2018. La conservación de mamíferos en dos reservas ecológicas privadas de Veracruz, México. *Rev. Mex. Biodivers.* 89(4):1245–1254. doi: <http://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.4.2476>
- Gatti A, Ferreira PM, da Cunha CJ, Seibert JB, Moreira DO. 2017. Medium and large-bodied mammals of the private reserve of natural heritage Recanto das Antas, in Espírito Santo, Brazil. *Oecologia Aust.* 21(2):171–181. doi: <https://doi.org/10.4257/oeco.2017.2102.07>
- Glenn SM, Nudds TD. 1989. Insular Biogeography of Mammals in Canadian Parks. *J. Biogeogr.* 16(3):261–268. doi: <https://doi.org/10.2307/2845262>
- Gómez-Laverde M, Montenegro-Díaz O, López-Arévalo H, Cadena A, Bueno ML. 1997. Karyology, Morphology, and Ecology of *Thomasomys laniger* and *T. niveipes* (Rodentia) in Colombia. *J. Mammal.* 78(4):1282–1289. doi: <https://doi.org/10.2307/1383071>
- Halffter G. 2007. Reservas archipiélago: Un nuevo tipo de área protegida. En: Halffter G, Melic A, editores. *Hacia una cultura de conservación de la diversidad biológica*. Xalapa, España: SEA, CONABIO, CONANP, CONACYT, INECOL, UNESCO-MaB, Ministerio Medio Ambiente-Gobierno de España. p. 281–286.
- Harris LD. 1984. The fragmented forests: island biogeography theory and the preservation of biotic diversity. Chicago: The University of Chicago Press.
- Havmøller RW, Tenan S, Scharff N, Rovero F. 2019. Reserve size and anthropogenic disturbance affect the density of an African leopard (*Panthera pardus*) meta-population. *PLoS One*. 14(6):e0209541. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209541>
- Hernández-Camacho J, Hurtado-Guerra A, Ortiz-Quijano R, Walschburger T. 1992. Unidades biogeográficas de Colombia. En: Halffter G, editor. *La diversidad biológica de Iberoamérica I*. Xalapa: Instituto de Ecología, A.C.; Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo-CYTED-D. p. 54–104.
- Hora B, Marchant C, Borsdorf A. 2018. Private Protected Areas in Latin America: Between conservation, sustainability goals and economic interests. A review. *Eco-Mont.* 10(1):87–94. doi: <https://doi.org/10.1553/eco.mont-10-1s87>
- IAvH, Ecopetrol. 2016. Mapa de los distritos biogeográficos de Colombia. Serie Planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en las áreas operativas de ecopetrol. Proyecto Planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en las áreas operativas de Ecopetrol. [Revisada en: 23 Ene 2021] <http://www.humboldt.org.co/en/research/projects/executed-projects/item/12-planeacion-ambiental-para-la-conservacion-ecopetrol>
- Laurance WF. 2008. Theory meets reality: How habitat fragmentation research has transcended island biogeographic theory. *Biol. Conserv.* 141(7):1731–1744. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.05.011>
- Laverde BN, Santamaria C, Matallana C, Pohl H. 2018. Aportes de Resnatur a la conservación voluntaria: red pionera de reservas naturales de la sociedad civil. En Moreno LA, Andrade GI, Gómez MF, editores. *Biodiversidad 2018. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia*. Bogotá, D. C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Liévano-Latorre LF, Brum FT, Loyola R. 2021. How effective have been guerrilla occupation and protected areas in avoiding deforestation in Colombia? *Biol. Conserv.* 253:108916. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108916>
- Liévano-Latorre LF, López-Arévalo HF. 2015. New record of *Ollamys albicaudus* (Günther, 1879) in the oriental colombian cordillera, with notes on its distribution. *Mastozool. Neotrop.* 22(2):391–396.
- Lomolino MV, Brown JH, Davis R. 1989. Island Biogeography of Montane Forest Mammals in the American Southwest. *Ecology* 70(1):180–194. doi: <https://doi.org/10.2307/1938425>
- Lopes MA, Ferrari SF. 2000. Effects of human colonization on the abundance and diversity of mammals in eastern Brazilian Amazonia. *Conserv. Biol.* 14(6):1658–1665. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.98402.x>
- Mantilla-Meluk H, Jiménez-Ortega AM, Baker RJ. 2009. Phyllostomid bats of Colombia: annotated checklist, distribution, and biogeography. Special Publications Museum of Texas Tech University. Lubock: Museum Of Texas Tech University.
- Marquet PA. 1994. Diversity of small mammals in the pacific coastal desert of peru and chile and in the adjacent andean area: Biogeography and community structure. *Aust. J. Zool.* 42(4):405–433. doi: <https://doi.org/10.1071/ZO9940527>

- McCain CM. 2007. Could temperature and water availability drive elevational species richness? A global case study for bats. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 16(1):1–13. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2006.00263.x>
- Mena JL, Solari S, Carrera JP, Fernando L, Gómez H. 2011. Small Mammal Diversity in the Tropical Andes: An Overview. En: Herzog S, Martínez R, Jørgensen R, Tiessen H, editores. *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*. São José dos Campos: Inter- American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE). p. 260–275.
- Michalski F, Peres CA. 2007. Disturbance-mediated mammal persistence and abundance-area relationships in Amazonian forest fragments. *Conserv. Biol.* 21(6):1626–1640. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2007.00797.x>
- Millien-Parra V, Jaeger J-J. 1999. Island Biogeography of the Japanese Terrestrial Mammal Assemblages: An Example of a Relict Fauna. *J. Biogeogr.* 26(5):959–972. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.1999.00346.x>
- Moctezuma V, Halffter G, Arriaga-Jiménez A. 2018. Archipelago reserves, a new option to protect montane entomofauna and beta-diverse ecosystems. *Rev. Mex. Biodivers.* 89(3):927–937. doi: <http://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.3.2446>
- Morales-Jiménez A, Sánchez F, Poveda K, Cadena A. 2004. Mamíferos terrestres y voladores de Colombia: guía de campo. Bogotá: Ramos López editorial.
- Mugume S, Isabirye-Basuta G, Otali E, Reyna-Hurtado R, Chapman CA. 2015. How do human activities influence the status and distribution of terrestrial mammals in forest reserves? *J. Mammal.* 96(5):998–1004. doi: <http://doi.org/10.1093/jmammal/gyv104>
- Negret PJ, Sontter L, Watson JEM, Possingham HP, Jones KR, Suarez C, Ochoa-Quintero JM, Maron M. 2019. Emerging evidence that armed conflict and coca cultivation influence deforestation patterns. *Biol. Conserv.* 239:108176. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.07.021>
- Negrões N, Revilla E, Fonseca C, Soares AMVM, Jácomo ATA, Silveira L. 2011. Private forest reserves can aid in preserving the community of medium and large-sized vertebrates in the Amazon arc of deforestation. *Biodivers. Conserv.* 20:505–518. doi: <https://doi.org/10.1007/s10531-010-9961-3>
- Newmark WD. 1996. Insularization of Tanzanian Parks and the Local Extinction of Large Mammals. *Conserv. Biol.* 10(6):1549–1556. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1996.10061549.x>
- Novillo A, Ojeda RA. 2012. Diversity and distribution of small mammals in the South American Dry Andes. *Austral. Ecol.* 37(7):758–766. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1442-m9993.2011.02336.x>
- Ocampo-López, OL, Castañeda-Peláez K, Vélez-Upegui JJ. 2017. Caracterización de los ecotopos cafeteros colombianos en el Triángulo del Café. *Perspect. Geog.* 22(1):89–108. doi: <http://doi.org/10.19053/01233769.6100>
- Parks SA, Harcourt AH. 2002. Reserve Size, Local Human Density, and Mammalian Extinctions in U.S. *Conserv. Biol.* 16(3):800–808. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2002.00288.x>
- Pasquini L, Fitzsimons JA, Cowell S, Brandon K, Wescott G. 2011. The establishment of large private nature reserves by conservation NGOs: key factors for successful implementation. *Oryx.* 45(3):373–380. doi: <https://doi.org/10.1017/S0030605310000876>
- Patterson BD. 1991. The Integral Role of Biogeographic Theory in the Conservation of Tropical Forest Diversity. En: Mares MA, Schmidly DJ, editores. *Latin American Mammalogy: History, Biodiversity, and Conservation*. Norman, Oklahoma, USA: University of Oklahoma Press. p. 124–149.
- Prem M, Saavedra S, Vargas JF. 2020. End-of-conflict deforestation: Evidence from Colombia’s peace agreement. *World Dev.* 129:104852. doi: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.104852>
- Quintero-López M, Arias-Arbeláez FA. 2016. Conservación de la naturaleza en propiedad privada: las Reservas Naturales de la Sociedad Civil en el Valle del Cauca. *Apunt CENES.* 35(61):17–48. doi: <https://doi.org/10.19053/22565779.3732>
- R Core Team. 2019. R: A language and environment for statistical computing. [Revisada en: 22 ene 2020]. <https://www.r-project.org/>
- Ramírez-Chaves HE, Suárez-Castro AF, González-Maya JF. 2016. Cambios recientes a la lista de mamíferos de Colombia. *Mamm. Notes.* 3(1-2):1–9. doi: <https://doi.org/10.47603/manovol3n1.1-9>
- Redford KH, Robinson JG. 1991. *Neotropical Wildlife use and Conservation*. Chicago: The University of Chicago Press.
- De Roux JM, Noguera-Urbano EA, Ramírez-Chaves HE. 2019. The vulnerable Colombian weasel *Mustela felipei* (Carnivora): new record from Colombia and review of its distribution in protected areas. *Therya* 10(2):207–210. doi: <http://doi.org/10.12933/therya-19-776>
- Sampaio R, Lima AP, Magnusson WE, Peres CA. 2010. Long-term persistence of midsized to large-bodied mammals in Amazonian landscapes under varying contexts of forest cover. *Bio. Conserv.* 19(8):2421–2439. doi: <https://doi.org/10.1007/s10531-010-9848-3>
- Sánchez F, Sánchez-Palomino P, Cadena A. 2004. Inventario de mamíferos en un bosque de los Andes centrales de Colombia. *Caldasia* 26(1):291–309.
- Sanclément G, Ruiz L, Pedraza N. 2014. Contribución del Sector Privado a las Áreas Protegidas: Estudios en Colombia y Perú. Quito: UICN, Environment Canada, ECOVERSA.
- Santamaría M, Areiza A, Matallana C, Solano C, Galán S. 2018. Estrategias complementarias de conservación en Colombia. Bogotá: Instituto Humboldt, Resnatur y Fundación Natura.
- Schellhas J, Greenberg R. 1996. Forest patches in tropical landscapes. Introduction: The value of forest patches. Washington: Island Press. p. XV–XXXVI.

- Schiavetti A, de Oliveira HT, Lins AS, Santos PS. 2010. Analysis of private natural heritage reserves as a conservation strategy for the biodiversity of the cocoa region of the southern State of Bahia, Brazil. *Rev. Árvore.* 34(4):699–711. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000400015>
- Sikes RS, Gannon WL. 2011. Guidelines of the American Society of Mammalogists for the use of wild mammals in research. *J. Mammal.* 92(1):235–253. doi: <https://doi.org/10.1644/10-MAMM-F-355.1>
- SINAP. c2020. Registro Único Nacional de Áreas Protegidas - RNUP. [Revisada en: 21 ene 2020]. <http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/es/sistema-nacional-de-areas-protegidas-sinap/registro-unico-nacional-de-areas-protegidas/>
- Solari S, Muñoz-Saba Y, Rodríguez-Mahecha JV, Defler TR, Ramírez-Chaves HE, Trujillo F. 2013. Riqueza, endemismo y conservación de los mamíferos de Colombia. *Mastozool. Neotrop.* 20(2):301–365.
- Stevens GC. 1992. The elevational gradient in altitudinal range: an extension of Rapoport's latitudinal rule to altitude. *Am. Nat.* 140(6):893–911. doi: <https://doi.org/10.1086/285447>
- Turner IM, Corlett RT. 1996. The conservation value of small, isolated fragments of lowland tropical rain forest. *Trends. Ecol. Evol.* 11(8):330–333. doi: [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(96\)10046-X](https://doi.org/10.1016/0169-5347(96)10046-X)
- Volenc ZM, Dobson AP. 2020. Conservation value of small reserves. *Conserv. Biol.* 34(1):66–79. doi: <https://doi.org/10.1111/cobi.13308>