

MAMÍFEROS DE CUNDINAMARCA

Diversidad,
conservación y
cambio climático



MAMÍFEROS DE CUNDINAMARCA

Diversidad,
conservación y
cambio climático

Cita sugerida:

Obra completa:

González-Maya JF, Lemus-Mejía L, Morales-Perdomo J, Moreno-Díaz C & Zárrate-Charry DA (Eds.). 2022. Mamíferos de Cundinamarca: diversidad, conservación y cambio climático. Corporación Universitaria Minuto de Dios. 180 pp. Proyecto de Conservación de Aguas y Tierras - ProCAT Colombia.

Capítulo:

Lemus-Mejía L, Prieto-García M, Paredes-Casas CA, Vélez-García F, Moreno-Díaz C, Zárrate-Charry DA & González-Maya JF (Eds.). 2022. Patrones de distribución de riqueza de mamíferos en Cundinamarca. En: González-Maya JF, Lemus-Mejía L, Morales-Perdomo J, Moreno-Díaz C & Zárrate-Charry DA (Eds.). Mamíferos de Cundinamarca: diversidad, conservación y cambio climático. Corporación Universitaria Minuto de Dios. 65-85 pp. Proyecto de Conservación de Aguas y Tierras - ProCAT Colombia.



Presidente Consejo de Fundadores

Padre Diego Jaramillo Cuartas, cjm

Rector General Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO

Padre Harold Castilla Devoz, cjm

Vicerrectora General Académica

Stephanie Lavaux

Gerente Desarrollo Rural

Santiago Vélez Álvarez

Subdirectora Centro Editorial - PCIS

Rocío del Pilar Montoya Chacón

Directora de Investigación Gerencia Desarrollo Rural -UNIMINUTO

Astrid Ximena Cortés Lozano

Coordinación de Publicaciones UNIMINUTO Bogotá Virtual y Distancia

José David Jaramillo Airó

MAMÍFEROS DE CUNDINAMARCA

Diversidad,
conservación y
cambio climático

Mamíferos de Cundinamarca : diversidad, conservación y cambio climático / José F. González-Maya, Leonardo Lemus-Mejía, Jessica Morales-Perdomo...y otros 2. Catalina Moreno-Díaz Diego A. Zárrate-Charry. Bogotá: Proyecto de Conservación de Aguas y Tierras ProCAT, Colombia Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO, 2022.

ISBN: 978-958-763-628-4

180p. il, map, fot.

1.Mamíferos -- Investigaciones -- Colombia 2.Ecología animal -- Estudio de casos -- Colombia 3.Conservación de la vida silvestre -- Colombia 4.Conservación del medio ambiente -- Colombia i.Lemus-Mejía, Leonardo ii.Morales-Perdomo, Jessica iii.Moreno-Díaz, Catalina iv.Zárrate-Charry, Diego A.

CDD: 333.954 M15m BRGH

Registro Catálogo Uniminuto No. 104772

Archivo descargable en MARC a través del link: <https://tinyurl.com/bib104772>

Mamíferos de Cundinamarca: diversidad, conservación y cambio climático

Editores

JOSÉ F. GONZÁLEZ-MAYA

Proyecto de Conservación de Aguas y Tierras

ProCAT Colombia.

Departamento de Ciencias Ambientales, CBS,

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma.

LEONARDO LEMUS-MEJÍA

Proyecto de Conservación de Aguas y Tierras

ProCAT Colombia.

JESSICA MORALES-PERDOMO

Gerencia de Desarrollo Rural

Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO

CATALINA MORENO-DÍAZ

Proyecto de Conservación de Aguas y Tierras

ProCAT Colombia.

DIEGO A. ZÁRRATE-CHARRY

Proyecto de Conservación de Aguas y Tierras

ProCAT Colombia.

Fondo Mundial para la Naturaleza, WWF Colombia.

Corrección de estilo

Artes Xpress

Fotografías

José Fernando González-Maya

Diseño y Diagramación

Andrea Sarmiento B.

ISBN digital: 978-958-763-629-1

ISBN impreso: 978-958-763-628-4

DOI: <https://doi.org/10.26620/uniminuto/978-958-763-629-1>

Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO

Calle 81B # 72B - 70

Bogotá D.C. - Colombia

Marzo 2023

Esta publicación es el resultado del proyecto titulado “Distribución histórica, actual y futura de mamíferos y sus relaciones e importancia sociocultural en el departamento de Cundinamarca: herramientas de planificación de conservación” desarrollado por la Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO y ProCAT Colombia, con financiamiento del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCiencias).

©Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO. Todos los capítulos publicados en (Mamíferos de Cundinamarca: diversidad, conservación y cambio climático) fueron seleccionados por el Comité Científico de acuerdo con los criterios de calidad editorial establecidos por Institución. El libro está protegido por el Registro de propiedad intelectual. Los conceptos expresados en los artículos competen a los autores, son su responsabilidad y no comprometen la opinión de UNIMINUTO. Se autoriza su reproducción total o parcial en cualquier medio, incluido electrónico, con la condición de ser citada clara y completamente la fuente, siempre y cuando las copias no sean usadas para fines comerciales, tal como se precisa en la Licencia Creative Commons Atribución – No comercial – Compartir Igual que acoge UNIMINUTO.

Contenido

Prefacio	25
Presentación.....	27
Agradecimientos.....	29
Autores	31
Riqueza y motores de cambio y amenazas para los mamíferos de Cundinamarca	33
Introducción.....	35
Riqueza de especies de mamíferos.....	37
Principales motores de pérdida de mamíferos en el departamento de Cundinamarca	38
Pérdida y fragmentación del hábitat natural	38
Cacería y tráfico ilegal de especies	41
Conflicto con el ser humano.....	44
Atropellamientos	45
Cambio climático	47
Mitigación de motores de pérdida de biodiversidad.....	48
Referencias.....	50
Anexo 1. Lista de especies según orden y familia confirmados para el departamento de Cundinamarca (Pérez-Torres <i>et al.</i> , sin publicar).	57
Patrones de distribución de riqueza de mamíferos en Cundinamarca	65
Introducción	67
Materiales y métodos.....	70

Análisis de datos.....	72
Resultados y discusión.....	74
Conclusiones.....	83
Referencias.....	85
Estado de conservación de las áreas de distribución de los mamíferos objeto de uso en el departamento de Cundinamarca y evaluación del rol de las áreas protegidas	91
Introducción	93
Materiales y métodos	99
Resultados y discusión.....	101
Conclusiones.....	110
Referencias.....	112
Distribución potencial de mamíferos en Cundinamarca ante escenarios de cambio climático.....	121
Introducción	123
Materiales y métodos	127
Resultados y discusión.....	129
Conclusiones.....	135
Referencias.....	138
Valoración de los servicios ecosistémicos por percepciones comunitarias de mamíferos silvestres en un ambiente cambiante en Cundinamarca, Colombia	145
Introducción	147
Materiales y métodos	150
Resultados y discusión.....	156
Uso y valoración cultural de los bienes naturales	156
Uso y valoración de los bienes del bosque.....	157
Uso y valoración de la fauna silvestre.....	158
Percepción sobre disminución de la fauna	167
Variación de la disponibilidad de servicios ecosistémicos en un ambiente cambiante	171
Referencias.....	176

Figuras y Tablas

Riqueza y motores de cambio y amenazas para los mamíferos de Cundinamarca

<i>Figura 1.</i>	Departamento de Cundinamarca con sus respectivos límites municipales.....	71
<i>Tabla 1.</i>	Órdenes, Familias y número de especies analizados en los modelos de distribución potencial.....	75
<i>Figura 2.</i>	Categoría de amenaza según la UICN Red List para las especies analizadas en los modelos de distribución potencial.....	76
<i>Figura 3.</i>	Riqueza promedio de mamíferos con A) valores continuos en el mapa y B) valores por municipio.....	78
<i>Tabla 2.</i>	Área total en km ² , riqueza de mamíferos promedio y riqueza de mamíferos por km ² en cada municipio del departamento de Cundinamarca.....	79

Estado de conservación de las áreas de distribución de los mamíferos objeto de uso en el departamento de Cundinamarca y evaluación del rol de las áreas protegidas

<i>Figura 1.</i>	Ubicación de las AP del departamento de Cundinamarca. Se pueden ver en una escala de verdes la ubicación de AP de orden nacional, regional o local y de las RNSC.....	96
<i>Figura 2.</i>	Representación del Índice de Huella Espacial Humana para el departamento de Cundinamarca (Correa Ayram et al., 2020).....	98
<i>Figura 3.</i>	Distribución de la riqueza de especies de mamíferos y puntos calientes (y fríos, azules) de riqueza para el departamento de Cundinamarca.....	103

Figura 4.	Distribución de la riqueza de especies de mamíferos objeto de uso y puntos calientes (y fríos: azules) de riqueza para el departamento de Cundinamarca.....	104
Tabla 1.	Representatividad media dentro de AP de los órdenes con especies objeto de uso a nivel de Orden en el departamento de Cundinamarca.....	105
Tabla 2.	Representatividad media dentro de AP de las especies objeto de uso a nivel de Orden en el departamento de Cundinamarca.	106
Figura 5.	Comparación de los valores medios del Índice de Huella Espacial Humana de las áreas de distribución de los mamíferos objetos de uso dentro y fuera de las Áreas protegidas del departamento de Cundinamarca.....	108
Figura 6.	Distribución y valor medio y error estándar del IHEH para las especies de mamíferos objeto de uso dentro del departamento de Cundinamarca.....	109

Distribución potencial de mamíferos en Cundinamarca ante escenarios de cambio climático

Figura 1.	Departamento de Cundinamarca con sus respectivas provincias.	128
Figura 2.	Valor de riqueza para cada escenario climático en el año 2050 y 2070 en el departamento de Cundinamarca.	131-132
Figura 3.	Valor de riqueza promedio y la desviación estándar para cada escenario climático analizado. Las primeras dos letras indican el modelo de circulación general (CC: CGSM, MC: MIROC5), los dos números siguientes las trayectorias de concentración representativas (RCP, 26: 2,6, 85: 8,5) y los últimos dos números el año proyectado (50: 2050, 70: 2070).	134

Valoración de los servicios ecosistémicos por percepciones comunitarias de mamíferos silvestres en un ambiente cambiante en Cundinamarca, Colombia

Figura 1.	Servicios ecosistémicos enfocados en el uso de mamíferos silvestres.	147
------------------	---	-----

<i>Figura 2.</i>	Tensionantes ambientales que afectan negativamente a los mamíferos silvestres.	149
<i>Figura 3.</i>	Escenarios de distribución de especies de mamíferos con reportes bibliográficos de uso. A. Distribución potencial actual de especies de mamíferos. B. Distribución de la riqueza de especies en un escenario CCSM4 y RCP 6,0 de cambio climático para el año 2050. C. Distribución de la riqueza de especies en un escenario CCSM4 y RCP 6,0 de cambio climático para el año 2070.	151
<i>Figura 4.</i>	Pérdida potencial de especies en dos escenarios de cambio climático. A. Escenario a 2050; B. Escenario a 2070.	152
<i>Figura 5.</i>	Resultados de la priorización de municipios para realizar las entrevistas sobre percepciones de mamíferos silvestres en el departamento de Cundinamarca. A. municipios con mayor cobertura forestal y mayor vulnerabilidad a la pérdida de especies de mamíferos. B. Categorización ordinal de los municipios con mayor cobertura forestal y mayor vulnerabilidad a la pérdida de especies de mamíferos. C. municipios priorizados por mayor vulnerabilidad entre 10, 9 y 8, en los que se realizaron entrevistas.	153
<i>Tabla 1.</i>	Frecuencia de reporte de uso por orden de mamíferos abordados en entrevistas en el departamento de Cundinamarca.	160
<i>Figura 7.</i>	Frecuencia de reportes de las especies de mamíferos silvestres con relación a la frecuencia de percepción positiva y negativa en el departamento de Cundinamarca.....	162
<i>Figura 8.</i>	Proporción de reportes de uso por categoría general de las especies de mamíferos silvestres.	164
<i>Figura 9.</i>	Expresiones mencionadas por las personas entrevistadas, al referirse de la importancia de la fauna silvestre.	166
<i>Tabla 2.</i>	Reportes de percepción de Servicios Ecosistémicos (SE), Valor Económico (VE), Valor de Importancia por percepción de Beneficio (VIB) y percepción positiva y negativa de las especies de mamíferos evaluadas en el departamento de Cundinamarca.	168

Figura 10.	Causas de afectación y pérdida de mamíferos silvestre expresadas por los participantes locales en el departamento de Cundinamarca.....	169
Figura 11.	Relaciones entre las actividades humanas, la pérdida de hábitat y disminución poblacional y desencadenantes de consumo de cultivos o animales domésticos por parte de mamíferos silvestres en el departamento de Cundinamarca. ..	171
Figura 12.	Relación de las medias de valores de servicios ecosistémicos y valor económico para los años 2021, 2050 y 2070 para los RCP 2,6 y 8,5.	172
Figura 13.	Análisis de regresión para las variables A) servicios ecosistémicos RCP 2.6 B) servicios ecosistémicos RCP 8,5. C) valor económico RCP 2,6 y D) valor económico RCP 8,5.	173
Tabla 3.	Valores de p de Bonferroni para los años 2021, 2050 y 2070 en los escenarios RCP 2,6 y 8,5.....	174

Prefacio

El presente libro resume gran parte de los resultados del proyecto “Distribución histórica, actual y futura de mamíferos y sus relaciones e importancia sociocultural en el departamento de Cundinamarca: herramientas de planificación de conservación” desarrollado por la Corporación Universitaria Minuto de Dios y ProCAT Colombia, con financiamiento del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCiencias).

Los mamíferos han sido históricamente el grupo de especies más relacionados con las actividades humanas y son considerados uno de los grupos de mayor importancia en el funcionamiento de los ecosistemas. Actualmente el 25% de los mamíferos se encuentran amenazados de extinción, en Colombia las principales amenazas son por pérdida de hábitat, cacería, conflicto, entre otras. Estas amenazas históricas, se ven exacerbadas por los efectos actuales y potenciales del cambio global, representando en conjunto un problema significativo para el mantenimiento de estas especies y por ende el funcionamiento de los ecosistemas y en últimas el bienestar humano en la región. Dentro de las principales aproximaciones al estado de conservación de las especies, es el entendimiento de su distribución y factores de reducción de estos patrones. Por tal razón, el objetivo de este libro es el de presentar algunos de los resultados relacionados con la evaluación de los patrones de distribución de mamíferos de interés para conservación, evaluando su distribución histórica, actual y potencial en escenarios de cambio climático, el efecto de las relaciones socioculturales sobre estos patrones, y por ende el efecto de la pérdida local de especies sobre los medios de vida en diferentes ventanas de paisaje del departamento. Se utilizaron diferentes aproximaciones de distribución potencial, las cuales se construyeron sobre variables ambientales y de paisaje, proyectados a diferentes escenarios de cambio climático y se evaluaron así mismo las relaciones socioculturales relacionadas con estas especies, en términos de uso y relaciones culturales. Los resultados esperamos aporten

información clave para el entendimiento del estado de conservación y procesos subyacentes sobre estas especies, como base fundamental para su adecuada planificación de conservación. Además, esperamos sirvan de base para la generación de planes de manejo de especies y desarrollo de comunidades humanas a lo largo del departamento y como ejemplo para el país, y como aporte al entendimiento de la vulnerabilidad humana y del grupo ante escenarios de cambio climático.

LOS EDITORES

Presentación

Cuando se piensa en Cundinamarca, usualmente se piensa en ciudades, industria, cultivos, ganado y desarrollo. Sin embargo, Cundinamarca se encuentra ubicado en una de las regiones de mayor importancia biológica del país y del mundo, que muchas veces se ve opacada por su importancia política y económica. Hablar de mamíferos de Cundinamarca es hablar de numerosas especies únicas y carismáticas, pero, sobre todo, supremamente importantes para el funcionamiento de los ecosistemas y por ende para nuestro propio bienestar y supervivencia.

Desde jaguares, osos, pumas y tigrillos hasta pequeños roedores, murciélagos o musarañas, los mamíferos son no solamente uno de los grupos de mayor importancia ecológica en los ecosistemas, sino que también tienen una cercana relación con las comunidades humanas. Más allá de la simple afinidad, al tener una historia evolutiva común y ser nosotros mismos mamíferos, históricamente los humanos hemos tenido una cercana relación con estas especies, bien sea, por competencia, por alimento e incluso como presas de muchos de ellos. Esta afinidad genera un sinnúmero de relaciones sociales muy interesantes que por ende tienen impacto en nuestra cultura y en nuestra supervivencia, pero que también puede traducirse en un elemento clave para conservar estas especies hermanas a largo plazo.

En este volumen, autores y editores abordan de una forma supremamente innovadora la increíble diversidad de los mamíferos del Departamento; y no sólo se quedan en su descripción, sino que hacen una revisión juiciosa de las principales amenazas sobre el grupo, sus relaciones con las comunidades humanas y el riesgo que significa el cambio climático en las poblaciones de este grupo en el Departamento. Este libro de corte académico, pero útil para tomadores de decisiones y la sociedad en general, provee información de gran valor para la definición de políticas de conservación, para la toma de decisiones y

en general para el conocimiento del grupo; increíblemente, una deuda histórica del Departamento y en especial de nuestra capital Bogotá, que ha dado la espalda a su increíble biodiversidad por décadas.

Es un gusto para mí presentar este libro, resultado de una productiva colaboración entre Uniminuto y ProCAT Colombia, con el apoyo y financiamiento del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación; creemos que la generación de información de esta naturaleza se convierte en el primer paso para revertir muchos de los problemas que atentan contra nuestra integridad y sobre todo contribuye activamente a la conservación y mantenimiento de nuestro patrimonio, ese que nos hace únicos como país y que es nuestro deber y responsabilidad mantener en el largo plazo.

MAURICIO GONZÁLEZ
DIRECTOR DE SOSTENIBILIDAD
PROCAT COLOMBIA

Agradecimientos

Este libro es un producto del proyecto “Distribución histórica, actual y futura de mamíferos y sus relaciones e importancia sociocultural en el departamento de Cundinamarca: herramientas de planificación de conservación” desarrollado por la Corporación Universitaria Minuto de Dios y ProCAT Colombia, con financiamiento del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCiencias).



Autores

- Lizeth Aguirre Sierra** Proyecto de Conservación de Aguas y Tierras – ProCAT Colombia.
Carrera 11 # 96-43, Ofic. 303, Bogotá, Colombia.
sierral2512@gmail.com
- Ginna P. Gómez-Junco** Proyecto de Conservación de Aguas y Tierras – ProCAT Colombia.
Carrera 11 # 96-43, Ofic. 303, Bogotá, Colombia.
ggomez@procat-conservation.org
- José F. González-Maya** Proyecto de Conservación de Aguas y Tierras – ProCAT Colombia.
Carrera 11 # 96-43, Ofic. 303, Bogotá, Colombia.

Departamento de Ciencias Ambientales,
CBS, Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Lerma.
Av. de las Garzas No. 10, Col. El Panteón. C.P.
52005, Lerma de Villada, Estado de México,
México.
jfgonzalezmaya@gmail.com
- Angela P. Hurtado-Moreno** Proyecto de Conservación de Aguas y Tierras – ProCAT Colombia.
Carrera 11 # 96-43, Ofic. 303, Bogotá, Colombia.
angelahur9@gmail.com
- Leonardo Lemus-Mejía** Proyecto de Conservación de Aguas y Tierras – ProCAT Colombia.
Carrera 11 # 96-43, Ofic. 303, Bogotá, Colombia.
llemus@procat-conservation.org
- Jessica Morales-Perdomo** Gerencia de Desarrollo Rural
Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO.
jessica.morales@uniminuto.edu
- Catalina Moreno-Díaz** Proyecto de Conservación de Aguas y Tierras – ProCAT Colombia.
Carrera 11 # 96-43, Ofic. 303, Bogotá, Colombia.
cmoreno@procat-conservation.org

- Camilo A. Paredes-Casas** Proyecto de Conservación de Aguas y Tierras – ProCAT Colombia.
Carrera 11 # 96-43, Ofic. 303, Bogotá, Colombia.
cparedes@procat-conservation.org
- Mónica Peñuela-Salgado** Proyecto de Conservación de Aguas y Tierras – ProCAT Colombia.
Carrera 11 # 96-43, Ofic. 303, Bogotá, Colombia.
momapesa@gmail.com
- Jairo A. Pérez-Torres** Laboratorio de Ecología Funcional, Unidad de Ecología y Sistemática (UNESIS), departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana.
Avenida Carrera 7 # 40-62, Bogotá, Colombia.
jaiperez@javeriana.edu.co
- Mónica Prieto-García** Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Pontificia Universidad Javeriana.
Avenida Carrera 7 # 40-62, Bogotá, Colombia.
Proyecto de Conservación de Aguas y Tierras – ProCAT Colombia.
Carrera 11 # 96-43, Ofic. 303, Bogotá, Colombia.
moni.prieto@hotmail.com
- María Juliana Santanilla** Proyecto de Conservación de Aguas y Tierras – ProCAT Colombia.
Carrera 11 # 96-43, Ofic. 303, Bogotá, Colombia.
maria_santanilla@javeriana.edu.co
- Felipe Vélez-García** Proyecto de Conservación de Aguas y Tierras – ProCAT Colombia.
Carrera 11 # 96-43, Ofic. 303, Bogotá, Colombia.
felipevelezgarcia@gmail.com
- Diego A. Zárrate-Charry** Proyecto de Conservación de Aguas y Tierras – ProCAT Colombia.
Carrera 11 # 96-43, Ofic. 303, Bogotá, Colombia.

Fondo Mundial para la Naturaleza, WWF Colombia.
Carrera 10a # 69A-44, Bogotá, Colombia
godiezcharry@gmail.com

Riqueza y motores de cambio y amenazas para los mamíferos de Cundinamarca

AUTORES

Ángela P. Hurtado-Moreno

Felipe Vélez-García

Diego A. Zárrate-Charry

Jairo Pérez-Torres

José F. González-Maya





Introducción

La diversidad biológica es fundamental para el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales que proveen los ecosistemas y de los que dependen los seres humanos para subsistir (Daily, 1997; MEA, 2005; Kunz *et al.* 2011; Polasky *et al.* 2011; Isbell *et al.* 2013; Moleón *et al.* 2014; Lacher *et al.* 2019; Ceballos, Ehrlich & Raven, 2020). Sin embargo, las actividades humanas que se ejercen de manera descontrolada sobre los ecosistemas impulsan de manera acelerada la pérdida de diversidad biológica (Dirzo and Raven, 2003; Ceballos, García & Ehrlich, 2010, Moleon *et al.* 2014). Las tendencias actuales de pérdida de biodiversidad a nivel mundial, obedecen principalmente a procesos resultantes de actividades antrópicas como cambios en el uso del suelo, expansión de la frontera agrícola, intensificación del urbanismo, actividades de cacería, tráfico ilegal, introducción de especies exóticas, fragmentación y pérdida de hábitat, entre otros, que se ven reflejados en la degradación de los ecosistemas con efectos a nivel global como el cambio climático, y el declive de especies y poblaciones silvestres (Daily, 1997; MEA, 2005; Montes & Sala, 2007; Ceballos, Ehrlich & Raven, 2020). Estas actividades, conocidas como motores de transformación, pueden actuar de forma directa o indirecta sobre los ecosistemas y especies, produciendo cambios a diferentes escalas temporales y espaciales. En general, los motores indirectos están relacionados con factores que repercuten sobre los motores directos, pero que no corresponden a la causa propiamente dicha de los cambios, por ejemplo, el crecimiento demográfico, los intereses económicos de las naciones, aspectos sociopolíticos, aspectos culturales o religiosos y el desarrollo de nuevas tecnologías (MEA, 2005). Por otro lado, los motores directos, responden a actividades que tienen un efecto directo sobre los procesos de los ecosistemas y por consiguiente en la transformación y pérdida de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos asociados (MEA, 2005).

Estudios recientes indican que de continuar con los patrones actuales de extinción de poblaciones silvestres y de no tomar medidas efectivas frente a la crisis climática actual, el planeta tierra podrá afrontar un colapso de los sistemas naturales, en lo que se ha denominado la sexta extinción masiva (Ceballos *et al.* 2015; Ceballos, Ehrlich & Raven,

2020). A diferencia de las cinco extinciones que se han documentado en la historia de la vida del planeta tierra, y que han sido consecuencia de procesos naturales o estocásticos, la sexta extinción tiene un componente importante: las tasas de pérdida incrementan año tras año de manera acelerada por acciones directas del hombre sobre la tierra (Ceballos, Ehrlich & Raven, 2020; Dirzo *et al.* 2014).

Los disturbios generados por la acción humana sobre la biodiversidad no solamente afectan la composición de especies (biodiversidad propiamente dicha) sino que causan un efecto sobre la funcionalidad de los ecosistemas llevando a la reducción de la productividad, al aumento en la incidencia de plagas y enfermedades y en general a la pérdida de bienes y servicios ecosistémicos (MEA, 2005; Petchey & Gastón, 2002; Isbell *et al.* 2013; Dirzo *et al.* 2014).

En Colombia, los procesos de pérdida de biodiversidad no difieren de las tendencias globales. Actualmente, se presenta una acelerada transformación de los ecosistemas naturales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 2019; Moreno, Andrade, & Ruíz-Contreras, 2016; Etter *et al.* 2017) y en las últimas décadas han sido especialmente evidentes los procesos acelerados de deforestación, posteriores a la firma de los acuerdos de paz. Dentro de los principales factores que se identifican como motores de la pérdida de biodiversidad en el país, se resaltan la expansión de la frontera agrícola, el conflicto armado y el narcotráfico, la industrialización y el crecimiento de los centros urbanos. Lo anterior, asociado a la falta de rigurosidad en la aplicación de políticas públicas, procesos de planeación y ordenamiento territorial desarticulados con las necesidades ambientales de los territorios, carencias en la administración pública, entre otros (Andrade-Correa, 2011).

Colombia es catalogado como uno de los países a nivel mundial que alberga una alta riqueza y endemismo de especies. Para el año 2020 se calculó que Colombia presenta un total de 63.303 especies silvestres, siendo el segundo país con mayor biodiversidad a nivel mundial, después de Brasil. En este orden de ideas, nuestro país ocupa el primer puesto en riqueza de especies de mariposas y orquídeas, el segundo lugar en riqueza de aves, plantas, anfibios, palmas, reptiles y peces de agua dulce y el quinto puesto a nivel mundial es especies de mamíferos silvestres (SIB, 2021).

La pérdida y degradación de los *hábitats* naturales son los principales motores de transformación y reducción de la biodiversidad

en Colombia (Álvarez *et al.* 2019); esta como consecuencia de la expansión de la frontera agropecuaria, la expansión urbana y proyectos de infraestructura (principalmente vial). Dentro de los ecosistemas terrestres más amenazados, se encuentran los orobiomas andinos, los cuales incluyen los páramos y el bosque andino, y los zonobiomas de bosque seco tropical, los cuales presentan los mayores niveles de transformación y son casi en su totalidad ecosistemas en estado crítico a nivel nacional (Etter *et al.* 2017); algunos de estos hacen parte del departamento de Cundinamarca.

Situado en la región Andina de Colombia, el departamento de Cundinamarca ocupa el cuarto lugar con mayor población en el territorio nacional, no obstante, pasando de lo administrativo a lo territorial, cuenta con una alta concentración de núcleos urbanos, que incluye la ciudad de Bogotá D.C., posicionado como el departamento con mayor población en el país, con alrededor de 7.18 millones de habitantes ([https:// geoportal.dane.gov.co/geovisores/sociedad/cnpv-2018/](https://geoportal.dane.gov.co/geovisores/sociedad/cnpv-2018/)). Aunque las transformaciones de los ecosistemas no son tan recientes como en otros departamentos, la demografía de Cundinamarca y las presiones que ocurren por la expansión de los núcleos urbanos, la contaminación, la fragmentación y la degradación histórica de los ecosistemas naturales, lo convierte en una región de atención para el desarrollo de acciones de control y mitigación de los diferentes motores de transformación y pérdida de especies silvestres y ecosistemas.

El departamento de Cundinamarca registra 15.480 especies silvestres, siendo el cuarto departamento con mayor riqueza de estos en el territorio nacional (SIB, 2021). Esto gracias a su ubicación y extensión geográfica, la cual comprende gran variedad de ecosistemas distribuidos a lo largo de un gradiente altitudinal que va desde los 190 msnm de altitud en el valle del río Magdalena, hasta los 4.375 msnm en las zonas más altas (Chaparro-Herrera, Lopera-Salazar, & Stiles 2018). Con relación a mamíferos para Cundinamarca se reportan 236 especies (Ramírez-Chaves *et al.* 2016; Ramírez-Chávez *et al.* 2021, Este volumen).

Riqueza de especies de mamíferos

Para el departamento de Cundinamarca, recientemente se consolidó la lista más actualizada de especies, de acuerdo con una revisión sistemática de literatura y registros biológicos (Pérez-Torres *et al.* Sin publicar). Dicha lista, basada en más de 7.000 registros, incluyendo

colecciones científicas, trabajos publicados y literatura gris, reportó para el departamento un total de 236 especies, pertenecientes a 12 órdenes, 39 familias y 138 géneros. De estas, 21 son endémicas para Colombia y 15 se encuentran en alguna categoría de amenaza según la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN (Pérez-Torres *et al.* Sin publicar). Los órdenes más diversos son Chiroptera (101 especies) y Rodentia (64 spp.). Esta riqueza de especies representa el 45,5 % de las especies de mamíferos del país (Ramírez-Chaves *et al.* 2016, 2021, Pérez-Torres *et al.* Sin publicar), resaltando la alta diversidad de especies de mamíferos de este departamento a nivel nacional. En el Anexo 1 se presenta la lista de especies.

Principales motores de pérdida de mamíferos en el departamento de Cundinamarca

Los mamíferos son de gran importancia para el mantenimiento de los ecosistemas, considerando su amplia variabilidad de roles ecológicos, dentro de los que se encuentran la dispersión de semillas, la polinización, el control de plagas, la herbivoría, entre otros. Igualmente, algunas especies son consideradas depredadoras tope, es decir se encuentran en la cima de la cadena alimenticia, por lo que permiten mantener el equilibrio poblacional de otras especies en los ecosistemas (Jones & Safi, 2011). No obstante, al igual que otros grupos de fauna, los mamíferos también se ven afectados por los diferentes motores de transformación en escalas locales y regionales a causa de las actividades antrópicas (de la Torre, *et al.* 2017).

La pérdida de hábitat y la fragmentación, la invasión de especies exóticas, los atropellamientos, la cacería, el tráfico ilegal y el cambio climático son algunos de los principales motores de pérdida para este grupo.

Pérdida y fragmentación del hábitat natural

La pérdida de hábitat y la fragmentación son procesos distintos, que generalmente están relacionados. Por un lado, la fragmentación corresponde a la transformación de un hábitat en porciones o fragmentos menores, dispersos en el espacio e inmersos en una matriz de hábitat diferente al original. Este proceso puede ser considerado especie-específico, pudiendo tener consecuencias negativas, como el aislamiento de poblaciones de una especie en particular, el cual

reduce la capacidad de dispersión de los individuos y aumenta el entrecruzamiento (Murcia, 1995; Turnerm, 1996; Fahrig, 2001; 2003). Sin embargo, algunas especies, pueden verse favorecidas con la fragmentación, pues las condiciones generadas por las zonas de borde pueden ser favorables para algunas especies. En general, esto ocurre con especies generalistas y de amplia distribución, las cuales presentan mayor adaptabilidad a nuevas condiciones ambientales y la capacidad de aprovechamiento de nuevos recursos.

Por otro lado, la pérdida de hábitat es un proceso que afecta negativamente a todas las especies, al reducir la disponibilidad de recursos esenciales para las mismas, dejándolas más vulnerables a procesos estocásticos y por consiguiente a un mayor riesgo de extinción (Fahrig, 2001; Fischer & Lindenmayer, 2007; Banks-Leite, Ewers, & Metzger, 2012; Myers *et al.* 2000). Adicionalmente, esta pérdida de hábitat puede ocurrir debido a la fragmentación, sin embargo esto no se relaciona necesariamente con el cambio (aumento o disminución) de una cobertura natural en el paisaje, puede ocurrir a través de otros procesos que no necesariamente conllevan a la reducción en la extensión del ecosistema. Por ejemplo, factores asociados con contaminación o procesos de entresaca o tala selectiva, conllevan una degradación y transformación del hábitat, afectando directamente a las especies que dependen de él. Igualmente, la pérdida o reducción de procesos ecológicos pueden causar un desequilibrio en el ecosistema y alterar el hábitat de otras especies.

La probabilidad de supervivencia de una especie a los procesos de fragmentación y pérdida de hábitat responde a la disponibilidad total de dicho ambiente en escala de paisaje. Es decir que una especie en particular depende no solamente del tamaño de la mancha de bosque en la que habita, sino del total de bosque presente en todo el paisaje. Sin embargo, esta relación no es totalmente lineal, pues las especies son capaces de resistir y recuperarse de diferentes disturbios o alteraciones del ambiente, pudiendo mantener aún poblaciones viables a pesar de una reducción del total de hábitat disponible. A pesar de esto, cuando la reducción del hábitat sobrepasa la capacidad de recuperación de las especies, aumenta la probabilidad de desaparición de la misma. Esto quiere decir que existe un punto límite (umbral) con relación a la cantidad mínima de entorno disponible para que una especie pueda persistir en el tiempo. Una vez se pasa de este punto la probabilidad de extinción aumenta drásticamente (Andren, 1994; Fahrig, 2001; Rhodes *et al.* 2008; Pardini *et al.* 2010). Este, conocido como umbral de

extinción, es específico para cada especie y puede variar entre el 5% y el 90% del total de hábitat remanente (Swift & Hannon, 2010).

Se estima que la pérdida y fragmentación del hábitat natural afecta al 40% de las especies de mamíferos a nivel mundial, siendo las regiones de Centro y Suramérica, África y el sudeste de Asia las regiones más afectadas por estos fenómenos. De acuerdo con algunas proyecciones de patrones de pérdida de mamíferos con relación a los puntos calientes de biodiversidad global (Visconti *et al.* 2011), se ha proyectado que con una disminución del 30% del hábitat disponible para el año 2050, Colombia contribuiría muy significativamente con una pérdida considerable de especies, sólo superado por países como Brasil y Argentina.

Históricamente, los procesos de transformación y pérdida de hábitat han sido continuos en el departamento de Cundinamarca, particularmente en el altiplano, donde la necesidad de adecuación de suelos para producción agropecuaria y urbanismo, y el aumento de la contaminación asociados al crecimiento del Distrito Capital, han sido los principales causantes de la transformación de los ecosistemas naturales (González-Maya *et al.* 2020).

Aunque no se tiene una medición exacta del riesgo de extinción en función de la cantidad y calidad del hábitat disponible para las especies de mamíferos, se identifican diferentes causas de la fragmentación y pérdida del ambiente natural en el departamento. Así, procesos como la transformación de zonas de páramo y bosque altoandino para la producción de papa, la minería y la ganadería han llevado a la pérdida de hábitat de especies de gran porte como el oso andino (*Tremarctos ornatus*), el puma (*Puma concolor*) y el tapir de montaña (*Tapirus pinchaque*) los cuales se encuentran asociados a zonas menos transformadas, lejos de centros urbanos y zonas periurbanas. Procesos como la potrerización del bosque seco en el valle del río Magdalena ha reducido el hábitat de especies como el Jaguar (*Panthera onca*), o especies de primates endémicos como el mono nocturno (*Aotus griseimembra*) y el tití gris (*Saguinus leucopus*), o el perezoso de dos dedos (*Choloepus hoffmanni*), los cuales requieren de la cobertura arbórea para sobrevivir.

Por otra parte, la degradación de los hábitats de especies especialistas como resultado de la adecuación de tierras para cultivo y la potrerización, han repercutido en la proliferación de especies generalistas que se adaptan con facilidad a nuevas condiciones ambientales y a la cercanía

con el ser humano. Estas especies, en ausencia de depredadores tope en general aumentan sus tamaños poblacionales pudiendo causar efectos negativos debido a la sobreexplotación de algunos recursos. Este es el caso de especies como la zarigüeya (*Didelphis pernigra*), el zorro (*Cerdocyon thous*) o la ardilla (*Syntheosciurus granatensis*) los cuales se adaptan fácilmente a los ambientes antrópicos y en la ausencia de depredadores, pueden causar efectos negativos sobre otras especies silvestres (por ejemplo, aumento en la depredación de nidos de aves, aumento en la herbivoría), o generar conflictos con el ser humano por la depredación de animales domésticos o daño a cultivos. Es así como la ausencia de depredadores, en vida silvestre, juega un papel fundamental tanto en la estabilidad de los ecosistemas como en la economía (Kansky & Knight, 2014).

Aunque las especies generalistas se adaptan con mayor facilidad a los cambios en sus hábitats naturales, no son ajenas a cambios drásticos por transformación. Procesos como la contaminación o la ampliación de la malla vial tanto en los centros poblados, como las vías intermunicipales, la construcción de proyectos lineales de infraestructura, como redes eléctricas o gasoductos, pueden generar efectos sobre la mastofauna, como resultado de la fragmentación, y reducción de los hábitats naturales.

Cacería y tráfico ilegal de especies

Cuando se piensa en tráfico ilegal de especies silvestres, es usual que se llegue a la crítica situación que enfrentan los miles de elefantes africanos o los rinocerontes que son masacrados año tras año para la obtención del marfil, así como el tigre, el enorme felino asiático del cual se obtienen de manera ilegal cientos de pieles enteras, huesos, garras, extremidades y otros derivados. No obstante, esta situación no sólo afecta a estas especies icónicas a nivel global (Rosen & Smith, 2010).

En América Latina y el Caribe, los mayores registros de incautaciones en el periodo 2010 – 2020 que se han reportado vía aérea, se presentan en países como México, Brasil y Colombia. Este último, un país megadiverso, cuenta con una ubicación geoestratégica que permite el flujo marítimo, terrestre y aéreo a los mayores centros de la economía mundial. Esta misma conexión, facilita también la movilización ilegal de fauna silvestre hacia los mercados norteamericanos y asiáticos que son los principales destinos de especies silvestres provenientes de este país (Mendivelso & Montenegro, 2007). Este delito es abordado por la fuerza pública colombiana como un crimen organizado con el

cual también se presentan delitos conexos como el lavado de dinero y el tráfico de drogas. Lo anterior, hace que este negocio ilegal sea de interés para la seguridad nacional y para la estabilidad transfronteriza (INTERPOL, 2020). La estructura de este crimen organizado es similar en los diferentes países de América Latina y el Caribe, en las primeras fases participan comunidades económicamente vulnerables como campesinos, colonos e indígenas quienes se encargan de la extracción de los individuos de su hábitat natural, recibiendo una baja remuneración económica que no es comparable con las ganancias que obtienen los comerciantes finales de este negocio ilegal (Hernández & Linares, 2006). Los recolectores mantienen a los individuos vivos en condiciones de hacinamiento e insalubridad. Posteriormente los individuos son entregados a los intermediarios de transporte quienes se encargan de distribuirlos en las ciudades para su comercio interno o para fines de exportación en los principales puertos fluviales, marítimos y aéreos del país (Hernández & Linares, 2006). Las precarias condiciones en las que son mantenidos los individuos desde el momento de su captura hasta el transporte y posterior comercio conllevan a bajas tasas de sobrevivencia (Hernández, Vargas & González, 2020).

La extracción de individuos con fines de aprovechamiento ilícito se concentra en ciertas regiones del país, principalmente, en las regiones que concentran la mayor biodiversidad. Lo anterior, ocasiona pérdidas importantes de poblaciones en una misma área geográfica, haciendo que el impacto sea severo y se impulse de manera acelerada las extinciones locales y con ellas, un drástico declive de los ecosistemas a nivel regional (Ceballos, García & Ehrlich, 2010).

En términos generales, los mamíferos son considerados especies carismáticas y tienen una estrecha relación con el ser humano. Esta relación desde lo estético y lo cultural hace que los mamíferos sean un blanco llamativo de los traficantes, principalmente en lo que respecta al comercio de especímenes vivos y para la obtención de derivados como pieles y extremidades.

A través de marcadores mitocondriales (mtDNA) se estimó que las regiones del país que concentran la mayor procedencia de mamíferos son la Costa Atlántica, Antioquia, Santander, Meta y Amazonía, los cuales son transportados hasta la capital del país, que recibe en su mayoría especímenes vivos de los órdenes Primates, Rodentia, Carnívora, Didelphimorpha, y Xenarthra (Ruiz-García, *et al.* 2020).

Aunque no es posible establecer con precisión cuántos mamíferos se trafican en el país, la cifra de incautaciones realizadas por las autoridades ambientales y la fuerza pública en Bogotá D.C., uno de los epicentros de movilidad ilegal de especies del país, ascendió a un total de 29.423 especímenes en el periodo 2007 y 2015 lo que corresponde a cerca de 4.776 individuos recuperados por año (SDA, 2020). Si bien la legislación colombiana contempla diferentes mecanismos de políticas públicas para reforzar el control al tráfico ilegal de fauna silvestre, la efectividad de estas políticas sobre las estadísticas reales debe leerse con precaución, ya que las cifras permiten reflejar las acciones de control, pero no necesariamente reflejan la realidad del número de especímenes que son traficados de manera ilegal en el país, cifras que podrían ser considerablemente mayores (Mancera & Reyes 2008; González-Maya *et al.* 2019).

Los efectos del tráfico ilegal sobre los mamíferos de Colombia han repercutido no sólo en la pérdida de poblaciones de fauna silvestre, sino también a nivel de especies. Por ejemplo, se ha documentado la extinción de especies como la foca monje del Caribe (*Monachus tropicalis*), de la cual se obtuvo el último registro en el año 1965 en archipiélago de San Andrés y Providencia, luego de diversos estudios fue declarada extinta en el año 1996, la cual fue objeto de una intensiva actividad de cacería para la obtención de pieles y aceites en los siglos XVII y XVIII (Le Boeuf, Kenyon & Villa-Ramirez, 1986; Castellanos, 2006).

Para el departamento de Cundinamarca se registran como los grupos más traficados las aves seguido por los reptiles y mamíferos (Suárez-Giorgi, 2017). Las autoridades policivas, en trabajo articulado con las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), reportaron para el año 2020, más de 19.000 especímenes incautados, y, para el periodo 2016-2019, más de 95.000. Uno de los puntos críticos que se han identificado en la ruta del tráfico es el corredor Girardot – Bogotá, el cual ha sido catalogado como uno de los epicentros de comercio de fauna a nivel departamental. Se estima que por esta ruta ingresa la mayor cantidad de ejemplares traficados desde los departamentos del Caquetá, Huila, Cauca, Tolima, así como del Eje Cafetero.

De acuerdo con estos datos, la mayoría de los especímenes de fauna silvestre traficados en el departamento provienen de otras regiones del país, siendo el departamento de Cundinamarca zona de tránsito y comercialización de ellos, lo que a su vez ayuda a promover la extracción ilegal de fauna en otros departamentos. Sin embargo, el hecho que el departamento sea un punto de comercialización y la intensificación en los últimos años de las acciones de control por parte de las autoridades

ambientales, puede llegar a generar impactos negativos sobre la fauna del departamento, considerando que en muchas ocasiones los tenedores ilegales, para evitar sanciones, o simplemente por encarte, liberan a estos individuos en las zonas urbanas o periurbanas del departamento, sin importar si los individuos liberados son originarios de dichas zonas. Esto lleva a un proceso de introducción de especies en ambientes o ecosistemas donde no se encontraban anteriormente pudiendo causar desequilibrio de los procesos ecológicos de dichos ecosistemas (Bellard, Cassey & Blackburn 2016).

Conflicto con el ser humano

El cambio en el uso de suelo es la transformación o reemplazamiento de coberturas naturales por áreas destinadas a la producción, principalmente agrícola y pecuaria. Esta expansión de la frontera productiva conlleva a la reducción del hábitat natural de cientos de especies que requieren de las coberturas naturales para su supervivencia, puesto que en estas establecen complejos relacionamientos con su entorno (Aguirre-Sierra *et al.* 2022). Este cambio en el uso del suelo genera un desequilibrio ecológico que se refleja entre otras, en el aumento de permeabilidad entre el entorno transformado y natural (efecto borde), así como en la disminución de sitios de forrajeo, sitios de reproducción y fuentes de alimentación, principalmente para especies especialistas (Pineda-Guerrero *et al.* 2015).

Este desequilibrio, que se acentúa principalmente en áreas rurales y periurbanas, impulsa a diferentes grupos faunísticos como los mamíferos, a desplazarse desde los relictos de hábitat natural hacia las áreas transformadas en búsqueda de alimento (Aguirre-Sierra *et al.* 2022). Así mismo, el incremento en la permeabilidad entre las áreas conservadas y transformadas permite que los animales domésticos se adentren en espacios propios de la fauna silvestre, incrementando el contacto entre ella y la fauna doméstica. Dicho contacto, se manifiesta desde y hacia la fauna silvestre e incrementa las interacciones negativas entre los mismos (Bonacic *et al.* 2010).

Por un lado, se ha reportado que animales domésticos como perros y gatos ahuyentan y desplazan a los animales silvestres, concentrándolas en áreas con menor exposición frente a los mismos (Zapata-Ríos & Branch 2016; Cáceres-Martínez; Acevedo & González-Maya, 2016). De igual manera, los animales domésticos ejercen presión por depredación sobre diferentes especies de mamíferos silvestres, y pueden ser potenciales transmisores de parásitos y enfermedades que impactan de

manera negativa las poblaciones naturales de los mamíferos silvestres, propiciando contagios que pueden afectar incluso, al ser humano (Monsalve, Mattar & González, 2009; León & Arévalo, 2019).

De otro lado, se ha reportado un incremento importante en el número de eventos de depredación de animales silvestres sobre animales de granja como aves de corral, cerdos, ganado vacuno, caprinos, entre otros, que son el sustento económico de importantes poblaciones campesinas en el país (Payán & González-Maya, 2011). Producto de la depredación de fauna silvestre sobre animales de granja, se generan pérdidas económicas importantes en las poblaciones campesinas, las cuales impulsan entre otras, la cacería por retaliación, generando conflictos con el ser humano.

Este conflicto, entendido usualmente como las interacciones negativas en donde la fauna significa una amenaza directa y recurrente sobre los medios de vida o seguridad de las personas, que usualmente conllevan a la persecución de la fauna silvestre y conflictos sobre lo que se debe hacer (IUCN 2020), es una de las principales causas de pérdida de mamíferos a nivel nacional. Así mismo, esta interacción negativa genera en las comunidades afectadas, una percepción de amenaza no sólo para los animales de producción sino también, para la vida humana (González-Maya *et al.* 2019). No obstante, en Colombia los eventos de ataque de grandes depredadores hacia los seres humanos han sido poco documentados y no se ha establecido con certeza que el atacante corresponda a un animal silvestre.

En el departamento de Cundinamarca, se ha documentado que las especies más afectadas por conflicto hombre - fauna silvestre son principalmente carnívoros de gran porte como el *Puma concolor* y la *Panthera onca* (González-Maya *et al.* 2019).

Atropellamientos

El crecimiento acelerado de los centros urbanos hacia las zonas periurbanas, y la necesidad de interconexión para favorecer la movilidad entre diferentes municipios, ha impulsado la construcción de nuevas vías y la ampliación de carreteras y caminos existentes, las cuales generan en su mayoría, fragmentación de los hábitats naturales y afectan los procesos de conectividad estructural y funcional de las poblaciones de fauna silvestre (González-Maya *et al.* 2019). Dicha fragmentación resulta en procesos de aislamiento de especies y poblaciones, que deben utilizar los corredores viales para transitar de

un fragmento de hábitat a otro. Este tránsito, expone a los individuos y poblaciones a sufrir eventos de atropellamiento, más aún en tramos de alta sinuosidad donde no se cuenta con elementos como reductores de velocidad, señalética, iluminación y otros elementos que permitan a los conductores esquivar la fauna que utiliza las vías para transitar.

En el departamento de Cundinamarca, las vías principales se encuentran en cercanía a coberturas naturales que, a su vez, corresponden a áreas de alta biodiversidad. Además de la fragmentación del paisaje, los atropellamientos también son un motor de pérdida de diversidad en el departamento. Se ha identificado que los corredores o ejes viales con mayor riesgo de atropellamiento son la vía Pacho - La Palma, Guatavita - Sesquilé, Bogotá - La Caro, Cambao-Guataquí y la vía Capellanía-Susa (González-Maya *et al.* 2019).

En aras de reducir el riesgo de atropellamiento de fauna silvestre en estos y en otros ejes viales del departamento, se han identificado un conjunto de estrategias principalmente orientadas a la generación de información, planificación territorial, políticas públicas y educación vial (Díaz-Pulido & Benítez, 2013). En relación con la generación de nueva información, es importante tener a consideración que a la fecha no se cuenta con una cuantificación del impacto que tienen los atropellamientos sobre los mamíferos silvestres a nivel departamental, especialmente frente a la identificación de especies más atropelladas, la identificación de los parches más vulnerables por fragmentación vial y las carreteras con mayores valores de riesgo (González-Maya *et al.* 2019). Sin embargo, un estudio reciente identificó para tres corredores viales del departamento que los mamíferos fueron el grupo más afectado por esta amenaza (67.30% de todos los individuos atropellados), donde la principal especie afectada fue *Didelphis marsupialis*, pero con registros para *Cerdocyon thous*, *Syntheosciurus granatensis*, *Tamandua tetradactyla*, *Leopardus tigrinus* y *Leopardus pardalis* (González-Maya *et al.* 2019).

En cuanto a las acciones de planificación territorial, es importante evaluar los impactos que pueden llegar a tener las nuevas carreteras según el contexto de paisaje, así como impulsar políticas públicas encaminadas al monitoreo de eventos de atropellamientos y al fomento de medidas de reducción de riesgo y mitigación de atropellamientos; tanto de los nuevos proyectos como en los corredores viales ya existentes (González-Maya *et al.* 2019).

En cuanto a la educación vial, es importante contar con mecanismos de acercamiento a los diferentes usuarios y empresas de

concesión vial que permitan generar estrategias integrales para abordar la problemática de atropellamientos, haciendo énfasis en la conducción con responsabilidad, así como en la generación de rutas de atención y reporte que permitan a las autoridades actuar de manera efectiva frente a los eventos de atropellamientos que se puedan presentar (Díaz-Pulido & Benítez, 2013).

Cambio climático

Históricamente el cambio en los patrones climáticos ha marcado las diferentes eras geológicas de la vida sobre la tierra. Como se mencionó en los primeros apartados de este capítulo, este cambio se ha presentado cinco veces en la historia del planeta tierra por efectos tanto naturales como estocásticos, en los cuales resaltan las masivas erupciones volcánicas, glaciaciones, el colapso de meteoritos con el globo terráqueo, entre otras, que de manera progresiva condujeron a extinciones masivas e impulsaron la evolución y diversificación de la vida sobre la tierra (Castellanos, 2006).

Los efectos de los cambios globales repercuten en cambios en las corrientes marinas, alteraciones en el régimen de lluvias, sequías más prolongadas y pronunciadas, alteración de la capa de ozono, entre otras, que disminuyen las probabilidades de sobrevivencia de miles de especies adaptadas a las condiciones ambientales y ecológicas previas a los cambios (González-Maya *et al.* 2020). No obstante, el cambio climático global que vive el ser humano en la actualidad, es el resultado del impacto del hombre sobre los sistemas naturales, el cual está generando cambios a un ritmo tan acelerado que impide la adaptación de las especies a las nuevas condiciones climáticas.

El cambio climático actúa de manera sinérgica con los demás motores de pérdida de la biodiversidad descritos en el presente capítulo, siendo uno de los promotores más importantes, la deforestación y la intensificación de cambio en el uso del suelo para actividades mineras y agropecuarias (Castellanos, 2006; Nigel & Stork, 2010).

Existen grupos de especies con mayor grado de amenaza y riesgo de pérdida que otras, lo cual dependerá no solo de las características de las especies, sino también de las condiciones biogeográficas de su distribución. Los patrones de distribución natural de las especies varían conforme se modifican los patrones climáticos a múltiples escalas. Estas variaciones ocurren desde la escala local (microclimas) hasta la escala global con efectos catastróficos sobre las especies. A pesar de que no

existen muchos estudios para el país, y en especial para el departamento, estudios previos han evidenciado el efecto potencial de la variación climática sobre especies como el jaguar (Arias-Alzate, 2012) o primates amenazados (Arias-González *et al.* 2021), entre otros. Sin embargo, en este volumen se presenta una aproximación para la mayoría de las especies en el departamento, que se presenta en capítulos posteriores.

Es importante reconocer que, mediante la evidencia científica disponible, el cambio climático es un hecho y como tal, requiere aproximaciones multidimensionales y temporales desde lo local a lo global. Para combatir esta problemática, es imperativo trabajar desde dos frentes principales: la mitigación y la adaptación.

Mitigación de motores de pérdida de biodiversidad

La intensificación de los procesos de pérdida de biodiversidad asociados con los disturbios antrópicos y los cambios de clima extremos están asociados con la extinción de mamíferos de grande porte en escalas locales (Wan *et al.* 2019). Sin embargo, la ausencia de estudios y cuantificación de los efectos generados por los motores de transformación y pérdida de biodiversidad de mamíferos a nivel departamental es la limitante para la evaluación del estado de biodiversidad y las amenazas a nivel regional, y limita la identificación y postulación de estrategias orientadas a la mitigación de dichas amenazas (al menos aplicables a escala local) y la transformación de los motores que conllevan a la degradación y pérdida de los ecosistemas.

Un primer ejercicio debe ir orientado a identificar los principales motores de pérdida de biodiversidad en el departamento y realizar el seguimiento de estos en el tiempo, de tal forma que permita identificar los efectos, la magnitud y la extensión de los procesos de transformación y pérdida de la biodiversidad. Las acciones para la reducción en la tendencia de pérdida de biodiversidad requieren del planteamiento de estrategias aplicables en diferentes escalas, que conlleven a reducir la incidencia de los motores directos de transformación y lograr el desarrollo de una conciencia orientada al uso sostenible de los recursos naturales. Para esto se debe iniciar por el proceso de cambio de las instituciones, las cuales deben ser eficaces y eficientes en la proporción de mecanismos a través de los cuales se da acceso y uso a los servicios ecosistémicos, de tal forma que estos permitan suplir las necesidades de las comunidades manteniendo la equidad en el uso de dichos

recursos y la gobernabilidad en su administración y reglamentación; debiendo ser también, organismos mediáticos en la resolución de conflictos resultantes del aprovechamiento de los bienes y servicios de la biodiversidad y la presencia de intereses individuales o sociales que puedan afectarlos.

Todas las amenazas tanto directas como indirectas que fueron descritas en el presente capítulo, ejercen presiones sobre las poblaciones de mamíferos en el departamento de Cundinamarca, no obstante, podrían priorizarse para acciones urgentes a atender la cacería ilegal (escenarios de conflicto/retaliación o con fines de comercio ilegal), la pérdida de hábitat natural y al entendimiento del efecto del cambio climático sobre los patrones de distribución de especies, cambios sobre el funcionamiento de los ecosistemas y los servicios ecosistémicos como fuente de recursos y bienestar para el ser humano. A pesar de que existen instrumentos y herramientas legales, aún falta muchísimo avance en su adecuado uso y ejecución y, por ende, aún se quedan cortas las medidas que efectivamente revierten algunos de estos procesos o reducen las amenazas.

Referencias

- Aguirre Sierra, L, Zárrate-Charry, D.A., Lemus-Mejía, L., Morales-Perdomo, J, & González-Maya, J.F. (2022) Not only range, but quality: human influence and protected areas within the distribution of mammal species subject to use in the Department of Cundinamarca, Colombia. *Nature Conservation* 48:57-81. <https://doi.org/10.3897/natureconservation.48.77722>
- Álvarez, H. C. F., Alvarez-Davila, E., Ajiaco, R. E., Buitrago, L., Ortiz, G. R., Gonzalez, M., Herrera-R, G. A., Laverde-R, O., Maldonado-Ocampo, J. A., Plata, C., Rosselli, L., Sanjuan, T., & Uribe, S. (2019). Estado de la Biodiversidad en Colombia. In *Evaluación nacional de biodiversidad y servicios ecosistémicos* (Vol. 1, p. 330).
- Andren, H. (1994). Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. *Oikos* 71(3): 355–366. <https://doi.org/10.2307/3545823>
- Arias-Alzate, A. (2012). Distribución geográfica potencial actual y futura del jaguar (*Panthera onca*) en Colombia: implicaciones para su conservación. *Mastozoología Neotropical*, 19(1).
- Arias-González, C., González-Maya, J.F., González Zamorano, P. & Ortega, A. (2021) Climate refugia for two Colombian endemic tamarin primates are critically under-protected. *Mamm Biol* 101: 531–543. <https://doi.org/10.1007/s42991-021-00151-0>
- Banks-Leite, C., Ewers, R. M., & Metzger, J. P. (2012). Unraveling the drivers of community dissimilarity and species extinction in fragmented landscapes. *Ecology*, 93(12), 2560–2569. <https://doi.org/10.1890/11-2054.1>
- Bellard, C., Cassey, P., & Blackburn, T. M. (2016). Alien species as a driver of recent extinctions. *Biology Letters*, 12(4). <https://doi.org/10.1098/rsbl.2015.0623>
- Bonacic, C., Almuna, R., Ibarra, T. (2019). Biodiversity Conservation Requires Management of Feral Domestic Animals. , *Science & Society* 34(8): 683-686. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2019.05.002>
- Castellanos, C. A. (2006). Extinción. Causas y efectos sobre la diversidad biológica. *Revista Luna Azul*, (23), 33-37. <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=321727225007>
- Cáceres-Martínez, C. H., Acevedo Rincón, A. A., & González-Maya, J. F. (2016). Terrestrial medium and large-sized mammal's diversity and activity patterns from Tamá National Natural Park and buffer

- zone, Colombia. *Therya*, 7(2):285-298. <https://doi.org/10.12933/therya-16-397>
- Ceballos, G., Ehrlich, P. R., Barnosky, A. D., Garcia, A., Pringle, R. M. & Palmer, T. M. (2015). Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science Advances*, 1(5), e1400253. DOI: 10.1126/sciadv.1400253
- Ceballos, G., García, A., & Ehrlich, P. R. (2010). The sixth extinction crisis: Loss of animal populations and species. *Journal of Cosmology*, 8(1821), 31.
- Ceballos, G., Ehrlich, P. R., & Raven, P. H. (2020). Vertebrates on the brink as indicators of biological annihilation and the sixth mass extinction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(24), 13596-13602. doi: 10.1073/pnas.1922686117
- Chaparro-Herrera, S., Lopera-Salazar, A., & Stiles, F. G. (2018). Aves del departamento de Cundinamarca, Colombia: conocimiento, nuevos registros y vacíos de información. *Biota Colombiana*, 19(1), 160–189. <https://doi.org/10.21068/c2018.v19n01a11>
- de la Torre, J. A., González-Maya, J. F., Zarza, H., Ceballos, G., Medellín, R. A. (2017). The jaguar's spots are darker than they appear: assessing the global conservation status of the jaguar *Panthera onca*. *Oryx*, (), 1–16. <https://doi.org/10.1017/S0030605316001046>
- Daily, G., Postel, S., Bawa, K., & Kaufman, L. (1997). *Nature's Services: Societal Dependence On Natural Ecosystems*. Bibliovault OAI Repository, the University of Chicago Press.
- Diaz-Pulido, A., & Benítez, A. (2013). Wildlife road crossing and mortality: lessons for wildlife friendly road design in Colombia. In *Proceeding of International Conference on Ecology and Transportation* (pp. 2-18). <https://trid.trb.org/view.aspx?id=1344536>
- Dirzo, R., & Raven, P. H. (2003). Global state of biodiversity and loss. *Annual Review of Environment and Resources*, 28. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.050302.105532>
- Dirzo, R., Young, H. S., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N. J., & Collen, B. (2014). Defaunation in the Anthropocene. *Science*, 345(6195), 401-406. DOI: 10.1126/science.1251817.
- Etter, A., Andrade, A., Saavedra, K., Amaya, P., Arévalo, P., Cortés, J., Pacheco, C., & Soler, D. (2017). *Lista Roja de Ecosistemas de Colombia (Vers. 2.0)*.
- Fahrig, L. (2001). How much habitat is enough? *Biological Conservation*, 100(1), 65–74. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(00\)00208-1](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(00)00208-1)

- Fahrig, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34(1): 487–515. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419>
- Fischer, J., & Lindenmayer, D. (2007). Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. *Global Ecology and Biogeography*, 16, 265–280. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2006.00287.x>
- González-Maya J.F., Gómez-Junco G.P., Jiménez-Alvarado J.S., Moreno-Díaz C. (2019). Informe técnico final. Convenio de Asociación No. 1838 de 2017 suscrito entre la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) y Proyecto de Conservación de Aguas y Tierras (ProCAT) Colombia. Caracterización de las presiones actuales sobre las poblaciones de mamíferos grandes y medianos en el territorio CAR. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) y Proyecto de Conservación de Aguas y Tierras (ProCAT) Colombia. Bogotá, Colombia. 265 pp.
- Hernández, M., & Linares, J. (2006). El tráfico de especies silvestres como empresa del crimen organizado. *Revista Criminalidad*, 48, 338-348.
- Isbell, F., Reich, P. B., Tilman, D., Hobbie, S. E., Polasky, S., & Binder, S. (2013). Nutrient enrichment, biodiversity loss, and consequent declines in ecosystem productivity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(29). <https://doi.org/10.1073/pnas.1310880110>
- IUCN. (2020). IUCN SSC Position Statement on the Management of Human-Wildlife Conflict. IUCN Species Survival Commission (SSC) Human-Wildlife Conflict Task Force.
- Jones, K. E., & Safi, K. (2011). Ecology and evolution of mammalian biodiversity. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 366(1577):2451-61 DOI: 10.1098/rstb.2011.0090
- Kansky, R., & Knight, A. T. (2014). Key factors driving attitudes towards large mammals in conflict with humans. *Biological Conservation*, 179, 93–105. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.09.008>
- Kunz, T. H., de Torrez, E. B., Bauer, D., Lobova, T., & Fleming, T. H. (2011). Ecosystem services provided by bats. In *Annals of the New York Academy of Sciences* (Vol. 1223, Issue 1). <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2011.06004>.
- Lacher, T. E., Davidson, A. D., Fleming, T. H., Gómez-Ruiz, E. P., McCracken, G. F., Owen-Smith, N., Peres, C. A., & Vander Wall, S. B. (2019). The functional roles of mammals in ecosystems. *Journal of Mammalogy*, 100(3). <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyy183>

- León, D. S. R., & Arévalo, H. F. L. (2019). Variación de la abundancia relativa de perros en un gradiente de presencia humana en dos reservas privadas (Tabio, Cundinamarca). *Acta Biológica Colombiana*, 24(2), 379-390. <https://doi.org/10.15446/abc.v24n2.70608>.
- Le Boeuf, B.J., Kenyon, K.W. and Villa-Ramirez, B. (1986). The Caribbean monk seal is extinct. *Marine Mammal Science* 2, 70-72. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.1986.tb00028.x>
- Lindenmayer, D. B., & Fischer, J. (2007). Tackling the habitat fragmentation panchreston. *Trends in Ecology & Evolution*, 22(3), 127-32. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.11.006>
- Mancera, N.J. & Reyes, O. (2008). Comercio de fauna silvestre en Colombia. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*. 6(2), 4618-4645
- Márquez, G., Bojórquez, A. R., & Hernández G. B. (2020). El tráfico ilegal de especies silvestres. Una pérdida del patrimonio natural. XIV Congreso Virtual Internacional Turismo y Desarrollo. <https://www.eumed.net/actas/20/turismo/20-el-trafico-ilegal-de-especies-silvestres.pdf>
- Mendivelso, D. A., & Montenegro, O. L. (2007). Diagnóstico del tráfico ilegal y del manejo post decomiso de fauna silvestre en nueve corporaciones autónomas regionales de Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 12, 125-127. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/27679>
- MEA. (2005). *Assessment, Millenium Ecosystem - Ecosystems and human well-being*. Island Press.
- Moleón, M., Sánchez-Zapata, J. A., Margalida, A., Carrete, M., Owen-Smith, N., & Donázar, J. A. (2014). Humans and scavengers: The evolution of interactions and ecosystem services. In *BioScience* (Vol. 64, Issue 5). <https://doi.org/10.1093/biosci/biu034>
- Montes, C., & Sala, O. (2007). La evaluación de los ecosistemas del milenio. Las relaciones entre el funcionamiento de los ecosistemas y el bienestar humano. *Ecosistemas. Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 16(3).
- Monsalve, S., Mattar, S., & Gonzalez, M. (2009). Zoonosis transmitidas por animales silvestres y su impacto en las enfermedades emergentes y reemergentes. *Revista MVZ Córdoba*, 14(2).
- Moreno, L. A., Andrade, G. I., & Ruíz-Contreras, L. F. (2016). Biodiversidad 2016. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. In *Biodiversidad 2016. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia*. <https://doi.org/10.21068/b001>

- Murcia, C. (1995). Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology & Evolution*, 10(2), 58–62. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)88977-6](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)88977-6)
- Myers, N., Mittermeier, R. a, Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. A, & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853–858. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- Nigel E. Stork. (2010). Re-assessing current extinction rates. *Biodiversity and Conservation*, 19, 357-371. <https://doi.org/10.1007/s10531-009-9761-9>
- Organización Internacional de Policía Criminal (INTERPOL). (2020). Delitos contra el medio ambiente. <https://www.interpol.int/es/Delitos/Delitos-contra-el-medio-ambiente> www.iucn.org/theme/species/publications/policies-and-positionstatements%0AFoto
- Payán-Garrido, E & González-Maya, J. F. (2011). Distribución geográfica de la Oncilla (*Leopardus tigrinus*) en Colombia e implicaciones para su conservación. *Revista Latinoamericana de Conservación* 2(1).
- Pineda-Guerrero A., González-Maya J. F., Pérez-Torres J. (2015). Conservation value of forest fragments for medium-sized carnivores in a silvopastoral system in Colombia. *Mammalia* 79, 115-119. <https://doi.org/10.1515/mammalia-2013-0050>
- Pérez-Torres, J., González-Maya, J.F., Cruz-Rodríguez, C.A., Solari, S., Pantoja, G., & Pineda-Muñoz, S., (2020). Mamíferos de Cundinamarca-Colombia: Historia y presente de los mamíferos del corazón de Colombia. In press.
- Petchey, O. L., & Gaston, K. J. (2002). Extinction and the loss of functional diversity. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 269(1501), 1721-1727. <https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2073>
- Polasky, S., Nelson, E., Pennington, D., & Johnson, K. A. (2011). The Impact of Land-Use Change on Ecosystem Services, Biodiversity and Returns to Landowners. *A Case Study in the State of Minnesota*, 48(2), 219–242. <https://doi.org/10.1007/s10640-010-9407-0>
- Ramírez-Chaves, H. E., Castro, Suárez, A. F., Morales-Martínez, D. M., Rodríguez-Posada, M. E., Zurc, D., Concha Osbahr, D. C., Trujillo, A., Noguera-Urbano, E. A., Pantoja Peña, G. E., González Maya, J. F., Pérez Torres, J., Mantilla Meluk, H., López Castañeda, C., Velásquez Valencia, A., & Zárrate Charry, D. (2021). Mamíferos de Colombia. V1.12. *Sociedad Colombiana de Mastozoología, Dataset/Ch.*
- Ramírez-Chaves, H. E., Suárez-Castro, A. F., & González-Maya, J. F. (2016).

Cambios recientes a la lista de los mamíferos de Colombia. *Mammalogy Notes*, 3(1), 1–9. <https://doi.org/10.47603/manovol3n1.1-9>

Robledo-Buitrago, D. A., Polanco-Puerta, M. F., De Luque-Villa, M., Mesa-Caro, M., & Calderón-Ricardo, C. A. (2021). Climate Change Trends in Colombia: A Case Study in Facativá, Cundinamarca. *Int J Sustain Dev Plan.*, 16(3), 535-542. <https://doi.org/10.18280/ijstdp.160314>

Rosen, G., & Smith, K. (2010). Summarizing the Evidence on the International Trade in Illegal Wildlife. 7(1), 24–32. DOI: 10.1007/s10393-010-0317-y

Rhodes, J. R., Callaghan, J. G., McAlpine, C. A., De Jong, C., Bowen, M. E., Mitchell, D. L., & Possingham, H. P. (2008). Regional variation in habitat–occupancy thresholds: a warning for conservation planning. *Journal of Applied Ecology*, 45(2), 549-557. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01407.x>

Ruiz-García, M., Leguizamón, N., Bello, A., Pinedo-Castro, M., Ortega, J. M., & Jaramillo, M. F. (2020). Determinación de los orígenes geográficos de los mamíferos silvestres decomisados por la Secretaría Distrital del Ambiente (SDA) en Bogotá (Colombia) durante 2017-2018 mediante análisis moleculares. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección* , 114, 50-76. DOI:10.29077/bol.114.e03

Secretaría Distrital de Ambiente, (SDA) – (2020). ¿Qué es tráfico ilegal y qué implicaciones tiene para nuestra fauna silvestre? Disponible en: <https://ambientebogota.gov.co/web/sda/trafico-ilegal>

SiB Colombia (2021, diciembre 31) Biodiversidad en Cifras, Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia. Recuperado de: <https://cifras.biodiversidad.co/>

Suarez-Giorgi, C. A. (2017). Diagnóstico del Tráfico Ilegal de Fauna Silvestre en Jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca–CAR, departamentos de Cundinamarca y Boyacá, Colombia. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/15235/SuarezGiorgiCarlosAndres2016.pdf;sequence=1>

Swift, T. L., & Hannon, S. J. (2010). Critical thresholds associated with habitat loss: a review of the concepts, evidence, and applications. *Biological reviews*, 85(1), 35-53. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2009.00093.x>

- Turner I. M. (1996). Species loss in fragments of tropical rain forest : a review of the evidence. *Journal of Applied Ecology*, 33(2), 200–209. <https://doi.org/10.2307/2404743>
- Urbina-Cardona, J. N., Bernal, E. A., Giraldo-Echeverry, N., & Echeverry-Alcendra, A. (2015). El monitoreo de herpetofauna en los procesos de restauración ecológica: indicadores y métodos. In M. Aguilar-Garavito & W. Ramírez (Eds.), *Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres* (pp. 134–147). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos “Alexander von Humboldt.”
- Visconti, P., Pressey, R. L., Giorgini, D., Maiorano, L., Bakkenes, M., Boitani, L., Alkemade, R., Falcucci, A., Chiozza, F., & Rondinini, C. (2011). Future hotspots of terrestrial mammal loss. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366(1578), 2693–2702. <https://doi.org/10.1098/rstb.2011.0105>
- Wan, X., Jiang, G., Yan, C., He, F., Wen, R., Gu, J., Li, X., Ma, J., Stenseth, N. C., & Zhang, Z. (2019). Historical records reveal the distinctive associations of human disturbance and extreme climate change with local extinction of mammals. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(38), 19001–19008. <https://doi.org/10.1073/pnas.1818019116>
- Zapata-Ríos, G., & Branch, L. C. (2016). Altered activity patterns and reduced abundance of native mammals in sites with feral dogs in the high Andes. *Biological Conservation*, 193, 9–16. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.10.016>

Anexo 1. Lista de especies según orden y familia confirmados para el departamento de Cundinamarca (Pérez-Torres *et al.*, sin publicar).

Orden	Familia	Especie		
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Caluromys lanatus</i>	(Olfers, 1818)	
		<i>Chironectes minimus</i>	(Zimmermann, 1780)	
		<i>Didelphis marsupialis</i>	Linnaeus, 1758	
		<i>Didelphis pernigra</i>	J.A. Allen, 1900	
		<i>Gracilinanus dryas</i>	(Thomas, 1898)	
		<i>Gracilinanus marica</i>	(Thomas, 1898)	
		<i>Lutreolina crassicaudata</i>	(Desmarest, 1804)	
		<i>Marmosa isthmica</i>	Goldman, 1912	
		<i>Marmosa regina</i>	Thomas, 1898	
		<i>Marmosa robinsoni</i>	Bangs, 1898	
		<i>Marmosa waterhousei</i>	(Tomes, 1860)	
		<i>Marmosops cauceae</i>	(Thomas, 1900)	
		<i>Marmosops fuscatus</i>	(Thomas, 1896)	
Paucituberculata	Caenolestidae	<i>Caenolestes fuliginosus</i>	(Tomes, 1863)	
		Chlamyphoridae	<i>Cabassous centralis</i>	(Miler, 1899)
			<i>Priodontes maximus</i>	(Kerr, 1792)
Cingulata	Dasypodidae	<i>Dasybus novemcinctus</i>	Linnaeus, 1758	
		<i>Dasybus pastasae</i>	(Thomas, 1901)	
		<i>Dasybus sabanicola</i>	Mondolfi, 1968	
Pilosa	Megalonychidae	<i>Bradypus variegatus</i>	Schinz, 1825	
		Cyclopedidae	<i>Choloepus didactylus</i>	(Linnaeus, 1758)
			<i>Choloepus hoffmanni</i>	Peters, 1858
Pilosa	Myrmecophagidae	<i>Cyclopes didactylus</i>	(Linnaeus, 1758)	
		<i>Myrmecophaga tridactyla</i>	Linnaeus, 1758	
		<i>Tamandua mexicana</i>	(Saussure, 1860)	
		<i>Tamandua tetradactyla</i>	Linnaeus, 1758	

Mamíferos de Cundinamarca:
diversidad, conservación y cambio climático

Orden	Familia	Especie		
Soricomorpha	Soricidae	<i>Cryptotis brachyonyx</i>	Woodman & Timm, 1993	
		<i>Cryptotis thomasi</i>	(Merriam, 1897)	
	Emballonuridae	<i>Cormura brevirostris</i>	(Wagner, 1843)	
		<i>Peropteryx kappleri</i>	Peters, 1867	
		<i>Saccolaryx bilineata</i>	(Temminck, 1838)	
		<i>Saccolaryx leptura</i>	(Schreber, 1774)	
		<i>Noctilio albiventris</i>	Desmarest, 1818	
	Mormoopidae	<i>Mormoops megalophylla</i>	(Peters, 1864)	
		<i>Pteronotus parnellii</i>	(Gray, 1843)	
	Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Carollia brevicauda</i>	(Schinz, 1821)
			<i>Carollia castanea</i>	H. Allen, 1890
			<i>Carollia perspicillata</i>	(Linnaeus, 1758)
			<i>Desmodus rotundus</i>	(É. Geoffroy Saint Hilaire, 1810)
			<i>Diaemus youngii</i>	(Jentik, 1893)
			<i>Carollia brevicauda</i>	(Schinz, 1821)
			<i>Carollia castanea</i>	H. Allen, 1890
			<i>Carollia perspicillata</i>	(Linnaeus, 1758)
			<i>Desmodus rotundus</i>	(É. Geoffroy Saint Hilaire, 1810)
			<i>Diaemus youngii</i>	(Jentik, 1893)
			<i>Anoura peruana</i>	(Tschudi, 1844)
		<i>Choeroniscus godmani</i>	(Thomas, 1903)	
		<i>Choeroniscus minor</i>	(Peters, 1868)	
		<i>Glossophaga commissarisi</i>	Gardner, 1962	
		<i>Glossophaga longirostris</i>	Miller, 1898	
		<i>Glossophaga soricina</i>	(Pallas, 1766)	
		<i>Trinycteris nicefori</i>	(Sanborn, 1949)	
		<i>Hsanycteris thomasi</i>	(J.A. Allen, 1904)	
		<i>Lionycteris spurrelli</i>	Thomas, 1913	
		<i>Lonchophylla concava</i>	Goldman, 1914	
		<i>Lonchophylla orienticollina</i>	Dávalos & Corthals, 2008	
		<i>Lonchophylla robusta</i>	Miller, 1912	
		<i>Lonchorhina aurita</i>	Tomes, 1863	
		<i>Micronycteris megalotis</i>	(Gray, 1842)	
		<i>Micronycteris microtis</i>	Miller, 1898	
		<i>Micronycteris minuta</i>	(Gervais, 1856)	
		<i>Lophostoma brasiliense</i>	Peters, 1867	
		<i>Lophostoma silvicolum</i>	d'Orbigny, 1836	
		<i>Phyllostomus discolor</i>	(Wagner, 1843)	

Orden	Familia	Especie
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Phyllostomus hastatus</i> (Pallas, 1767)
		<i>Vampyrum spectrum</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Rhinophylla pumilio</i> Peters, 1865
		<i>Artibeus amplus</i> Handley, 1987
		<i>Artibeus lituratus</i> (Olfers, 1818)
		<i>Artibeus obscurus</i> (Schinz, 1821)
		<i>Artibeus planirostris</i> (Spix, 1823)
		<i>Artibeus anderseni</i> Osgood, 1916
		<i>Artibeus bogotensis</i> K. Andersen, 1906
		<i>Artibeus glaucus</i> Thomas, 1893
		<i>Artibeus ravus</i> (Miller, 1902)
		<i>Chiroderma salvini</i> Dobson, 1878
		<i>Enchisthenes hartii</i> (Thomas, 1892)
		<i>Mesophylla macconnelli</i> Thomas, 1901
		<i>Platyrrhinus albericoi</i> Velazco, 2005
	<i>Platyrrhinus angustirostris</i> Velazco, Gardner & Patterson, 2010	
	<i>Platyrrhinus dorsalis</i> (Thomas, 1900)	
	<i>Platyrrhinus helleri</i> (Peters, 1866)	
	<i>Platyrrhinus infuscus</i> (Peters, 1880)	
	<i>Platyrrhinus umbratus</i> (Lyon, 1902)	
	<i>Platyrrhinus vittatus</i> (Peters, 1859)	
	<i>Sphaeronycteris toxophyllum</i> Peters, 1882	
	<i>Sturnira bidens</i> (Thomas, 1915)	
	<i>Sturnira bogotensis</i> Shamel, 1927	
	<i>Sturnira erythromos</i> (Tschudi, 1844)	
	<i>Sturnira ludovici</i> Anthony, 1924	
	<i>Sturnira giannae</i> Velazco & Patterson, 2019	
	<i>Sturnira parvidens</i> Goldman, 1917	
	<i>Sturnira tildae</i> de la Torre, 1959	
	<i>Uroderma bakeri</i> Mantilla-Meluk, 2014	
<i>Uroderma bilobatum</i> Peters, 1866		
<i>Uroderma convexum</i> Lyon, 1902		
<i>Uroderma magnirostrum</i> Davis, 1968		
<i>Vampyressa thuyone</i> Thomas, 1909		
Vespertilionidae	<i>Myotis albescens</i> (E. Geoffroy Saint-Hilaire, 1806)	
	<i>Myotis nigricans</i> (Schinz, 1821)	
	<i>Myotis oxyotus</i> (Peters, 1866)	
	<i>Myotis pilosatibialis</i> LaVal, 1973	

Orden	Familia	Especie	
Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis riparius</i>	Handley, 1960
		<i>Aeorestes villosissimus</i>	(E. Geoffroy St.-Hilaire, 1806)
		<i>Dasypterus ega</i>	(Gervais, 1856)
		<i>Eptesicus andinus</i>	J.A. Allen, 1914
		<i>Eptesicus brasiliensis</i>	(Desmarest, 1819)
		<i>Eptesicus chiriquinus</i>	Thomas, 1920
		<i>Eptesicus furinalis</i>	(d'Orbigny & Gervais, 1847)
		<i>Eptesicus fuscus</i>	(Palisot de Beauvois, 1796)
		<i>Lasiurus blossevillii</i>	(Lesson, 1826)
		<i>Rhogeessa io</i>	Thomas, 1903
	Vespertilionidae	<i>Histiotus humboldti</i>	Handley, 1996
		<i>Histiotus montanus</i>	(Philippi & Landbeck, 1861)
		<i>Cynomops abrasus</i>	(Temminck, 1826)
		<i>Cynomops paranus</i>	(Thomas, 1901)
	Molossidae	<i>Eumops auripendulus</i>	(G. Shaw, 1800)
		<i>Eumops glaucinus</i>	(J.A. Wagner, 1843)
		<i>Molossops temmincki</i>	(Burmeister, 1854)
		<i>Molossus bondae</i>	J.A. Allen, 1904
		<i>Molossus coibensis</i>	J.A. Allen, 1904
		<i>Molossus molossus</i>	(Pallas, 1766)
		<i>Molossus pretiosus</i>	Miller, 1902
		<i>Molossus rufus</i>	É. Geoffroy Saint Hilaire, 1805
		<i>Nyctinomops aurispinosus</i>	(Peale, 1848)
<i>Nyctinomops laticaudatus</i>		(É. Geoffroy Saint Hilaire, 1805)	
Molossidae	<i>Nyctinomops macrotis</i>	(Gray, 1839)	
	<i>Promops centralis</i>	Thomas, 1915	
	<i>Tadarida brasiliensis</i>	(I. Geoffroy, 1824)	
	<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	(É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1803)	
	<i>Leopardus pardalis</i>	(Linnaeus, 1758)	
	<i>Leopardus tigrinus</i>	(Schreber, 1775)	
	<i>Leopardus wiedii</i>	(Schinz, 1821)	
Carnivora	<i>Puma concolor</i>	(Linnaeus, 1771)	
	<i>Panthera onca</i>	(Linnaeus, 1758)	
	<i>Cerdocyon thous</i>	(Linnaeus, 1766)	
	<i>Speothos venaticus</i>	Lund, 1842	
	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	(Schreber, 1775)	

Orden	Familia	Especie		
Carnivora	Mephitidae	<i>Conepatus semistriatus</i>	(Boddaert, 1785)	
		<i>Eira barbara</i>	(Linnaeus, 1758)	
	Mustelidae	<i>Galictis vittata</i>	(Schreber, 1776)	
		<i>Mustela frenata</i>	Lichtenstein, 1831	
		<i>Lontra longicaudis</i>	(Olfers, 1818)	
		<i>Bassaricyon alleni</i>	Thomas, 1880	
	Procyonidae	<i>Potos flavus</i>	(Schreber, 1774)	
		<i>Nasua nasua</i>	(Linnaeus, 1766)	
		<i>Nasuella olivacea</i>	(Gray, 1865)	
	Ursidae	<i>Procyon cancrivorus</i>	(G. Cuvier, 1798)	
<i>Tremarctos ornatus</i>		(F.G. Cuvier, 1825)		
Perissodactyla	Tapiridae	<i>Tapirus pinchaque</i>	(Roulin, 1829)	
Artiodactyla	Cervidae	<i>Mazama murelia</i>	J.A. Allen, 1915	
		<i>Mazama rufina</i>	(Pucheran, 1851)	
Artiodactyla	Cervidae	<i>Mazama zetta</i>	Thomas, 1913	
		<i>Odocoileus cariacou</i>	(Boddaert, 1784)	
		<i>Odocoileus goudotii</i>	(Gay & Gervais, 1846)	
		<i>Dicotyles tajacu</i>	(Linnaeus, 1758)	
Primates	Tayassuidae	<i>Tayassu pecari</i>	(Link, 1795)	
		<i>Aotus brumbacki</i>	Hershkovitz, 1983	
	Aotidae	<i>Aotus griseimembra</i>	Elliot, 1912	
		<i>Aotus lemurinus</i>	(I. Geoffroy, 1843)	
		<i>Alouatta seniculus</i>	Linnaeus, 1766	
	Atelidae	<i>Ateles belzebuth</i>	É. GeoffroySaint Hilaire, 1806	
		<i>Lagothrix lagothricha</i>	Humboldt, 1812	
	Callitrichidae	<i>Saguinus leucopus</i>	(Günther, 1877)	
		<i>Cebus versicolor</i>	Pucheran, 1845	
		<i>Sapajus apella</i>	(Linnaeus, 1758)	
		<i>Saimiri cassiquiarensis</i>	Lesson 1840	
		Pitheciidae	<i>Plecturocebus ornatus</i>	(Gray, 1866)
			<i>Hadrosциurus igniventris</i>	(Wagner, 1842)
		Sciuridae	<i>Syntheosciurus granatensis</i>	(Humboldt, 1811)
<i>Syntheosciurus pucheranii</i>			(Fitzinger, 1867)	
<i>Microsciurus santanderensis</i>	(Hernández-Camacho, 1957)			
<i>Heteromys anomalus</i>	(Thompson, 1815)			

Mamíferos de Cundinamarca:
diversidad, conservación y cambio climático

Orden	Familia	Especie
Primates	Heteromyidae	<i>Heteromys australis</i> Thomas, 1901
		<i>Reithrodontomys mexicanus</i> (Saussure, 1860)
		<i>Akodon affinis</i> (J.A. Allen, 1912)
		<i>Chibchanomys trichotis</i> (Thomas, 1897)
		<i>Chilomys instans</i> (Thomas, 1895)
Rodentia	Heteromyidae	<i>Handleyomys alfaro</i> (J.A. Allen, 1891)
		<i>Holochilus sciureus</i> Wagner, 1842
		<i>Hylaeamys perenensis</i> (J.A. Allen, 1901)
		<i>Ichthyomys hydrobates</i> (Winge, 1891)
		<i>Melanomys caliginosus</i> (Tomes, 1860)
		<i>Microryzomys minutus</i> (Tomes, 1860)
		<i>Neacomys tenuipes</i> Thomas, 1900
		<i>Necomys punctulatus</i> (Thomas, 1894)
		<i>Necomys urichi</i> (J.A. Allen & Chapman, 1897)
		<i>Nectomys grandis</i> Thomas, 1897
		<i>Neomicroxus bogotensis</i> (Thomas, 1895)
Rodentia	Sciuridae	<i>Nephelomys childi</i> (Thomas, 1895)
		<i>Nephelomys pectoralis</i> (J.A. Allen, 1912)
		<i>Oecomys bicolor</i> (Tomes, 1860)
		<i>Oecomys concolor</i> (Wagner, 1845)
		<i>Oecomys flavicans</i> (Thomas, 1894)
		<i>Oecomys trinitatis</i> J.A. Allen & Chapman, 1893
		<i>Oligoryzomys delicatus</i> (J. A. Allen & Chapman, 1897)
		<i>Oligoryzomys griseolus</i> (Osgood, 1912)
		<i>Rhipidomys couesi</i> (J.A. Allen & Chapman, 1893)
		<i>Rhipidomys fulvivent</i> Thomas, 1896
		<i>Rhipidomys latimanus</i> (Tomes, 1860)
		<i>Rhipidomys venustus</i> Thomas, 1900
		<i>Sigmodon hirsutus</i> (Burmeister, 1854)
<i>Thomasomys aureus</i> (Tomes, 1860)		
<i>Thomasomys cinereivent</i> J.A. Allen, 1912		
<i>Thomasomys laniger</i> (Thomas, 1895)		
Rodentia	Sciuridae	<i>Thomasomys niveipes</i> (Thomas, 1896)
		<i>Thomasomys princeps</i> (Thomas, 1895)
		<i>Transandinomys talamancae</i> (J.A. Allen, 1891)

Orden	Familia	Especie	
Rodentia	Sciuridae	<i>Zygodontomys brevicauda</i>	(J.A. Allen & Chapman, 1893)
		<i>Zygodontomys brunneus</i>	Thomas, 1898
		<i>Tylomys mirae</i>	Thomas, 1899
		<i>Coendou prehensilis</i>	(Linnaeus, 1758)
		<i>Coendou pruinus</i>	Thomas, 1905
Rodentia	Erethizontidae	<i>Coendou quichua</i>	Thomas, 1899
		<i>Coendou rufescens</i>	(Gray, 1865)
		<i>Coendou vestitus</i>	Thomas, 1899
		<i>Cavia aperea</i>	Erxleben, 1777
	Caviidae	<i>Cavia porcellus</i>	(Linnaeus, 1758)
		<i>Cuniculus paca</i>	(Linnaeus, 1766)
	Cunuculidae	<i>Cuniculus taczanowskii</i>	(Stolzmann, 1865)
		<i>Dasyprocta fuliginosa</i>	Wagler, 1832
	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta punctata</i>	Gray, 1842
		<i>Dinomys branickii</i>	Peters, 1873
	Dinomyidae	<i>Dinomys branickii</i>	Peters, 1873
		Echimyidae	<i>Olallamys albicaudus</i>
	<i>Proechimys chrysaolus</i>		(Thomas, 1898)
	<i>Proechimys oconnelli</i>		J.A. Allen, 1913
	<i>Proechimys quadruplicatus</i>		Hershkovitz, 1948
Muridae	<i>Mus musculus</i>	Linnaeus, 1758	
	<i>Rattus norvegicus</i>	Berkenhout, 1769	
	<i>Rattus rattus</i>	Linnaeus, 1758	
Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus apollinaris</i>	Thomas, 1920
		<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	(Linnaeus, 1758)
		<i>Sylvilagus floridanus</i>	(J. A. Allen, 1890)



Patrones de distribución de riqueza de mamíferos en Cundinamarca

AUTORES

Leonardo Lemus-Mejía

Mónica Prieto-García

Camilo A. Paredes-Casas

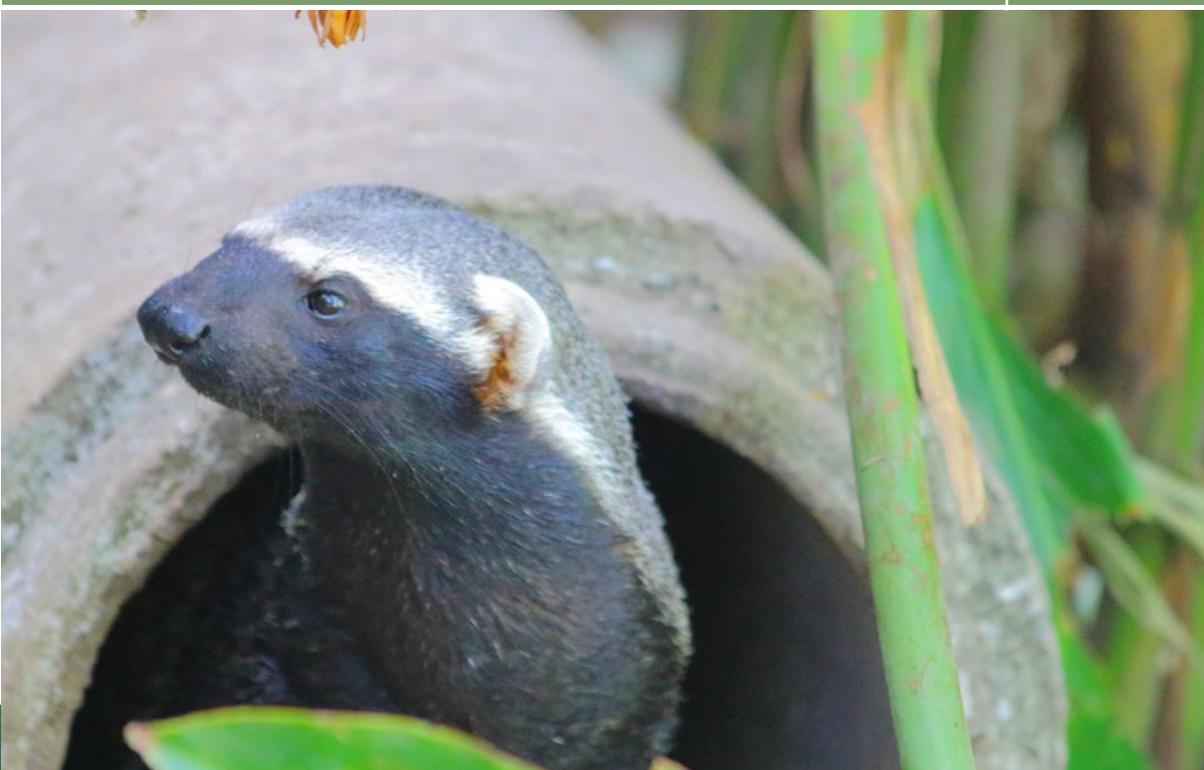
Felipe Vélez-García

Catalina Moreno-Díaz

Angela P. Hurtado-Moreno

Diego A. Zárrate-Charry

José F. González-Maya





Introducción

Las diversas formas en las que se configura el paisaje tienen un efecto sobre su capacidad de funcionamiento ecológico, los servicios que presta y en general múltiples aspectos de su diversidad (Subirós *et al.* 2006). Y esto es especialmente relevante en países como Colombia, en la que estos paisajes están usualmente compuestos por una gran diversidad de ecosistemas que a su vez son altamente diversos en su interior. La configuración del paisaje en conjunto con otros aspectos como la biogeografía, el clima, las variables ambientales, e incluso aspectos culturales o sociales, son elementos claves para entender la distribución y estado actual de las especies, cuya distribución y desplazamiento se ven afectados y limitados por estos mismos aspectos (González-Maya *et al.* 2020). Colombia es reconocido por tener un alto nivel de biodiversidad, dentro del cual podemos resaltar aproximadamente 543 especies de mamíferos que demuestran la enorme diversidad que habita el territorio nacional (Ramírez-Chaves, *et al.* 2021). Al ser hogar de una gran variedad de flora y fauna, existen ciertas implicaciones y responsabilidades para mantener el funcionamiento de las dinámicas ecosistémicas, las cuales día a día proveen bienes y servicios para las personas.

En la actualidad, una de las problemáticas más preocupantes, es la pérdida de biodiversidad y el ritmo en el cual se pierden especies y poblaciones. La actividad antropogénica es la principal razón por la cual los organismos se encuentran en riesgo debido a ciertas acciones como la deforestación, la contaminación, la cacería, el atropellamiento de individuos, el tráfico ilegal, la transformación de uso del suelo, entre otros (García-Herrera *et al.* 2015; Meza-Joya *et al.* 2019; Poeta *et al.* 2017). Todas estas prácticas ponen en riesgo la biodiversidad, ya que generan la destrucción de hábitat, y en general el aumento en las presiones y amenazas, lo cual tiene distintos efectos para cada especie y ha contribuido en el declive de muchas poblaciones en la mayoría de regiones del país. Así mismo, la biodiversidad en áreas tropicales ha sido afectada por un sinnúmero de estas actividades humanas, que han operado en diferentes contextos espaciales y temporales. El entendimiento de los efectos de las actividades humanas sobre

la biodiversidad ha sido analizado desde diferentes perspectivas ecológicas a nivel específico (e.g., especies sombrilla, especies valor objeto de conservación) y a nivel ecosistémico a partir de procesos funcionales (González-Maya *et al.* 2016). El estudio de los efectos de estas actividades a nivel de grupos taxonómicos, o ensamblajes, es aún incipiente, ya que los efectos de presiones como la sobreexplotación de recursos (e.g., deforestación, cacería, incendios forestales) no han sido descifrados en su totalidad, y las consecuencias de estos a diferentes escalas de tiempo y el impacto sobre procesos socioculturales en la mayoría de los ecosistemas, aún son desconocidos (Gardner *et al.* 2009).

La pérdida de especies y poblaciones a nivel global es uno de los principales retos en la historia de la tierra, alcanzando niveles hasta 100 veces superiores a las tasas naturales de extinción (Ceballos *et al.* 2015), siendo esta considerada la sexta extinción en masa (Barnosky *et al.* 2011). Todos estos múltiples procesos que afectan la biodiversidad han alcanzado niveles sin precedentes de amenaza para la mayoría de los grupos, donde cerca del 25% de los mamíferos (Schipper *et al.* 2008) y el 30% de los anfibios (Catenazzi, 2015) se encuentran actualmente amenazados de extinción. Específicamente, los ecosistemas colombianos han sufrido presiones históricas derivadas de las actividades humanas en gran parte del territorio nacional (Etter & Van Wyngaarden, 2000), lo que ha repercutido en la funcionalidad de los ecosistemas y la viabilidad de múltiples especies a nivel nacional (González-Maya *et al.* 2016). Debido a estos altos niveles de amenaza y significativo aumento de riesgo para las especies, usualmente convertido en altas tasas de pérdida de biodiversidad, es necesario tener herramientas que permitan un adecuado monitoreo para comprender la dinámica en general de la diversidad de vida y por ende poder plantear planes de conservación. Por ejemplo, conocer los patrones de distribución de riqueza de diferentes grupos puede ser la base tanto para entender los procesos de cambio como para medir la eficiencia de diferentes propuestas para revertir dichos procesos. Los patrones de distribución tienen una razón de ser, y en distintas ocasiones puede transformarse según variables climáticas, transformación de hábitat, presencia humana, introducción de especies, cambio en los recursos, entre otros.

Para estudiar la distribución de los mamíferos se han utilizado diferentes métodos dependiendo de la especie y el objetivo del estudio. Sin embargo, muchas veces la sola detección no permite estimar la distribución de una especie. El uso de estos registros, junto con otras variables, y un correcto procesamiento de datos permite modelar los

patrones de distribución y realizar análisis del estado de los ecosistemas y las especies que los habitan (Aguirre-Sierra *et al.* 2022). La aproximación espacial es una herramienta útil para la gestión y toma de decisiones en el territorio, beneficiando a la fauna silvestre, los ecosistemas y a los humanos que necesitamos de los recursos y biodiversidad. La mayoría de las aproximaciones de modelamiento para la predicción de la presencia de especies, tienen su base en la cuantificación en la relación de ambiente-especie. Los modelos de distribución de especies son modelos empíricos que relacionan observaciones en campo con variables ambientales que predicen la presencia de una especie en particular, que se basan en respuestas teóricas o estadísticas sobre una superficie particular (Guisan & Zimmermann, 2000). Estos han sido utilizados tradicionalmente para la predicción de distribuciones presentes y futuras de distintas especies a través de diferentes métodos y modelos climáticos, que han permitido abarcar gran cantidad de problemáticas (*e.g.*, cambio climático, fragmentación y pérdida de los hábitats, sobreexplotación de recursos naturales, entre otros) con diferentes grupos taxonómicos, siendo una herramienta primordial dentro de la biología de la conservación (Faleiro *et al.* 2013; Jones, 2011). Una característica en particular de los modelos de distribución de especies es su alta dependencia al concepto de nicho ecológico, que puede ser abordado de dos maneras diferentes: la primera a través del acercamiento a los requerimientos ambientales necesarios para las especies, y la segunda a través de las necesidades y las relaciones que tienen las especies en sus hábitats naturales, como se observa normalmente en la naturaleza (Araújo & Peterson, 2012; Guisan & Thuiller, 2005; Pulliam, 2000). Se debe tener en cuenta que para que un organismo pueda habitar un lugar climática y ecológicamente, es necesario que físicamente pueda llegar hasta este, siendo de suma importancia incluir variables espaciales en el estudio y modelamiento de distribución potencial de especies (Buschke *et al.* 2015).

En Colombia, en la última década se han realizado avances significativos en el conocimiento de la mastofauna presente en el país, consolidando el sexto lugar a nivel mundial en cuanto a riqueza de especies de mamíferos (Ramírez-Chaves *et al.* 2016). A pesar de estos avances, el conocimiento sobre la ecología, historia natural, distribución y amenazas que este grupo sufre en nuestro país es aún incipiente, encontrando que entre 1990 y 2011 se publicaron tan solo 339 trabajos en revistas indexadas de los cuales sólo 58 de estos trataron temas de conservación y manejo (Arbeláez-Cortés, 2013), y según datos del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander

von Humboldt, en Colombia no se alcanza a un estudio por especie de mamífero registrada en el país (Stevenson *et al.* 2006). Esto indica la necesidad de generar herramientas que permitan su uso responsable y su conservación a largo plazo, considerando el impacto negativo de la pérdida de especies sobre los medios de vida locales. El departamento de Cundinamarca no es ajeno a esta realidad nacional, a pesar de ser un departamento con una gran diversidad, no existen estudios específicos sobre la distribución histórica, actual y futura de mamíferos y su relación con las comunidades, que permitan establecer estrategias de conservación y uso responsable de estas especies y su papel en los ecosistemas.

En este territorio se encuentran fuertes presiones en cuanto a la transformación de hábitat, ya que la mayor parte está destinada para la producción agrícola, otra se encuentra como zona urbana y un menor porcentaje se encuentra como cobertura boscosa o de vegetación nativa. Esto hace que sea necesario entender el papel de las áreas protegidas, la conectividad, los puntos calientes de biodiversidad de la región e identificar la distribución de mamíferos, con el objetivo de tener la información necesaria para la toma de decisiones en cuanto al manejo del territorio y medidas de conservación. En este departamento se unen diversos ecosistemas en los cuales existen diferentes organismos y las amenazas se comportan de diferente manera, por ende, es necesario entender las presiones para ciertas zonas en específico y poder contribuir a la protección de los mamíferos, un grupo que ha sido altamente afectado en su densidad poblacional y que su desaparición podría causar cambios alarmantes para el equilibrio del ecosistema.

Por estas razones expuestas el presente estudio se enfocó en estimar la distribución potencial de mamíferos en Cundinamarca, incluyendo la distribución de los patrones de riqueza del grupo en el departamento.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el departamento de Cundinamarca (Figura 1), ubicado en la zona central de Colombia, con un área aproximada de 24.210 Km². Delimita con los departamentos de Boyacá, Meta, Huila, Tolima, Casanare y Caldas y se encuentra dividido en 116 municipios, 16 provincias, varios caseríos y zonas pobladas (Gobernación de Cundinamarca 2016; Ruiz Guevara & Fajardo 2018).

Este departamento cuenta con un total de cuatro regiones fisiográficas: 1) el flanco Oeste; 2) el altiplano de Bogotá; 3) el flanco Occidente y 4) el Piedemonte llanero (Gobernación de Cundinamarca 2010). Se caracteriza por presentar tierras bajas hasta alta montaña, lo que genera una gran variabilidad climática con precipitaciones que van de los 600 a los 5000 mm por año, encontrado a través del territorio pisos térmicos cálidos, templados y fríos (IDEAM, 2010). Dada esta variedad de ambientes, topografía y condiciones ecológicas, un mosaico heterogéneo de hábitat favorece un alto número de especies. Por esta razón, Cundinamarca es uno de los departamentos con la mayor riqueza de mamíferos en Colombia, registrando el 45.5% de la diversidad total de mamíferos en el país con un total de 236 especies (Ramírez-Chaves *et al.* 2016; Pérez-Torres *et al.* Sin publicar).

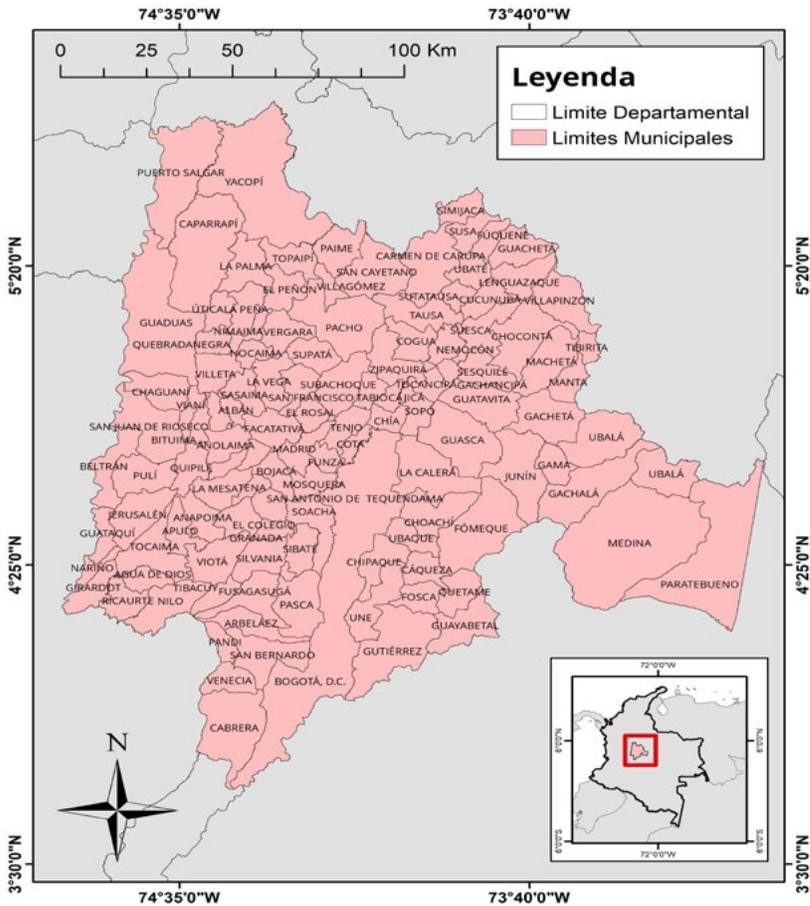


Figura 1. Departamento de Cundinamarca con sus respectivos límites municipales.

Análisis de datos

Se llevó a cabo un análisis de distribución potencial basado en una aproximación de modelado de nicho ecológico (Elith & Leathwick, 2009) para las especies de mamíferos presentes en el departamento de Cundinamarca. Se compilaron los registros y utilizando una base de datos con 236 especies de mamíferos para el departamento de Cundinamarca compilada por Pérez-Torres *et al.* (sin publicar), así como bases de datos a nivel nacional e internacional (*i.e.* SIB Colombia, GBIF, VertNet, Global Biodiversity Information Facility 2014), extrayendo la mayor cantidad de datos posibles para el territorio nacional. Para la limpieza de datos se removieron todos los registros, i) sin coordenadas, ii) sin año, iii) con problemas geoespaciales (*i.e.*, ubicados en el mar o por fuera del país), iv) datos de fósiles y) que no estuvieran correctamente identificados. Esta limpieza de datos se dio como un primer proceso para obtener datos con una muy buena calidad que fueran el mejor insumo posible para la producción de los modelos de distribución potencial (Zárrate-Charry *et al.* 2018).

Al finalizar la primera parte se procedió a filtrar los registros con dos atributos de calidad, que permitirían eliminar registros con baja certidumbre. Para esto, el primer atributo utilizado fue el de “credibilidad” que se encuentra relacionado con la fuente de referencia de los registros en términos de su soporte, referencia geográfica y existencia de material bibliográfico con revisión de pares académicos. Segundo, se tomó el filtro de calidad llamada “Relevancia geográfica” que es el resultado de la comparación realizada entre lo que eran las coordenadas reportadas en la base de datos para el registro, con la información del departamento y municipio reportadas. Cada atributo de calidad le otorgaba a cada registro una de tres categorías, “alto”, “medio” o “bajo”. Se eliminó cualquier registro con categoría “bajo” en cualquiera de los dos atributos (Zárrate-Charry, 2018; Zárrate-Charry *et al.* 2018). Esto redujo la base de datos inicial y permitió obtener un set de datos con niveles de confianza más altos. Por último, se llevó a cabo un filtro espacial, eliminando datos cercanos entre sí a menos de 1 km, obteniendo así una base de datos con 135 especies que cumplieran con el requisito de presentar 20 o más registros geográficos. A pesar de que se encuentran estudios que realizan modelos de distribución con menor cantidad de registros, en este caso se definió un mínimo que otorgaría un poco más de confiabilidad a los modelos generados. Antes de avanzar, se obtuvieron diferentes insumos para la construcción de los modelos. En primer lugar, se generaron las áreas de calibración

o área “M” (Soberón & Peterson 2005; Guisan *et al.* 2017) a nivel específico de cada especie sobreponiendo el mapa de ecorregiones más actualizado (Dinerstein *et al.* 2017) con los registros de cada especie, seleccionando aquellas ecorregiones con uno o más registros en ella. Para los modelos de distribución se utilizaron las variables bioclimáticas (Fick & Hijmans, 2017), con una resolución de 1 km²: Bio1 (Temperatura media anual), Bio2 (Rango medio diario), Bio4 (Estacionalidad de la temperatura), Bio12 (Precipitación anual) y Bio15 (Estacionalidad de la precipitación). Las variables Bio13 (Precipitación del Mes más Húmedo) y Bio14 (Precipitación del Mes más Seco) se tomaron en cuenta adicionalmente ya que podrían reflejar el fenómeno ENSO (El Niño-Oscilación del Sur) y la elevación ya que sirve como proxy de otras variables que no están disponibles, como la radiación y la concentración de oxígeno (Burneo *et al.* 2009). Se realizó un análisis inicial de correlación de Spearman y una corrida básica de modelos de distribución potencial con *MAXENT* (Phillips *et al.* 2006) para evaluar y seleccionar las variables menos correlacionadas que más contribuyen al modelo. De este modo, se seleccionaron las variables que presentaron una correlación menor del 70% entre sí y las que tenían los valores más altos de importancia de permutación o de contribución a nivel específico de la especie.

Posteriormente, se utilizó un algoritmo de Máxima Entropía disponible a través del software *Wallace* © 1.0.6.2 (Kass *et al.* 2018), la cual combina diferentes paquetes, incluyendo *MAXENT* (Phillips *et al.* 2006) y *ENMeval* (Muscarella *et al.* 2014), todo en lenguaje R (*R Core team* 2020). Se generaron modelos candidatos para cada especie utilizando el conjunto seleccionado de variables ambientales en el que los datos se partitionaron con una metodología de *Chekerboard2* (Muscarella *et al.* 2014). Se utilizaron seis valores diferentes de multiplicadores de regularización (RM) (0,5 - 3 en intervalos de 0,5), cinco combinaciones de *Feature classes* (FC) (lineal = L, lineal-cuadrática = LQ, hinge = H, lineal-cuadrática-hinge = LQH y lineal-cuadrática-hinge-producto = LQHP), con 10 000 puntos de *background*, para generar 30 modelos para cada especie. Se evaluó el mejor modelo a partir del test AUC, seleccionando solo aquellos modelos con un valor igual o superior a 0,7, y también por medio del valor Delta de AICc, donde se seleccionó el modelo con un valor más cercano o igual a 0 (Zárrate-Charry 2018; Zárrate-Charry *et al.* 2018). Se crearon las salidas gráficas de los modelos en formato logístico y también con un umbral de presencia basado en el umbral de entrenamiento del 10% para obtener mapas de presencia/ausencia.

Los mapas de presencia/ausencia de las especies fueron sumados entre todos para dar como resultado un mapa de riqueza para el departamento de Cundinamarca. A este mapa se le realizó un cálculo de “Estadística Zonal” que permitió evidenciar los valores de riqueza promedio en cada una de los municipios del departamento. Por último, esta riqueza promedio fue dividida por el área total de cada uno de los municipios para así obtener un promedio de número de especies presentes por km².

Resultados y discusión

Se obtuvieron un total de 135 especies divididas en 35 Familias y 11 Órdenes después de realizar los distintos filtros en la base de datos (Tabla 1). De estos el orden Chiroptera fue el de mayor representación con 59 especies seguido por Rodentia con 30, los órdenes con menor representación fueron Eulipotyphla, Lagomorpha y Paucituberculata cada uno con una especie. Con estos datos se ve representada en un 57% del total de la biodiversidad de mamíferos presentes en el departamento.

Si bien es cierto existe una amplia recopilación de datos de varias especies de mamíferos que son estudiadas con mayores frecuencias, aún se cuenta con grandes vacíos de información que dan lugar a distintas dificultades al momento de hacer este tipo de evaluaciones de la biodiversidad. Teniendo en cuenta estas limitantes se evidencia la ausencia de especies muy raras o especialistas, que podrían llegar a estar haciendo aportes importantes a la funcionalidad de los ecosistemas y sus servicios ecosistémicos. No obstante, muchas de las especies sobre las cuales se generan estudios llegan a ser ya sea carismáticas o sombrilla que al crearse acciones de conservación sobre ellas se protegen o conservan otras muchas al encontrarse dentro de sus rangos de distribución, permitiendo así la protección de muchas más especies con la misma cantidad de recursos disponibles (Leishman & Urphy, 2000).

Por este motivo, a pesar de la falta de información relacionada con varias especies, hacer este tipo de representaciones con la información disponible, resulta también valioso e informativo, dando indicios hacia los cuales se pueden dirigir las acciones, planes y estrategias de conservación. Resulta ser un llamado de atención de igual manera para los distintos profesionales de la ciencia para continuar con las arduas labores de recopilación de información de alta calidad, para así poder generar predicciones o modelos con menor incertidumbre y que respondan a las necesidades territoriales.

Tabla 1. Órdenes, Familias y número de especies analizados en los modelos de distribución potencial.

Orden	Familia	# de Especies
Artiodactyla	Cervidae	2
	Tayassuidae	1
Carnivora	Canidae	2
	Felidae	6
	Mustelidae	3
	Procyonidae	4
	Ursidae	1
	Emballonuridae	2
Chiroptera	Molossidae	5
	Mormoopidae	1
	Noctilionidae	1
	Phyllostomidae	42
	Vespertilionidae	8
Cingulata	Chlamyphoridae	1
	Dasyopodidae	1
Didelphimorphia	Didelphidae	7
Eulipotyphla	Soricidae	1
Lagomorpha	Leporidae	1
Paucituberculata	Caenolestidae	1
Pilosa	Bradypodidae	1
	Megalonychidae	1
	Myrmecophagidae	3
Primates	Aotidae	2
	Atelidae	3
	Callitrichidae	1
	Cebidae	3
	Pitheciidae	1
Rodentia	Caviidae	3
	Cricetidae	16
	Cuniculidae	2
	Dasyproctidae	2
	Echimyidae	2
	Heteromyidae	2
	Muridae	1
	Sciuridae	2

Por otra parte, de las especies utilizadas para el análisis, de acuerdo a la Lista Roja de Especies Amenazadas de UICN, el 80% se encuentran en la categoría de Preocupación Menor (LC), un 4% Casi Amenazados (NT), un 6% Vulnerables (VU) y un 3%. En Peligro (EN) y el 7% restante es de especies con Datos Deficientes (DD) o No Evaluado (NE; Figura 2). Aunque pareciera un panorama alentador al observarse estadísticamente, resulta ser todo lo contrario al divisar con un sentido ecológico, funcional o ecosistémico. Las especies en categoría de amenaza (Vulnerable, en peligro o críticamente amenazado) resultan ser una gran preocupación en contextos tanto locales como globales. Perder a una especie no concluye como la pérdida de un número más, sino que desencadena una cascada de efectos ligados a su extinción que pueden llevar al colapso ya sea de otras especies, de funciones en los ecosistemas o de la capacidad de resiliencia de los mismos (Hernández-Ramírez, 2014). Al hablar de la importancia de la flora y fauna no se hace una referencia directa o única al conjunto de animales o plantas que componen la biodiversidad, sino a la importancia que cada especie e individuo tiene en sus respectivos ecosistemas. La extinción de una especie connota un sinnúmero de implicaciones que, aunque difíciles de cuantificar, pueden llegar a desenlazar en eventos desastrosos no sólo para la biodiversidad en sí misma sino también para nuestras formas de vivir como sociedad.

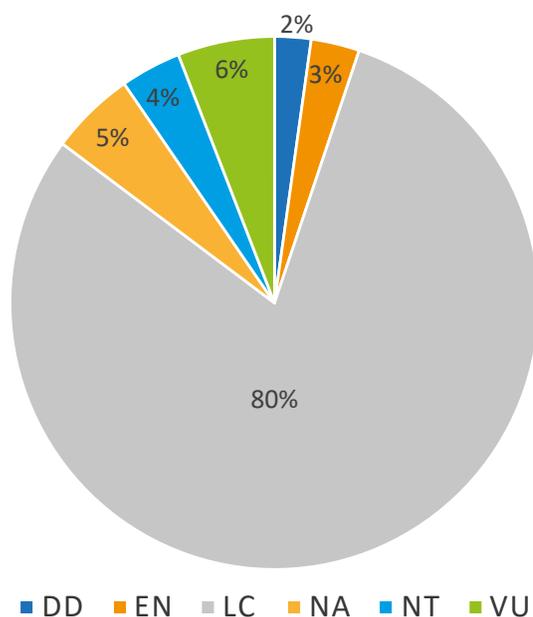


Figura 2. Categoría de amenaza según la UICN Red List para las especies analizadas en los modelos de distribución potencial.

Los mapas de distribución potencial como herramienta de análisis en este estudio permiten generar una interpretación pertinente sobre el territorio (Soberón *et al.* 2017). Se evidencian zonas en donde a nivel climático se puede estar distribuyendo más o menos la riqueza de mamíferos en el departamento. Como parte de los resultados se evidencia que por píxel puede estarse presentando desde 24 a 116 especies potencialmente. Hacia la zona occidental del departamento se evidencian las mayores concentraciones de riqueza de mamíferos, en la zona oriental se ve una riqueza media de mamíferos mientras que en la zona central la concentración de riqueza se reduce (Figura 3). Muchas de las zonas con mayor riqueza en el departamento, corresponden a regiones con temperaturas templadas a cálidas, y con rangos altitudinales bajos a intermedios.

De manera general el departamento de Cundinamarca es un área bastante intervenida con gran cantidad de ecosistemas de pastos y zonas agrícolas (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2019), es por esta razón que surge la urgencia de ampliar las posibles áreas de protección para especies de mamíferos dada la condición de transformación del departamento y su potencial como zona con altas concentraciones de biodiversidad. Aunque el departamento cuenta con un total de 181 áreas protegidas, entre nacionales, regionales y locales, es necesario ampliar y fortalecer los objetivos de conservación en torno a las mismas para lograr la conservación de la biodiversidad y trabajar en conjunto con las comunidades. Es necesario reconocer el amplio valor cultural que han tenido los mamíferos en el departamento, razón por la cual la generación de estrategias y planes de protección o conservación de especies no funcionaría en su totalidad sin la ayuda o apoyo de las comunidades humanas que conviven con estas especies (Burneo *et al.* 2009). Aprovechar el amplio rango de distribución potencial de las especies a nivel climático puede ser un factor determinante para la resistencia de las especies ante posibles eventos de amenaza o riesgo que se presenten ya sea a nivel local o global. Identificar estas áreas e integrarlas a distintas políticas y planes de acción en el departamento es fundamental para la conservación de la biodiversidad. Fundamentar herramientas de conectividad, restauración y planificación territorial bajo estos resultados puede contribuir a la priorización y selección de zonas de importancia para los mamíferos.

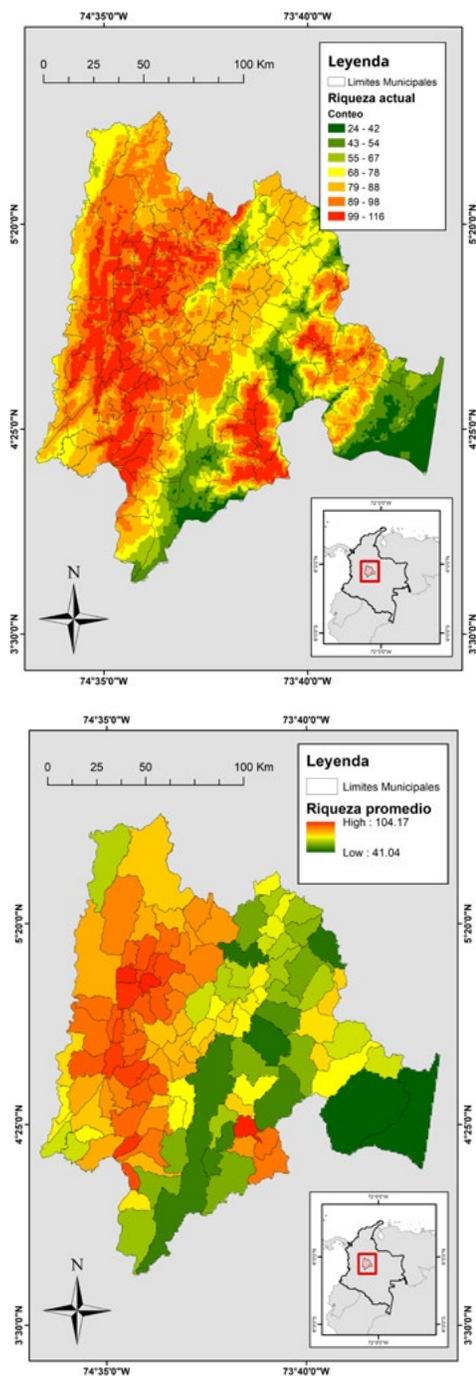


Figura 3. Riqueza promedio de mamíferos con A) valores continuos en el mapa y B) valores por municipio.

Con la estimación realizada para cada uno de los municipios se puede evidenciar unos altos valores de riqueza promedio de los municipios de Nocaima, Cáqueza, Quebradanegra, Villeta, Tibacuy, Quipile, Nimaima, La Mesa, Bituíma, Vergara, Tena, Pandi, La Peña y Cachipay con valores por encima de 100 especies, así como unos valores bajos en los municipios de Guatavita, Fómeque, Une, Bogotá, D.C., Tausa, Villapinzón, Guasca, Medina y Paratebuena con menos de 70 especies (Tabla 2). Al realizar la estimación de número de especies por km² se reduce un poco el efecto del área total de cada municipio sobre la riqueza promediada dando como resultado que los municipios de Tena, Gachancipá, Cachipay, Albán, Nimaima, Cajicá, Zipacón, Bituíma, Cota y Guayabal de Siquima tienen valores cercanos a 2 especies por km², mientras que 47 municipios tienen valores inferiores a 0,55 especies por km² resaltando Yacopí, Medina, Paratebuena y Bogotá, D.C. con valores menores a 0,1. De esta manera se pueden evidenciar los municipios que de una u otra manera tienen las mejores condiciones climáticas para la presencia de mamíferos.

Es por medio de estos resultados en donde se puede generar una primera aproximación hacia qué áreas se deberían conservar según un criterio de mayor riqueza. Esto debe ser contrastado con otro tipo de variables presentes en cada municipio para obtener análisis más detallados de zonas específicas hacia las cuales encaminar acciones. Por ejemplo, añadir los bosques o coberturas que deberían ser conservadas, así como las zonas ya transformadas o habitadas por poblaciones humanas, es un paso esencial para definir los objetivos que podrían abordarse para lograr acciones efectivas y encaminadas hacia la conservación de las especies.

Tabla 2. Área total en km², riqueza de mamíferos promedio y riqueza de mamíferos por km² en cada municipio del departamento de Cundinamarca.

Municipio	Área en Km ²	Riqueza promedio	Riqueza/Km ²
Agua De Dios	85,67	82,87	0,97
Albán	51,25	95,03	1,85
Anapoima	123,52	95,58	0,77
Anolaima	121,61	98,05	0,81
Apulo	118,84	92,77	0,78
Arbeláez	144,32	89,43	0,62
Beltrán	177,84	87,04	0,49
Bituíma	61,68	101,23	1,64
Bogotá, D.C.	1616,56	65,53	0,04
Bojacá	102,80	91,41	0,89
Cabrera	421,78	74,26	0,18

Mamíferos de Cundinamarca:
diversidad, conservación y cambio climático

Municipio	Área en Km ²	Riqueza promedio	Riqueza/Km ²
Cachipay	52,17	100,20	1,92
Cajicá	50,36	86,33	1,71
Caparrapí	615,85	95,41	0,15
Cáqueza	112,53	104,16	0,93
Carmen de Carupa	297,33	71,38	0,24
Chaguaní	173,87	97,49	0,56
Chía	79,38	84,89	1,07
Chipaque	150,17	75,89	0,51
Choachí	212,92	83,07	0,39
Chocontá	302,44	71,39	0,24
Cogua	133,44	77,87	0,58
Cota	54,28	88,46	1,63
Cucunubá	110,27	76,38	0,69
El Colegio	117,65	99,27	0,84
El Peñón	135,95	98,00	0,72
El Rosal	86,43	89,60	1,04
Facatativá	158,84	88,82	0,56
Fómeque	458,02	66,08	0,14
Fosca	112,68	93,90	0,83
Funza	67,18	90,02	1,34
Fúquene	78,27	81,51	1,04
Fusagasugá	211,49	96,54	0,46
Gachalá	383,80	82,00	0,21
Gachancipá	42,94	82,75	1,93
Gachetá	260,91	85,35	0,33
Gama	107,11	86,56	0,81
Girardot	129,99	78,94	0,61
Granada	60,31	87,21	1,45
Guachetá	171,73	74,77	0,44
Guaduas	762,93	91,30	0,12
Guasca	362,81	62,83	0,17
Guataquí	88,96	84,00	0,94
Guatavita	252,30	67,87	0,27
Guayabal de Síquima	61,80	98,45	1,59
Guayabetal	221,57	96,40	0,44

Municipio	Área en Km ²	Riqueza promedio	Riqueza/Km ²
Gutiérrez	455,00	72,10	0,16
Jerusalén	223,00	91,46	0,41
Junín	338,16	73,06	0,22
La Calera	327,52	72,29	0,22
La Mesa	148,52	101,77	0,69
La Palma	188,74	90,77	0,48
La Peña	129,57	100,30	0,77
La Vega	155,35	99,29	0,64
Lenguazaque	153,56	72,77	0,47
Machetá	230,18	76,92	0,33
Madrid	120,15	89,69	0,75
Manta	106,43	87,42	0,82
Medina	1198,91	60,95	0,05
Mosquera	106,03	91,07	0,86
Nariño	55,11	84,32	1,53
Nemocón	98,21	84,08	0,86
Nilo	224,39	90,96	0,41
Nimaima	56,92	101,92	1,79
Nocaima	70,15	104,17	1,49
Pacho	405,29	94,97	0,23
Paime	173,19	93,82	0,54
Pandi	71,54	100,36	1,40
Paratebueno	884,53	41,04	0,05
Pasca	252,07	72,06	0,29
Puerto Salgar	510,51	76,64	0,15
Pulí	197,37	99,51	0,50
Quebradanegra	79,58	103,74	1,30
Quetame	138,28	97,36	0,70
Quipile	127,61	102,04	0,80
Ricaurte	127,95	78,59	0,61
San Antonio de Tequendama	89,51	98,53	1,10
San Bernardo	245,38	72,19	0,29
San Cayetano	288,59	92,97	0,32
San Francisco de Sales	118,44	95,47	0,81
San Juan de Rioseco	312,39	97,59	0,31
Sasaima	111,81	99,57	0,89
Sesquilé	139,16	73,21	0,53
Sibaté	122,18	82,47	0,67
Silvania	162,47	94,00	0,58
Simijaca	99,04	82,22	0,83
Soacha	187,49	82,09	0,44
Sopó	110,94	83,64	0,75
Subachoque	209,01	78,33	0,37

Mamíferos de Cundinamarca:
diversidad, conservación y cambio climático

Municipio	Área en Km ²	Riqueza promedio	Riqueza/Km ²
Suesca	172,68	75,52	0,44
Supatá	130,13	94,28	0,72
Susa	102,17	75,91	0,74
Sutatausa	64,90	78,47	1,21
Tabio	75,59	83,24	1,10
Tausa	202,87	63,52	0,31
Tena	51,28	100,70	1,96
Tenjo	114,61	86,10	0,75
Tibacuy	84,78	102,75	1,21
Tibirita	57,08	86,84	1,52
Tocaima	247,73	88,10	0,36
Tocancipá	74,42	84,16	1,13
Topaipí	143,04	88,94	0,62
Ubalá	523,16	78,93	0,15
Ubaque	108,51	87,49	0,81
Ubaté	102,63	81,06	0,79
Une	210,70	66,03	0,31
Útica	91,20	98,06	1,08
Venecia	122,42	84,80	0,69
Vergara	144,63	101,04	0,70
Vianí	66,80	99,96	1,50
Villagómez	61,90	92,92	1,50
Villapinzón	225,63	63,05	0,28
Villeta	140,96	103,17	0,73
Viotá	203,92	98,22	0,48
Yacopí	957,93	87,62	0,09
Zipacón	54,04	90,58	1,68
Zipaquirá	193,39	76,46	0,40

Conclusiones

Los procesos de desarrollo productivo que se han desarrollado en Colombia, se han construido en su mayoría sin seguir procesos de planificación de paisaje que permitan incorporar información biológica dentro del ordenamiento territorial, esto se ha constituido en una constante donde la utilización de prácticas productivas no sostenibles, dejan como consecuencia remanentes de bosques naturales embebidos en matrices de áreas transformadas que no brindan la conectividad ni las condiciones ecológicas necesarias para el mantenimiento de las especies de flora y fauna (Andrade-Correa, 2011).

La mastofauna registrada para Colombia es de 543 especies (Ramírez-Chaves *et al.* 2021), donde una concentración notable de esta alta diversidad se distribuye en las franjas altitudinales entre los 150 y 1.000 msnm, que corresponden al cinturón inferior de la selva nublada, que al mismo tiempo es una de las áreas con mayor nivel de presión antrópica para búsqueda de áreas de agricultura, ganadería y actividades extractivas en el país (Alberico & Rojas-Díaz, 2002; Andrade-Correa, 2011; Sánchez-Cuervo *et al.* 2012). Está documentado que los procesos de fragmentación y pérdida de hábitat han afectado de manera importante grupos de organismos que prestan servicios ecosistémicos clave (Hadley & Betts, 2009). El escenario paisajístico actual en el departamento se ha transformado en pequeños remanentes de bosque natural inmersos en matrices de agricultura y ganadería, así como una creciente influencia de actividades extractivas.

El conocimiento de los mamíferos y los efectos que los procesos de pérdida de cobertura natural general sobre el grupo son de vital importancia para la creación de herramientas de manejo y conservación de especies (Ceballos *et al.* 2015) o como insumo para la planificación de conservación sobre especies clave (González-Maya *et al.* 2016; Granados-Peña *et al.* 2014; Zarrate-Charry *et al.* 2014). La distribución de la biodiversidad es el aspecto más básico necesario para explorar los fenómenos ecológicos y de conservación (Boitani *et al.* 2011; González-Maya *et al.* 2014). Aunque un número importante de especies aún carece de esa información básica (Boitani *et al.* 2011), los recientes avances en técnicas de modelación y sistemas de información geográfica han permitido generar hipótesis de distribución que ayudan a reducir la incertidumbre respecto a esos vacíos de información (Peterson *et al.* 2011). Sin embargo, la medida más básica de la distribución (es decir, las localidades de distribución) sigue siendo escasa para muchos grupos,

pero sobre todo para muchas regiones, irónicamente, esta escasez es especialmente relevante para los países megadiversos, donde hay una importante concentración de biodiversidad presente (Myers *et al.* 2000; Rodríguez *et al.* 2014).

En este sentido, los modelos de distribución potencial aquí presentados son una herramienta necesaria y pertinente ante la ausencia de información presente en el departamento. Evidenciar no solo la distribución de las especies, sino también sus potenciales retos y amenazas frente a un mundo cambiante, es primordial y necesario como paso a seguir para asegurar su conservación. Aún quedan bastantes retos por delante y la mayoría de ellos urgentes teniendo en cuenta problemáticas inminentes como lo es el cambio climático que tendrá un efecto directo sobre la biodiversidad, su distribución y nuestra sociedad.

Referencias

- Adágarrá-Caballero, M., & Gutiérrez-Moreno, L. (2019). Mortalidad de vertebrados silvestres en la carretera troncal del Caribe, Magdalena, Colombia. *Biota, colombiana*, 20(1), 106–119. DOI: 10.21068/c2019.v20n01a07
- Aguirre-Sierra, L, Zárrate-Charry, D.A., Lemus-Mejía, L., Morales-Perdomo, J., & González-Maya, J.F. (2022) Not only range, but quality: human influence and protected areas within the distribution of mammal species subject to use in the Department of Cundinamarca, Colombia. *Nature Conservation* 48:57-81. <https://doi.org/10.3897/natureconservation.48.77722>
- Alberico, M., & Rojas-Díaz, V. (2002). Mamíferos de Colombia. In G. Ceballos & G. Simonetti (Eds.), *Diversidad y conservación de los mamíferos Neotropicales* (pp. 185–226). Conabio and Instituto de Ecología Universidad Nacional Autónoma de México.
- Andrade-Correa, M. (2011). Estado del conocimiento de la biodiversidad en Colombia y sus amenazas. Consideraciones para fortalecer la interacción ciencia-política. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 35(137). <http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v35n137/v35n137a08.pdf>
- Araújo, M. B., & Peterson, A. T. (2012). Uses and misuses of bioclimatic envelope modeling. *Ecology*, 93(7), 1527–1539. <https://doi.org/10.1890/11-1930.1>
- Arbeláez-Cortés, E. (2013). Knowledge of Colombian biodiversity: Published and indexed. *Biodiversity and Conservation*, 22(12), 2875–2906. <https://doi.org/10.1007/s10531-013-0560-y>
- Barnosky, A. D., Matzke, N., Tomiya, S., Wogan, G. O. U., Swartz, B., Quental, T. B., Marshall, C., McGuire, J. L., Lindsey, E. L., Maguire, K. C., Mersey, B., & Ferrer, E. A. (2011). Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature*, 471(7336), 51–57. <https://doi.org/10.1038/nature09678>
- Boitani, L., Maiorano, L., Baisero, D., Falcucci, A., Visconti, P., & Rondinini, C. (2011). What spatial data do we need to develop global mammal conservation strategies? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366(1578), 2623–32. doi: 10.1098/rstb.2011.0117
- Burneo, S. F., González-Maya, J. F., & Tirira, D. G. (2009). Distribution and habitat modelling for Colombian Weasel *Mustela felipei* in the Northern Andes. *Small Carnivore Conservation*, 41, 41–45.

- Buschke, F. T., De Meester, L., Brendonck, L., & Vanschoenwinkel, B. (2015). Partitioning the variation in African vertebrate distributions into environmental and spatial components - exploring the link between ecology and biogeography. *Ecography*, 38(5), 450–461. <https://doi.org/10.1111/ecog.00860>
- Catenazzi, A. (2015). State of the World's Amphibians. In Annual Review of Environment and Resources, Annual Reviews Inc. Vol. 40. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102014-021358>
- Ceballos, G., Ehrlich, P. R., Barnosky, A. D., García, A., Pringle, R. M., & Palmer, T. M. (2015). Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science Advances*, 1(5), 9–13. DOI: 10.1126/sciadv.1400253
- Ceballos, G., Zarza, H., y González-Maya, J. F. (2015). El potencial del jaguar como especie sustituta en la conservación de ecosistemas tropicales. En C. A. González Zuarth, A. Vallarino, J. C. Pérez, y A. Low (Eds.), *Bioindicadores: Guardianes de nuestro futuro ambiental* (pp. 503–520). El Colegio de la Frontera Sur, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- Dinerstein, E., Olson, D., Joshi, A., Vynne, C., Burgess, N. D., Wikramanayake, E., Hahn, N., Palminteri, S., Hedao, P., Noss, R., Hansen, M., Locke, H., Ellis, E. C., Jones, B., Barber, C. V., Hayes, R., Kormos, C., Martin, V., Crist, E., ... Saleem, M. (2017). An Ecoregion-Based Approach to Protecting Half the Terrestrial Realm. *BioScience*, 67(6), 534–545. <https://doi.org/10.1093/biosci/bix014>
- Etter, A., & Van Wyngaarden, W. (2000). Patterns of landscape transformation in Colombia, with emphasis in the Andean region. *Ambio*, 29(7), 432–439. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-29.7.432>
- Faleiro, F. V., Machado, R. B., & Loyola, R. D. (2013). Defining spatial conservation priorities in the face of land-use and climate change. *Biological Conservation*. 158, 248-257. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.09.020>
- Fick, S. E., & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12), 4302–4315. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>
- García-Herrera, L. V., Ramírez-Fráncel, L. A., & Reinoso Flórez, G. (2015). Mamíferos en relictos de bosque seco tropical del Tolima, Colombia. *Mastozoología Neotropical*, 22(1), 11–21. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=45739766002>

- Gardner, T. A., Barlow, J., Chazdon, R., Ewers, R. M., Harvey, C. A., Peres, C. A., & Sodhi, N. S. (2009). Prospects for tropical forest biodiversity in a human-modified world. *Ecology Letters*, 12(6), 561–582. DOI:10.1111/J.1461-0248.2009.01294.X
- González-Maya, J. F., Arias-Alzate, A., Granados-Peña, R., Mancera-Rodríguez, N. J., & Ceballos, G. (2016). Environmental determinants and spatial mismatch of mammal diversity measures in Colombia. *Animal Biodiversity and Conservation*, 39(1), 77–87. <https://doi.org/10.32800/abc.2016.39.0077>
- González-Maya, J. F., Castañeda, F., González, R., Pacheco, J., & Ceballos, G. (2014). Distribution, range extension, and conservation of the endemic black-headed bushmaster (*Lachesis melanocephala*) in Costa Rica and Panama. *Herpetological Conservation and Biology*, 9(2), 369–377.
- Granados-Peña, R., Arias-Alzate, A., Zárrate-Charry, D., & González-Maya, J. F. (2014). Una estrategia de conservación a escala regional para el jaguar (*Panthera onca*) en el distrito biogeográfico de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Revista Biodiversidad Neotropical*, 4(2), 141.
- Guisan, A., & Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: Offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, 8(9), 993–1009. DOI:10.1111/J.1461-0248.2005.00792.X
- Guisan, A., & Zimmermann, N. E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135, 147–186. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(00\)00354-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00354-9)
- Guisan, A., Thuiller, W., & Zimmermann, N. E. (2017). Habitat Suitability and Distribution Models. In *Habitat Suitability and Distribution Models: With Applications in R*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781139028271>
- Hadley, A. S., & Betts, M. G. (2009). Tropical deforestation alters hummingbird movement patterns. *Biology Letters*, 5(2). doi: 10.1098/rsbl.2008.0691
- Hernández-Camacho, J., Hurtado, A., Ortiz, R., & Walschburger, T. (1992). Unidades biogeográficas de Colombia. In *La Diversidad Biológica De Iberoamérica I*.
- Hernández-Ramírez, A. M. (2014). En el umbral de la extinción. *Biodiversitas*, 113, 1–7.

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2019). IGAC. <https://www.igac.gov.co/>
- Jones, J. P. G. (2011). Monitoring species abundance and distribution at the landscape scale. *Journal of Applied Ecology*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01917.x>
- Leishman, E. R. F., & Urphy, D. E. D. M. (2000). A new method for selection of umbrella species for conservation planning. *Ecological Applications* 10(2), 569–579. <https://doi.org/10.2307/2641116>
- Meza-Joya, F. L., Ramos, E., & Cardona, D. (2019). Spatio-temporal patterns of mammal road mortality in middle magdalena valley, Colombia. *Oecologia Australis*, 23(3), 575–588. <https://doi.org/10.4257/oeco.2019.2303.15>
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. A. B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853–858. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- Muscarella, R., Galante, P. J., Soley-Guardia, M., Boria, R. A., Kass, J. M., Uriarte, M., & Anderson, R. P. (2014). ENMeval: An R package for conducting spatially independent evaluations and estimating optimal model complexity for Maxent ecological niche models. *Methods in Ecology and Evolution*, 5(11), 1198–1205. <https://doi.org/10.1111/2041-210x.12261>
- Peterson, A. T., Soberón, J., Pearson, R. G., Anderson, R. P., Martínez-Meyer, E., Nakamura, M., & Araújo, M. B. (2011). Ecological Niches and Geographic Distributions. In *Ecological Niches and Geographic Distributions (MPB-49)* (Issue January). DOI: 10.1515/9781400840670
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- Poeta, G., Staffieri, E., Acosta, A., & Battisti, C. (2017). Ecological effects of anthropogenic litter on marine mammals: A global review with a “black-list” of impacted taxa. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, 28(2), 253–264. <https://doi.org/10.4404/hystrix-00003-2017>
- Pulliam, H. R. (2000). On the relationship between niche and distribution. *Ecology Letters*, 3(4), 349–361. <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2000.00143.x>

- R Team Development Core. (2020) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://lib.stat.cmu.edu/R/CRAN/doc/manuals/r-devel/fullrefman.pdf>
- Ramírez-Chaves, H. E., Suárez Castro, A. F., Morales-Martínez, D. M., Rodríguez-Posada, M. E., Zurc, D., Concha Osbahr, D. C., Trujillo, A., Noguera Urbano, E. A., Pantoja Peña, G. E., González Maya, J. F., Pérez Torres, J., Mantilla Meluk, H., & López Castañeda, C., Velásquez Valencia, A., Zárrate Charry, D. (2021). Mamíferos de Colombia. <https://doi.org/https://doi.org/10.15472/kl1whs>
- Ramírez-Chaves, H. E., Suárez Castro, A. F., Morales-Martínez, D. M., Rodríguez-Posada, M. E., Zurc, D., Concha Osbahr, D. C., Trujillo, A., Noguera Urbano, E. A., Pantoja Peña, G. E., González-Maya, J. F., Pérez-Torres, J., Mantilla Meluk, H., López Castañeda, C., Velásquez Valencia, A., & Zárrate-Charry, D. (2021). Mamíferos de Colombia. Version 1.12. Sociedad Colombiana de Mastozoología. <https://doi.org/https://doi.org/10.15472/kl1>
- Ramírez-Chaves, H. E., Suárez-Castro, A. F., & González-Maya, J. F. (2016). Cambios recientes a la lista de mamíferos de Colombia. *Mammalogy Notes*, 3, 1–9. <https://doi.org/10.47603/manovol3n1.1-9>
- Rodrigues, A. S. L., Brooks, T. M., Butchart, S. H. M., Chanson, J., Cox, N., Hoffmann, M., & Stuart, S. N. (2014). Spatially explicit trends in the global conservation status of vertebrates. *PLoS ONE*, 9(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0113934>
- Ruiz Guevara, M. Z., & Fajardo, M. (2018). Línea Base Objetivos de Desarrollo Sostenible departamento de Cundinamarca. <http://www.todacolombia.com/departamentos/cundinamarca.html>
- Sánchez-Cuervo, A. M., Aide, T. M., Clark, M. L., & Etter, A. (2012). Land Cover Change in Colombia: Surprising Forest Recovery Trends between 2001 and 2010. *PLoS ONE*, 7(8). <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0043943>
- Schipper, J., Chanson, J. S., Chiozza, F., Cox, N. A., Hoffmann, M., Katariya, V., Lamoreux, J., Rodrigues, A. S. L., Stuart, S. N., Temple, H. J., Baillie, J., Boitani, L., Lacher, T. E., Mittermeier, R. A., Smith, A. T., Absolon, D., Aguiar, J. M., Amori, G., Bakkour, N., Young, B. E., *et al.* (2008). The status of the world's land and marine mammals: diversity, threat, and knowledge. *Science*, 322(5899), 225–230. doi: 10.1126/science.1165115
- Soberon, J., & Peterson, A. T. (2005). Interpretation of Models of Fundamental Ecological Niches and Species' Distributional Areas. *Biodiversity Informatics*, 2(0), 0–10. <https://doi.org/10.17161/bi.v2i0.4>

- Soberón, J., Osorio-Olvera, L., & Peterson, T. (2017). Diferencias conceptuales entre modelación de nichos y modelación de áreas de distribución. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(2), 437–441. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.03.011>
- Stevenson, P., Pérez-Torres, J., & Muñoz-Saba, Y. (2006). Estado de conocimiento sobre los mamíferos terrestres y voladores de Colombia. In M. Chavez & M. Santamaria (Eds.), *Informe Nacional sobre el estado de avance en el conocimiento y la información de la Biodiversidad 1998-2004*. <http://documentacion.ideam.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=38129>
- Sibirós, J. V., Linde, D. V., Pascual, A. L., & Palom, A. R. (2006). Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology). Una interpretación desde la geografía. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 0(48), 151–166. https://www.researchgate.net/publication/39107731_Conceptos_y_metodos_fundamentales_en_ecologia_del_paisaje_landscape_ecology_Una_interpretacion_desde_la_geografia
- Zárrate-Charry, D., González-Maya, J. F., Pineda-Guerrero, A., Granados-Peña, R., Navarrete-Ramírez, S., Vela-Vargas, M., & Wyatt, S. (2014). Using felids as the basis of a biodiversity conservation strategy in the Sierra Nevada de Santa Marta, Caribbean region of Colombia. *Wild Felid Monitor*, July, 18–19. https://www.researchgate.net/publication/265293522_Using_felids_as_the_basis_of_a_biodiversity_conservation_strategy_in_the_Sierra_Nevada_de_Santa_Marta_Caribbean_region_of_Colombia
- Zárrate-Charry, D. A. (2018). Use of species distribution information to support landscape management in data-poor countries. Oregon State University.
- Zárrate-Charry, D. A., Massey, A. L., González-Maya, J. F., & Betts, M. G. (2018). Multi-criteria spatial identification of carnivore conservation areas under data scarcity and conflict: a jaguar case study in Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Biodiversity and Conservation*, 27(13), 3373–3392. <https://doi.org/10.1007/s10531-018-1605-z>
- Zárrate-Charry, D., González-Maya, J. F., Pineda-Guerrero, A., Granados-Peña, R., Navarrete-Ramírez, S., Vela-Vargas, M., & Wyatt, S. (2014). Using felids as the basis of a biodiversity conservation strategy in the Sierra Nevada de Santa Marta, Caribbean region of Colombia. *Wild Felid Monitor*, July, 18–19.

Estado de conservación de
las áreas de distribución
de los mamíferos objeto de
uso en el departamento de
Cundinamarca y evaluación
del rol de las áreas protegidas

AUTORES

Diego A. Zárrate-Charry
Lizeth Aguirre-Sierra
Catalina Moreno-Díaz
Leonardo Lemus-Mejía
José F. González-Maya





Introducción

En este capítulo se presenta el análisis del estado de conservación de las zonas de distribución de los mamíferos objeto de uso por comunidades humanas dentro del departamento de Cundinamarca, haciendo un énfasis en las diferencias del estado de conservación dentro y fuera de las Áreas Protegidas (AP). El término uso, se refiere al aprovechamiento de un recurso de valor tanto económico y religioso como tradicional regido por tendencias sociales, culturales y económicas (Cunha-Ribeiro & Schiavetty, 2009; Racero-Casarrubia *et al.* 2008). Estas especies de mamíferos se usan como objeto de estudio porque son las especies que pueden generar a corto plazo un mayor impacto en el bienestar de las comunidades locales, si su abundancia o presencia se ve afectada, ya que son aquellas que tienen un relacionamiento directo con un servicio ecosistémico o productivo para las comunidades del departamento.

Los mamíferos son un grupo que ha sido utilizado ampliamente para determinar el estado de la integridad ecológica y la salud de paisajes y ecosistemas en diferentes regiones del mundo (Di Minin *et al.* 2016; González-Maya *et al.* 2015; González-Maya *et al.* 2012; Rondinini *et al.* 2011). Esto en gran medida responde a su rol dentro del funcionamiento y mantenimiento de los ecosistemas, lo cual soporta su uso para la realización de evaluaciones de estado de conservación (Aubry *et al.* 2003; Beschta & Ripple, 2006; Prugh *et al.* 2009). Ejemplos puntuales de esta importancia son los tres grupos de mamíferos que son considerados vitales para los bosques: los roedores, los carnívoros y los murciélagos. Estos grupos se destacan por su habilidad y capacidad de dispersar semillas, mantener el equilibrio en las cadenas tróficas, contribuir a la fertilización del suelo y ser importantes polinizadores (Aubry *et al.* 2003; Noss *et al.* 2012). Así mismo han sido estudiados ampliamente para entender el estado, conectividad y rol que presentan las Áreas Protegidas (AP), particularmente cuando se realizan análisis a escala de paisaje (Beier, 1993; Cullen Jr. *et al.* 2013; Zárrate-Charry *et al.* 2018).

Aun cuando prestan una amplia variedad de servicios ecosistémicos, son uno de los grupos taxonómicos más amenazados a nivel global, debido a la pérdida de su hábitat, la deforestación y la cacería, siendo

estas influentes en la pérdida de riqueza y disminución de sus poblaciones (Muñoz-Saba & Hoyos, 2012; Nadal Urias, *et al.* 2013; Osbahr & Morales, 2012). Estas presiones que se presentan y afectan a la biodiversidad en general, se ve acrecentada en los mamíferos, ya que estos tienen altos requerimientos energéticos asociado a su tamaño, lo cual requiere grandes paisajes con bajos niveles de intervención y abundantes presas (Ripple *et al.* 2014).

Además de ser uno de los grupos de animales más importantes para el ecosistema, los mamíferos también son uno de los grupos más utilizados por las comunidades humanas (Cortés-Gregorio *et al.* 2013; Ripple *et al.* 2016; Vliet *et al.* 2015). Desde una perspectiva sociocultural no solo son un recurso tangible, objeto de apropiación y base de diversas necesidades recreativas, culturales y de subsistencia, sino que forman parte del imaginario colectivo de formas intangibles, ya sea asociados a mitos, leyendas, arte o folclore, formando parte de la identidad de diversos pueblos y comunidades (Vargas-Clavijo 2008 & 2009).

A pesar de que en Colombia la fauna es conocida desde el punto de vista sistemático, existe un vacío de información relacionado con los usos específicos que se le da a esta (Osbahr & Morales, 2012). La valoración cultural de la fauna se basa en el conocimiento popular generado ya sea por el contacto directo con la especie o los conocimientos adquiridos a lo largo del tiempo (Ortiz- Espejel. *et al.* 2009). Estos tipos de uso se hacen más relevantes a medida que la abundancia de las especies se reduce, ya que no solo se pone en riesgo la seguridad alimentaria de algunos grupos culturales, sino que se genera un vacío y una pérdida en la tradición e identidad de distintas culturas, haciendo más compleja la continuidad de tradiciones que dependen de la presencia de algunas especies. Tradicionalmente, los habitantes de la región Andina han aprovechado los diferentes grupos de fauna, tanto invertebrados como vertebrados.

En busca de la conservación de estas especies se han diseñado diversas medidas de manejo que van desde los planes de conservación direccionado a su cuidado (Castaño-Uribe *et al.* 2013; MAE & WCS, 2014), estrategias direccionadas a el uso sostenible de las especies o de los paisajes en los que se encuentran (Fischer *et al.* 2010; Sims & Alix-García, 2017), y la conservación de los paisajes en los que se distribuyen, para lo cual las AP siguen siendo uno de los pilares principales de conservación (Di Minin *et al.* 2016; Gonzalez-Maya *et al.* 2015; Stolton & Dudley, 2010).

Las Áreas Protegidas o áreas destinadas para la conservación son una herramienta esencial para los planes de desarrollo y asegurar el patrimonio natural y cultural del país (Forero-Medina & Joppa, 2010). En estos paisajes se busca salvaguardar elementos tanto naturales como culturales representativos para determinada región (Ortiz et al. 2005). Se ha reconocido que las áreas protegidas juegan un papel importante en los patrones de uso de la tierra, flora y fauna, lo que contribuye en aspectos sociales y en la preservación de diversas especies y características culturales (Olmos Martínez *et al.* 2013). Se ha evidenciado de igual manera, que estas áreas son capaces de proveer bienes y servicios ambientales, salvaguardando los hábitats críticos para el sostenimiento de especies (Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2015). Si bien durante muchos años se vieron como solo refugio de especies, cada día se valoran más por los servicios ecosistémicos que prestan.

Para el departamento de Cundinamarca existen un total de 184 AP entre las cuales 73 son de orden nacional o regionales y 111 son reservas nacionales de la sociedad civil. Cada una de ellas presta dentro del departamento un rol clave en la conservación de especies de mamíferos, y si bien estas no fueron creadas en su totalidad para suplir los requerimientos de conservación de estas especies, su existencia asegura en gran medida la conservación de hábitats clave para especies amenazadas, emblemáticas y especies objeto de uso (Figura 1).

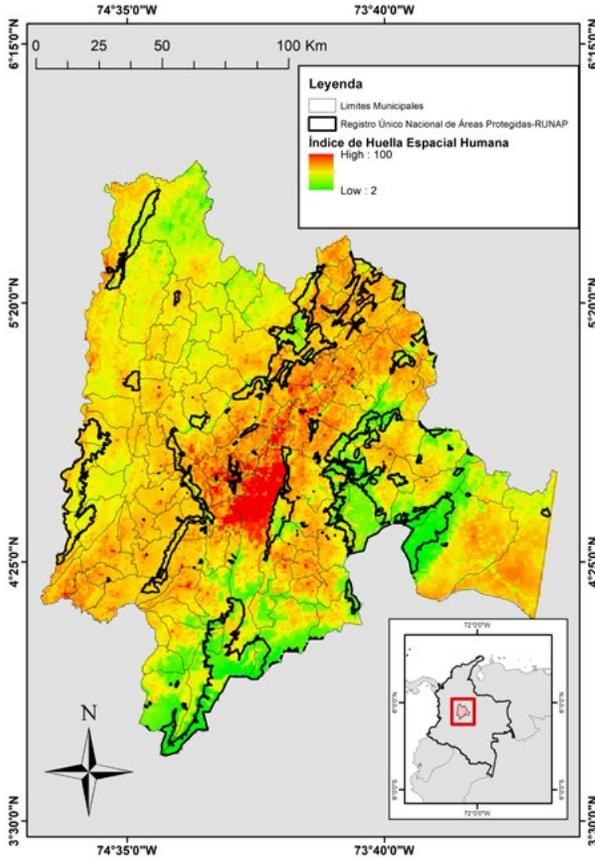


Figura 1. Ubicación de las AP del departamento de Cundinamarca. Se pueden ver en una escala de verdes la ubicación de AP de orden nacional, regional o local y de las RNSC.

Mantener el estado de conservación de estas AP, así como el paisaje que las contiene, es clave para asegurar procesos ecológicos, y que los servicios ambientales que presentan a las comunidades locales puedan ser mantenidos en el tiempo. Actualmente la política del Sistema Nacional de Áreas Protegidas –(SINAP) (Documento CONPES 4050) busca asegurar que tanto las AP como los paisajes aledaños sean manejados de forma tal que aseguren la continuidad de procesos ecológicos, el estado de conservación de las AP y el mantenimiento de la conectividad de estas figuras de manejo y de las especies que habitan en ellas.

Las AP, así como los paisajes que las contienen, han sido afectados en las últimas décadas por el aumento de diversos factores que ejercen influencia de forma directa a toda la biodiversidad. A nivel nacional cerca

de un 9,6% del total del área del SINAP ha sido transformado (IDEAM *et al.* 2017). Esto, unido a la creciente tasa de deforestación, afecta gravemente los procesos ecológicos de los que dependen especies y ecosistemas dentro y alrededor de las AP. Presiones asociadas a los motores de cambio global como el uso insostenible de recursos naturales, el aumento en presencia y abundancia de especies invasoras y la tendencia de cambio climático, afecta gravemente los hábitats de especies, siendo este el caso de varias de las especies de mamíferos. Así mismo, las variables directas generadas por el crecimiento del uso de recursos y territorio debido al crecimiento demográfico acelerado generan la expansión de más zonas urbanas (Mulongoy & Chape, 2004), reflejándose en la intensidad generada por el impacto antrópico en los ecosistemas terrestres en donde la contribución humana es ascendente. Y en este contexto, las APs son las llamadas a mantener condiciones naturales y muestras representativas, pero cada vez son más afectadas por estas galopantes presiones de orden global y local.

La pérdida constante de coberturas naturales dentro de APs junto con el aumento de los tensores de pérdida de biodiversidad genera una urgencia de conservación y manejo de las especies y sus hábitats, especialmente aquellas especies objeto de uso. Para definir herramientas de manejo de estas especies es vital entender el potencial efecto que está teniendo la transformación de los ecosistemas y las acciones humanas sobre los hábitat y zonas de distribución de las especies. Correa-Ayram *et al.* (2020), por medio del análisis multitemporal del Índice de Huella Espacial Humana (medida que evalúa a través de diversas variables el impacto humano en los ecosistemas), lograron identificar que en los últimos 45 años el impacto, o la magnitud de la huella humana, ha aumentado en un 50% en Colombia, siendo el Caribe y los Andes las regiones en donde dicho aumento ha sido mayor. Así mismo, evaluaron la tendencia futura y predicen que, de no tener un cambio en el patrón de uso, para el año 2030, el índice de huella espacial humana habrá aumentado en un 12% más. Además, aseguran que, en el país, aproximadamente el 65% de la tierra se ha visto involucrada en procesos de transformación. Es decir, la huella humana o el Índice de Huella Espacial Humana (IHEH) es una herramienta que puede aportar a la hora de planificar y conservar la biodiversidad buscando priorizar zonas claves de conservación con el fin de restaurar y mitigar las presiones humanas.

Específicamente para la región Andina se puede ver que los valores actuales del IHEH son particularmente altos, siendo después del Caribe, la región que tiene menos área en zonas con valores de huella bajo, o que aún no han sido tan transformados por las actividades humanas (Figura

2). Esta problemática ha producido una disminución en la riqueza de fauna local o regional (Contreras-Moreno *et al.* 2018; Ceballos *et al.* 2015). Incluso, ha ocasionado que las poblaciones de animales que dependen de áreas destinadas a la conservación se desplacen y se concentren en la poca vegetación que aún permanece intacta (Aguilar *et al.* 2000).

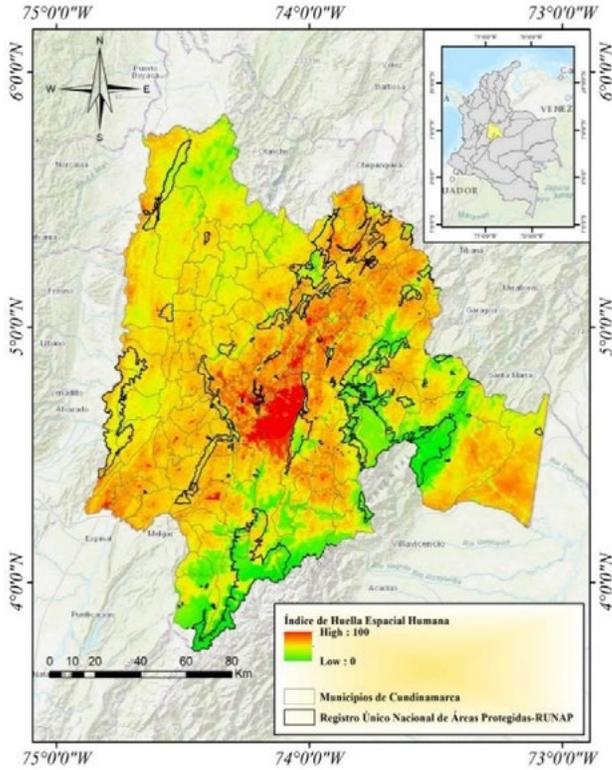


Figura 2. Representación del Índice de Huella Espacial Humana para el departamento de Cundinamarca (Correa Ayram *et al.*, 2020).

Colombia es considerado el quinto país, a nivel mundial, con mayor riqueza de especies de mamíferos identificadas, con 543 (Ramírez-chaves *et al.* 2021). De estas, 236 especies están registradas en el departamento de Cundinamarca (Pérez-Torres *et al.* sin publicar). Pese al alto número de especies de mamíferos, la información puntual sobre integración de estos a los diferentes planes de manejo o estrategias de conservación aplicados en las áreas dispuestas para este fin es mínima (Sánchez *et al.* 2004). Por esta razón, ha habido poca concordancia entre la realidad biológica y social de las especies frente a la planificación en estas APs, lo cual potencialmente genera una pérdida de diversidad de especies que no está siendo regulada ni medida en el departamento.

Es por lo anterior que se realizó la evaluación del estado actual de las áreas de distribución de las especies objeto de uso del departamento de Cundinamarca, si existe una diferencia entre el estado de conservación de la distribución dentro y fuera de las AP del RUNAP dentro de la jurisdicción del departamento, y si el impacto es mayor o menor en especies amenazadas, especies con mayor o menor representatividad, o especies con rangos de distribución restringidos.

Para ello se plantearon tres objetivos específicos: i) analizar la representatividad de mamíferos objeto de uso dentro de las AP de Cundinamarca, ii) evaluar el estado de conservación de la distribución de los mamíferos objeto de uso dentro y fuera de las AP de Cundinamarca, por medio del uso de IHEH, y iii) identificar diferencias en el estado de conservación de la distribución de los mamíferos objeto de uso de Cundinamarca, ya sea porque estas presentan menor representatividad o mayor grado de amenaza.

Materiales y métodos

El área de estudio comprendió el departamento de Cundinamarca (Figura 1), ubicado en el centro de Colombia, en la región andina. El departamento tiene una altitud media de 3.341 m s. n. m., una superficie total de 24.210 km² distribuida en 116 municipios con 2'919.060 habitantes (DANE, 2019). El enfoque principal del estudio se centró en las 184 áreas protegidas asociadas al departamento, distribuidas en 315 894,45 hectáreas (RUNAP, 2019).

Para el análisis de la representatividad de riqueza de mamíferos presentes en Cundinamarca, enfocado en AP, inicialmente se realizó una recopilación de información de mamíferos presentes en Cundinamarca. Posterior a la recopilación se construyó una base de datos compuesta por registros históricos y actuales tomados de diferentes fuentes como colecciones biológicas y literatura científica publicada y gris disponible en el país. En total se recopiló información de 135 especies de mamíferos. Adicionalmente, para todas las especies, se realizó una búsqueda bibliográfica sobre sus potenciales usos sociales y culturales a nivel mundial (alimento, medicina, economía, religión, etc.). Esta búsqueda se realizó en la página web de la UICN y bases de datos de entrevistas realizadas en Cundinamarca, dentro de este mismo proyecto.

Por medio de la información y datos de presencia de las especies, se realizaron modelos de distribución potencial utilizando el software

RStudio Desktop 1.4.1106 (*RStudio team* 2015) y el paquete *Wallace* (Kass JM *et al.* 2018), para obtener modelos de distribución potencial requeridos en el proyecto macro. Se construyó un mapa de riqueza de especies y de especies objeto de uso. Para esto se creó una grilla con un tamaño de 1 km x 1 km. Seguidamente, con la caja de herramienta “*UICN Species Mapping Tools 2019_08*” de la UICN, para ArcGIS, se usó la herramienta denominada “*Species Richness Count*”, que permitió realizar un recuento de la riqueza de especies por cada celda presente. De estas capas resultantes se obtuvo una tabla de distribución de frecuencias, la media de riqueza para la capa y la desviación estándar de la distribución de la riqueza tanto para el mapa de especies en general y especies con uso presentes en Cundinamarca.

Así mismo, con el fin de identificar las áreas de mayor riqueza y su relación con las AP, se superpusieron los mapas de riqueza de especies con el de áreas protegidas del departamento, y se realizó un mapa de “*HotSpots*” de mamíferos en general y uno para las áreas protegidas en Cundinamarca. Esto permitió identificar sitios prioritarios tanto dentro como fuera de áreas protegidas. Esta aproximación permitió además identificar los conglomerados espaciales estadísticamente significativos con altos valores de riqueza, considerados como puntos calientes y valores bajos considerados puntos fríos (ESRI, 2019).

Se evaluó la representatividad de cada una de las especies objeto de uso, dentro de las áreas protegidas del departamento de Cundinamarca. La representatividad se evalúa por medio de un análisis de área, en el cual se estima el porcentaje de distribución de una especie que está actualmente protegido por las AP existentes (Gonzalez-Maya *et al.* 2015; House *et al.* 2017). En este caso se evaluó dicho porcentaje de área para cada una de las especies dentro de las AP que existen dentro del Registro Único Nacional de Áreas Protegidas - RUNAP. Para cada una de las especies se generó un valor de representatividad, y así mismo, se evaluó el valor medio de representatividad para el departamento del total de especies, total de especies objeto de uso y por Orden.

Para evaluar el estado de conservación de las especies de mamíferos objeto de uso se realizó una comparación del nivel de intervención derivado de la influencia humana sobre las áreas de hábitat disponibles, haciendo uso del Índice de Huella Espacial Humana (IHEH). Este índice muestra una representación espacial del impacto acumulativo que tienen las presiones humanas sobre el ambiente (Venter *et al.* 2016). “La Huella Humana” nace a partir de la necesidad de especificar otro concepto de impacto humano conocido como “La huella ecológica”,

cuyo fundamento es medir el consumo de los recursos. Para simplificar, la huella humana mide directamente, por medio de datos espaciales, el impacto en la demanda y el consumo que el hombre tiene sobre la tierra, las prácticas humanas que están reduciendo significativamente la resiliencia o capacidad de recuperación de los ecosistemas causando incluso, efectos irreversibles sobre la diversidad, como la extinción local de especies (Etter *et al.* 2017; Correa-Ayram *et al.* 2017). Las tres dimensiones evaluadas son la intensidad del suelo, el tiempo de intervención antrópica y la vulnerabilidad biofísica. Este método ha sido ampliamente usado para evaluar el cambio en los paisajes, y el potencial impacto que tiene el humano tanto en el hábitat de las especies como en su conectividad (Correa Ayram *et al.* 2017; Nori *et al.* 2015).

Usando la aproximación del Índice de la Huella Espacial Humana (IHEH) creado para Colombia, se realizó un solapamiento con las áreas de distribución potencial de todas las especies objeto de uso por medio del software ArcGIS 10.5 (ESRI, 2019). Este proceso permitió obtener una capa de valores asociados al IHEH para cada especie, con lo cual se pudo obtener un valor medio y una desviación estándar del mismo para cada una de las especies. Así mismo, se evaluó el valor medio del IHEH para las órdenes y familias, con el fin de identificar potenciales grupos que presenten una mayor vulnerabilidad debido a la baja calidad de sus áreas de distribución como resultado de los altos valores de impactos humanos.

Para evaluar el estado actual de la distribución de las especies dentro de las AP se realizó una evaluación del valor medio del IHEH dentro y fuera de las AP. Para esto se realizó el cálculo del valor medio del IHEH para cada especie en el total de su área de distribución, y en la distribución que está dentro de las AP del RUNAP. Los valores de Índice de Huella Espacial Humana se presentan de 0 a 100, siendo 0 las áreas consideradas “naturales” y 100 las áreas con el valor máximo de Huella Humana o impacto antrópico (Correa-Ayram *et al.* 2020).

Resultados y discusión

Cundinamarca con su amplio gradiente de elevación y su topografía montañosa alberga una amplia variedad de ecosistemas. Un rasgo característico es el sistema hídrico que se representa en lagunas, quebradas, y ríos de diferentes magnitudes como el Magdalena, el Sumapaz y el río Bogotá, siendo estos los más importantes. Estas características que favorecen los ecosistemas aportan factores esenciales para la distribución de mamíferos (Patton & Emmons, 2015; Patton *et*

al. 2015). Aun así, el continuo cambio de coberturas, el alto impacto de las actividades humanas y el efecto que tendrán los motores de cambio global afectan la presencia de estas especies en el territorio. Se presenta a continuación el resultado de representatividad de mamíferos para el departamento de Cundinamarca y el estado actual de sus distribuciones, siendo estos evaluados con base en el impacto humano que ha hecho que su distribución tenga un mayor o menor grado de vulnerabilidad.

Se puede evidenciar por los modelos de distribución y el mapa de riqueza de especies, que la mayoría de las especies de mamíferos del departamento, están concentradas hacia las zonas bajas colindando con el río Magdalena, en municipios como Yacopí, Caparrapí, parte norte de Puerto Salgar, Fusagasugá y alrededores. Este patrón de distribución de especies responde a la realidad de la zona de transición entre los Andes y las zonas bajas, áreas que presentan altos valores de riqueza debido a dicha transición, pero que se ubica en la misma zona del frente de transformación y la zona de ubicación de los mayores valores del IHEH (Correa-Ayram *et al.* 2020). Esto es evidenciable tanto en la zona oriental como occidental del departamento en la franja baja de la cordillera, con la excepción de las zonas que están dentro del PNN Chingaza y las diversas figuras de protección que la rodean (Figura 3). Por medio del análisis de puntos calientes se puede evidenciar que los municipios que presentan mayor riqueza de especies de mamíferos son aquellos ubicados en el piedemonte, especialmente los del sector occidental del departamento como lo son Villeta, Sasaima, Anolaima, Viotá, entre otros.

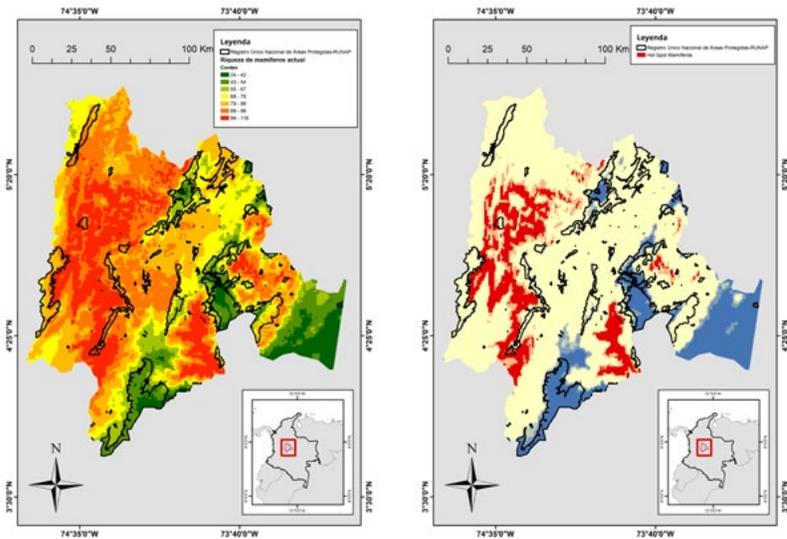


Figura 3. Distribución de la riqueza de especies de mamíferos y puntos calientes (y fríos, azules) de riqueza para el departamento de Cundinamarca.

Por medio de análisis de representatividad se encontró para el departamento de Cundinamarca un total de 43 especies objeto de uso, de estas, 9 se encuentran en grado de amenaza según la Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN y 10 se encuentran amenazadas según la legislación nacional del país. Del total de especies objeto de uso del departamento, el orden con un mayor número de especies fue el orden Carnívora con 16, seguido del orden Primates con 7. De las especies analizadas el orden Carnívora presenta el mayor número de especies analizadas (37,21%), seguido por el orden Primate, Rodentia, y Pilosa (16,28%, 13,95% y 11,63% respectivamente). El patrón de distribución de las especies objeto de uso es similar al presentado en el análisis de distribución de la riqueza total de especies, siendo los municipios con mayor número de especies Villeta, Sasaima, Anolaima, Nocaima, etc. La principal diferencia en la distribución de las zonas de calor de riqueza se da en los municipios de Paima, El Peñón, Chocontá, Guayabetal y Quetame que aparecen como sitios de mayor número de especies objeto de uso (Figura 4).

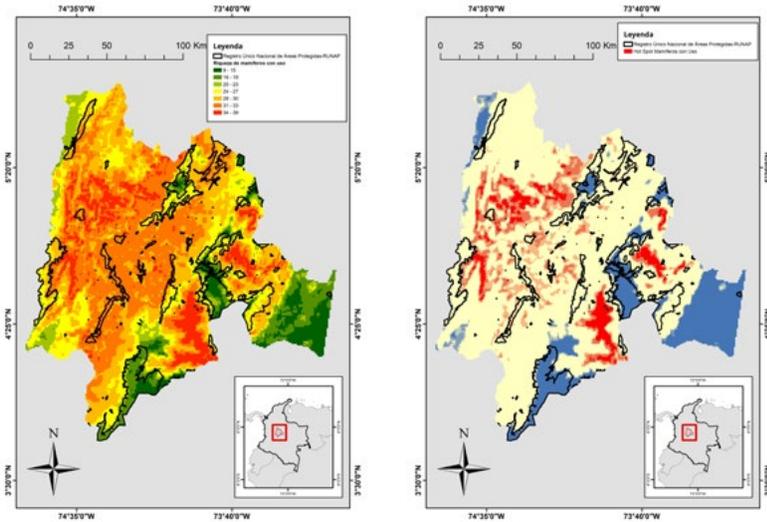


Figura 4. Distribución de la riqueza de especies de mamíferos objeto de uso y puntos calientes (y fríos: azules) de riqueza para el departamento de Cundinamarca

El valor medio de representatividad dentro de AP de las especies objeto de uso, es menor a las metas de representatividad global (= 10,69% ± 4,99 SD. Tabla 1). Más de la mitad de las especies presentadas en el análisis tienen un valor de representatividad menor al 10%, estando el resto de sus zonas de distribución por fuera de las áreas protegidas dependiendo en gran medida su conservación de las acciones y manejo que se desarrolla en territorios privados, situación que se ha visto antes en especies de mamíferos como el jaguar y el puma (de la Torre *et al.* 2017; Zárrate-Charry *et al.* 2018).

En término de órdenes, los que poseen un menor valor medio de representatividad son el orden Pilosa y Didelphimorpha ($x= 7,21\% \pm 4,44$ SD y $= 7,626\% \pm 1,37$ SD respectivamente). Para Pilosa se puede encontrar la especie que posee la menor representatividad en AP de todo el estudio, el oso hormiguero (*Tamandua tetradactyla*), especie que además de estar subrepresentada en el departamento tiene una zona de distribución muy pequeña en la jurisdicción del mismo. Ningún orden está por encima del 15% de representatividad, lo cual es menor a las metas globales de esta para elementos como biomas que han sido asociados a las metas Aichi (Bacon *et al.* 2019). Están también muy por debajo de otras áreas requeridas para algunos grupos como el caso de los carnívoros en donde se proponen metas más ambiciosas como el 30% de representatividad para asegurar sus necesidades ecológicas (Di Minin *et al.* 2016).

Las especies con menor representatividad para el departamento de Cundinamarca son el oso hormiguero (*Tamandua tetradactyla*), el mono maicero (*Sapajus apella*) y el jaguar (*Panthera onca*). Las razones asociadas a tan baja representatividad están explicadas por la distribución restringida de las especies en zonas bajas del departamento, en donde las áreas protegidas no son extensas y predominan en altitudes superiores a los 2000 msnm. Esto es especialmente preocupante para especies como el mono maicero (*Sapajus apella*) y el jaguar (*Panthera onca*), ya que dependen de elementos del paisaje en un muy buen estado de conservación o áreas muy grandes para su supervivencia, y en ambos casos la representatividad dentro de AP que aseguren esas condiciones está por debajo del 5%.

Tabla 1. Representatividad media dentro de AP de los órdenes con especies objeto de uso a nivel de Orden en el departamento de Cundinamarca.

Orden	Número de especies	Promedio de Representatividad	Desviación estándar de Representatividad
Pilosa	5	7,21	4,44
Didelphimorphia	3	7,26	1,37
Chiroptera	2	7,46	0,91
Cingulata	2	8,04	2,64
Primate	7	8,15	2,69
Rodentia	6	11,43	5,50
Carnivora	16	13,61	4,70
Artiodactyla	2	13,63	9,92

Se evaluó si especies con mayor grado de amenaza presentaban mayor o menor representatividad, pero no se vio un patrón específico (Tabla 2). La media de representatividad de las especies objeto de uso que presentan algún grado de amenaza o están caracterizadas como especies con datos insuficientes, es incluso un poco mayor a la media de representatividad del total de especies objeto de uso ($= 12,20 \% \pm 5,99$ SD). Aun así, es de resaltar que de las nueve especies objeto de uso que están bajo alguna categoría de amenaza dentro de la UICN, el 50% tiene una representatividad dentro de las Áreas Protegidas menor al 10%. Esto es problemático para su supervivencia, teniendo en cuenta que las principales presiones que afectan sus hábitats están relacionadas con degradación de ecosistemas y pérdida de hábitat, siendo estas presiones muy altas en las zonas aledañas o fuera de las AP del departamento de Cundinamarca. De estas especies el jaguar (*Panthera onca*) es la especie que presenta una menor representatividad dentro del departamento

(4,64%), esto puede ser respuesta al IHEH ascendente en zonas bajas del departamento donde es predominante su distribución.

Tabla 2. Representatividad media dentro de AP de las especies objeto de uso a nivel de Orden en el departamento de Cundinamarca.

Categoría de UICN	Número de especies	Promedio de Representatividad	Desviación estándar de Representatividad
DD	1	6,17	0
EN	1	6,25	0
LC	28	9,88	4,27
NT	5	13,61	6,46
VU	8	12,81	5,98

Es de resaltar que especies de primates como el mono araña (*Ateles belzebuth*), el titi gris (*Saguinus leucopus*), el mono lanudo (*Lagothrix lagotricha*), así como el mono ardilla (*Saimiri casiquiarensis*), que tienen pequeñas distribuciones o marginales en el departamento, presentan todos a su vez valores de representatividad menores al 10%; siendo todas especies de primates con algún grado de amenaza, y debido a su naturaleza requieren de ecosistemas en buen estado de conservación, y su conectividad y disponibilidad de hábitat se ve afectada por los disturbios, aun cuando estos se mantengan en una buena calidad (McLean *et al.* 2016). La baja representatividad dentro de AP de estas especies, y el alto nivel de transformación e impacto humano fuera de ellas, hace que los sitios disponibles en el departamento para estas especies sean probablemente muy bajos.

Una gran parte del departamento de Cundinamarca presenta altos valores de riqueza de especies de mamíferos objeto de uso. Si bien los valores de riqueza presentados en este capítulo y en este libro son altos, es importante tener en cuenta que la representación de distribución proviene de una aproximación de nicho ecológico (Peterson *et al.* 2011), la cual genera un área de distribución mucho mayor a las áreas de hábitat remanente que tienen las especies, las cuales están mediadas por la presencia de coberturas naturales, presas y disponibilidad de colonización al estar conectada por corredores biológicos (Brodie *et al.* 2014; Zárrate-Charry *et al.* 2018).

En el departamento de Cundinamarca los remanentes de cobertura y ecosistemas en los cuales pueden estar las especies pueden ser mucho menores que los hábitats remanentes, ya que, en los Andes, los valores

de huella humana y la magnitud de los impactos humanos son de las más altas del país junto a la de la región Caribe (Correa Ayram *et al.* 2020). Aun así, debido a la poca información existente sobre las coberturas que usan las especies, o sus requerimientos de hábitat, es necesario usar otras aproximaciones para evaluar el estado actual o la vulnerabilidad de los hábitats de las especies a las crecientes presiones relacionadas con variables antrópicas (Collen *et al.* 2008; Leidig & Teeuw, 2015).

El valor promedio del Índice de Huella Espacial Humana (IHEH) para las zonas de distribución de las especies objeto de uso en el departamento de Cundinamarca es de 57 ($\pm 2,74$ SD). Este es un valor medio, pero está muy cercano a valores altos de IHEH los cuales son superiores a 60. Todas las especies objeto de uso en el departamento tienen un valor medio de huella para su distribución superior a 50, lo cual es preocupante ya que valores bajos de huella, que pueden ser interpretados como áreas de buena calidad están por debajo de 17 (Correa Ayram *et al.* 2018; Correa Ayram *et al.* 2017). Las dos especies que presentaron valores más altos (>60) del IHEH fueron la comadreja (*Neogale frenata*), y el chigüiro (*Hydrochoerus hydrochaeris*). Esto se puede evidenciar en la representación de altos valores del IHEGH a lo largo del departamento dentro de su distribución. El hecho de que estas dos especies dentro del departamento de Cundinamarca tengan una distribución restringida, hace que los valores de la media del IHEH sean mayores a los de otras especies.

Si bien, para la mayor parte del departamento de Cundinamarca los valores del IHEH es alto o medio, dentro de las AP los valores son menores, lo cual es evidente en AP como el PNN Chingaza, los DRMI Cuchillas Negra y Guanaque y Cuchilla San Cayetano y las múltiples reservas forestales protectoras de las zonas cercanas a Chingaza.

Con el fin de evidenciar si las AP están asegurando la calidad de la distribución de mamíferos objeto de uso, se realizó una comparación entre los valores medios del IHEH de la distribución de las especies del departamento de Cundinamarca y el valor medio dentro de las AP. Por medio de este análisis se pudo evidenciar que, si bien no existe una diferencia estadísticamente significativa, casi todas las especies tienen valores de IHEH mayores en todo el departamento que en las AP. En promedio existe una diferencia de 10,72 puntos entre el promedio del IHEH del departamento con el que se tiene dentro de las AP ($\bar{x} = 10,73 \% \pm 5,98$ SD). Esto demuestra que el estado de los hábitats de las especies presenta un menor impacto de las actividades humanas dentro de las AP, y que de éstas depende en gran medida las áreas de conservación de las especies objeto de uso (Figura 5).

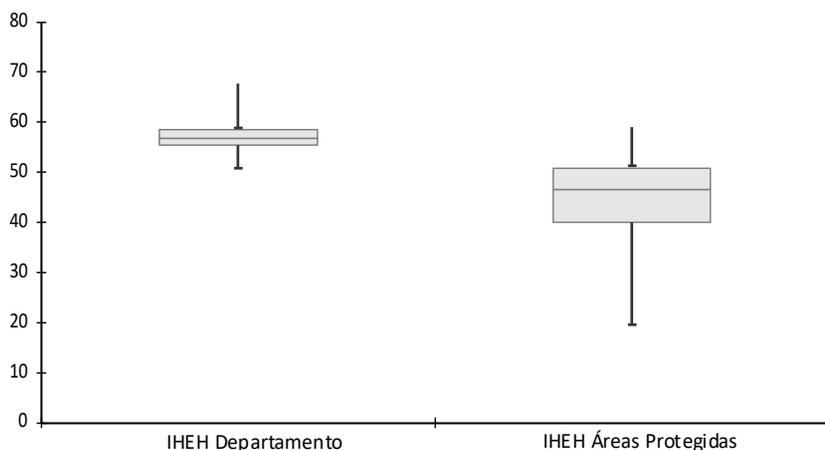


Figura 5. Comparación de los valores medios del Índice de Huella Espacial Humana de las áreas de distribución de los mamíferos objetos de uso dentro y fuera de las Áreas protegidas del departamento de Cundinamarca.

Estos valores deben ser evaluados para cada especie, ya que todas tienen dentro de su área de distribución zonas que tienen valores del IHEH muy altos y zonas con valores bajos. Siendo este un insumo importante al momento de definir acciones de conservación o procesos de priorización de zonas de restauración o manejo. Aun así, son muy pocas las especies de mamíferos objeto de uso dentro del departamento de Cundinamarca que tienen áreas con valores de IHEH menores a 30, lo que quiere decir que para el área de estudio no se tienen zonas con valores de huella baja (Figura 6).

Este valor es crítico y clave para entender cómo diseñar estrategias de conservación, ya que las AP existentes no son tan extensas ni han sido diseñadas para asegurar la representatividad de especies de mamíferos. Esto hace que los esfuerzos de conservación recaigan principalmente en zonas privadas y productivas, pero en el departamento estas son particularmente adversas ya que tienen valores muy altos de impacto humano.

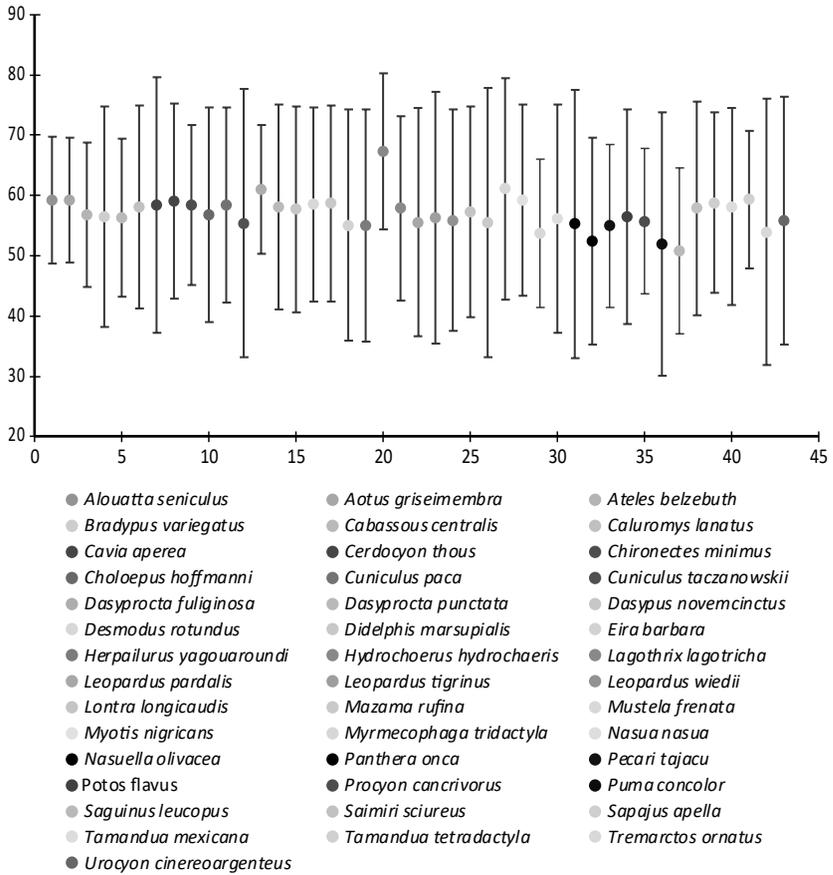


Figura 6. Distribución y valor medio y error estándar del IHEH para las especies de mamíferos objeto de uso dentro del departamento de Cundinamarca.

Conclusiones

El impacto de las actividades humanas ha afectado de manera irreparable los hábitats de especies y el funcionamiento de los ecosistemas a nivel global, dinámica que se hace cada vez más pronunciada con efectos catastróficos para la biodiversidad (Ceballos *et al.* 2015). Esta realidad no es distinta en el departamento de Cundinamarca, ya que, igual que varios de la zona Andina, presentan los mayores impactos relacionados a actividades humanas del país (Correa Ayram *et al.* 2018). Esto hace que las necesidades y la planificación de conservación para mantener especies deba ser mayor, especialmente cuando se mira desde las especies objeto de uso que poseen características que hacen parte de la cultura, uso y tradición de comunidades humanas (Andrade & Corzo, 2011; Ramos Roca & Borrero, 2011). Las Áreas Protegidas han funcionado históricamente como la piedra angular de las estrategias de conservación (Stolton & Dudley, 2010), siendo estas las zonas donde las especies pueden mantenerse y reproducirse, y al mismo tiempo funcionar como fuente de organismos que pueden colonizar zonas aledañas (Guerra *et al.* 2019). Actualmente a nivel nacional el rol de las Áreas Protegidas se hace cada vez más evidente pero los retos para su conservación también se incrementan, y es urgente asegurar un manejo efectivo de estas áreas, y de los paisajes que las contienen (Ospina Moreno *et al.* 2020).

En este capítulo y por medio del análisis presentado se pudo evidenciar que la representatividad de las especies de mamíferos dentro de las áreas protegidas existentes está por debajo de los umbrales definidos globalmente, y muy por debajo de los requerimientos que pueden tener las especies (Di Minin *et al.* 2016; Wilson, 2016). Así mismo el estado de conservación de los hábitats tanto dentro como fuera de las AP es bajo, y han sido sometidos a diversos impactos humanos que hacen que los valores del IHEH sean muy altos para toda la jurisdicción del departamento.

Si bien los valores de impacto asociados al IHEH son menores dentro de las AP, no son de óptima calidad y se requieren esfuerzos para redireccionar esta tendencia y lograr una conservación y funcionalidad del paisaje. Actualmente el desarrollo y planeación de una nueva política de áreas protegidas (CONPES, 450), brinda elementos para mejorar la efectividad de manejo y conservación de AP, pero al mismo tiempo asegura que los paisajes aledaños sean manejados de forma tal que aseguren la funcionalidad de procesos ecológicos y del hábitat y la

conectividad de especies. Para el caso de los mamíferos en el departamento de Cundinamarca esto es crucial ya que en gran medida sus zonas de distribución y el manejo de estas recae en predios privados fuera de zonas de conservación, y solo con el fortalecimiento de medidas de manejo, planes de ordenamiento territorial y la definición de nuevas estrategias de conservación se puede asegurar un mantenimiento de sus hábitats.

Referencias

- Aguilar, C., Martínez, E., & Arriaga, L. (2000). Deforestación y Fragmentación de Ecosistemas ¿Que tan grave es el problema en México? *CONABIO. Biodiversitas*, 30, 7–11.
- Andrade Pérez, G. I., & Corzo Mora, G. A. (2011). ¿Qué y Dónde Conservar? Parques Nacionales Naturales de Colombia. Unidad Administrativa Especial de Parques Nacionales Naturales de Colombia, Bogotá, Colombia, 197.
- Aubry, K. B., J. P. Hayes, B. L. Biswell y B. G. Marcot. (2003). The ecological role of three dwelling mammals in western coniferous forest. En C. Zabel G. (ed.) *Management and conservation in the forest of western North America*. Oregon State University, USA, pp. 415-443. DOI: 10.1017/CBO9780511615757.013
- Bacon, E., Gannon, P., Stephen, S., Seyoum-Edjigu, E., Schmidt, M., Lang, B., Sandwith, T., Xin, J., Arora, S., Adham, K. N., Espinoza, A. J. R., Qwathekana, M., Prates, A. P. L., Shestakov, A., Cooper, D., Ervin, J., Dias, B. F. de S., Leles, B., Attallah, M., ... Gidda, S. B. (2019). Aichi Biodiversity Target 11 in the like-minded megadiverse countries. *Journal for Nature Conservation*, 51, 125723. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2019.125723>
- Beier, P. (1993). Determining Minimum Habitat Areas and Habitat Corridors for Cougars. *Conservation Biology*, 7(1). <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1993.07010094.x>
- Beschta, R. L., & Ripple, W. J. (2006). River channel dynamics following extirpation of wolves in northwestern Yellowstone National Park, USA. *Earth Surface Processes and Landforms*, 31(12). <https://doi.org/10.1002/esp.1362>
- Brodie, J. F., Giordano, A. J., Dickson, B., Hebblewhite, M., Bernard, H., Mohd-Azlan, J., Anderson, J., & Ambu, L. (2014). Evaluating Multispecies Landscape Connectivity in a Threatened Tropical Mammal Community. *Conservation Biology*, 29(01), 122-32. doi: 10.1111/cobi.12337
- Castaño-Uribe, C., González-Maya, J. F., Zárrate-Charry, D. A., Ange-Jaramillo, C., & Vela-Vargas., I. M. (2013). *Plan de Conservación de Felinos del Caribe colombiano: Los felinos y su papel en la planificación regional integral basada en especies clave*. Fundación Herencia Ambiental Caribe, ProCAT Colombia, The Sierra to Sea Institute. /www.academia.edu/3491468/Plan_de_Conservación_

de Felinos del Caribe Colombiano Los felinos y su papel en la planificación regional integral basada en especies clave

- Ceballos, G., Ehrlich, P. R., Barnosky, A. D., García, A., Pringle, R. M., & Palmer, T. M. (2015). Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science Advances*, 1(5), e1400253. DOI: 10.1126/sciadv.1400253
- Collen, B., Ram, M., Zamin, T., & McRae, L. (2008). The Tropical Biodiversity Data Gap: Addressing Disparity in Global Monitoring. *Tropical Conservation Science*, 1(2), 75–88. <https://doi.org/10.1177/194008290800100202>
- Contreras-Moreno, F. (2018). Análisis Del Conflicto Entre la fauna silvestre y productores rurales en dos comunidades de Balancán, Tabasco, México. *Agro Productividad*, 11(6), 51–59.
- Correa-Ayram, C A, Díaz-Timote, J., Etter, A., Ramírez, W., & Corzo, G. (2018). El cambio en la huella espacial humana como herramienta para la toma de decisiones en la gestión del territorio. En L. A. Moreno, G. I. Andrade, & M. Gómez (Eds.), *Biodiversidad 2018. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <https://repositorio.fedepalma.org/handle/123456789/109693>
- Correa-Ayram, C. A. C., Mendoza, M. E., Etter, A., & Pérez-Salicrup, D. R. (2019). Effect of the landscape matrix condition for prioritizing multispecies connectivity conservation in a highly biodiverse landscape of Central Mexico. *Regional Environmental Change*, 19(1), 149–163. <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1393-8>
- Correa-Ayram, C. A., Mendoza, M. E., Etter, A., & Pérez Salicrup, D. R. (2017). Anthropogenic impact on habitat connectivity: A multidimensional human footprint index evaluated in a highly biodiverse landscape of Mexico. *Ecological Indicators*, 72, 895–909. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.09.007>
- Correa-Ayram, C. A., Etter, A., Díaz-Timoté, J., Rodríguez Buriticá, S., Ramírez, W., & Corzo, G. (2020). Spatiotemporal evaluation of the human footprint in Colombia: Four decades of anthropic impact in highly biodiverse ecosystems. *Ecological Indicators*, 117, 106630. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106630>
- Cortés-Gregorio, I., Pascual-Ramos, E., Medina-Torres, S. M., Sandoval-Forero, E. A., Lara-Ponce, E., Piña-Ruiz, H. H., Martínez, R., & Rojo-Martínez, G. E. (2013). Ethnozoology of the mayo-yoreme people in northern Sinaloa: use of wild vertebrates. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 10(3), 335–358. <https://www.academia.edu/63155199/>

Ethnozoology_of_the_mayo_yoreme_people_in_northern_Sinaloa_use_of_wild_vertrebrates

- Cullen Jr., L., Sana, D. A., Lima, F., de Abreu, K. C., & Uezu, A. (2013). Selection of habitat by the jaguar, *Panthera onca* (Carnivora: Felidae), in the upper Paraná River, Brazil. *Zoologia*, 30(4). <https://doi.org/10.1590/S1984-46702013000400003>
- Cunha-Ribeiro, G. & Schiavetty, A., 2009. Conocimiento, creencias y utilización de la mastofauna por los pobladores del Parque Estatal de la Sierra de Conduru, Bahía, Brasil. (En) Costa-Neto, E.M., Santos-Fita, D. & Vargas-Clavijo, M. (coord.) 2009. *Manual de etnozoología. Una guía teórico-práctica para investigar la interconexión del ser humano con los animales*. Ediciones Tundra.
- DANE (2019). Población censal ajustada por cobertura y porcentajes de omisión nacional y departamental por área. Censo nacional de Población y Vivienda - CNPV 2018 (Bogotá D.C.). <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018>
- de la Torre, J. A., González-Maya, J. F., Zarza, H., Ceballos, G., & Medellín, R.A. (2017). The jaguar's spots are darker than they appear: assessing the global conservation status of the jaguar *Panthera onca*. *Oryx*, 1–16. doi:10.1017/S0030605316001046
- Di Minin, E., Slotow, R., Hunter, L. T. B., Montesino Pouzols, F., Toivonen, T., Verburg, P. H., Leader-Williams, N., Petracca, L., & Moilanen, A. (2016). Global priorities for national carnivore conservation under land use change. *Scientific Reports*, 6, 23814. <https://doi.org/10.1038/srep23814>
- Etter, A., Andrade, Á., Saavedra, K., Amaya, P., & Arévalo, P. (2017). Estado de los Ecosistemas Colombianos: una aplicación de la metodología de la Lista Roja de Ecosistemas. *Informe Final. Pontificia Universidad Javeriana y Conservación Internacional- Colombia. Bogotá.*, 138. http://www.conservation.org.co/media/A7.LRE-Colombia_INFORME_FINAL_2017.pdf
- Etter, A., & Van Wyngaarden, W. (2000). Patterns of landscape transformation in Colombia, with emphasis in the Andean region. *Ambio*, 29(7), 432–439. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-29.7.432>
- Fischer, C., Muchapondwa, E., & Sterner, T. (2010). A Bio-Economic Model of Community Incentives for Wildlife Management Under CAMPFIRE. *Environmental and Resource Economics*, 48(2), 303–319. DOI: 10.1007/s10640-010-9409-y

- Forero-Medina, G., y Joppa, L. (2010). Representation of global and national conservation priorities by Colombia's protected area network. *PLoS One*, 5(10), e13210. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0013210>
- González-Maya, J. F., Schipper, J., & Finegan, B. (2012). *Ecología y conservación del Jaguar en Talamanca, Costa Rica: herramientas de planificación a escala regional*. Editorial Académica Española.
- González-Maya, J. F., Viquez-R, L. R., Belant, J. L., & Ceballos, G. (2015). Effectiveness of protected areas for representing species and populations of terrestrial mammals in Costa Rica. *PLoS ONE*, 10(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124480>
- Guerra, C. A., D Rosa, I., & Pereira, H. M. (2019). Change versus stability: are protected areas particularly pressured by global land cover change? *Landscape Ecology*, 34, 2779-2790. <https://doi.org/10.1007/s10980-019-00918-4>
- House, C., Redmond, D., & Phillips, M. R. (2017). An assessment of the efficiency and ecological representativity of existing marine reserve networks in Wales, UK. *Ocean & Coastal Management*, 149, 217–230. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.04.016>
- IDEAM, I. Humboldt, INVEMAR, SINCHI, PNN, IIAP, & IG. (2017). Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia (MEC) a escala 1:100.000.
- Leidig, M., & Teeuw, R. M. (2015). Quantifying and Mapping Global Data Poverty. *Plos One*, 10(11), e0142076. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0145591>
- MAE, & WCS. (2014). Plan de Acción para la Conservación del Jaguar en el Ecuador. 1–37.
- McLean, K. A., Trainor, A. M., Asner, G. P., Crofoot, M. C., Hopkins, M. E., Campbell, C. J., Martin, R. E., Knapp, D. E., & Jansen, P. A. (2016). Movement patterns of three arboreal primates in a Neotropical moist forest explained by LiDAR-estimated canopy structure. *Landscape Ecology*, 31(8), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s10980-016-0367-9>
- Mulongoy, K. J., & Chape, S. (2004). *Protected areas and biodiversity. An overview of key issues*. CBD Secretariat and UNEP-WCMC.
- Muñoz-Saba, Y., & Hoyos-R, M. (2012). Los Mamíferos del Caribe Colombiano. In *Colombia Diversidad biótica XII La región Caribe de Colombia*.

- Nadal, L., Carmona, A. Trouyet, M. (2013). Cuadernos de divulgación ambiental Tráfico ilegal de vida silvestre. Primera edición.
- Nori, J., Lemes, P., Urbina-Cardona, N., Baldo, D., Lescano, J., & Loyola, R. (2015). Amphibian conservation, land-use changes and protected areas: A global overview. *Biological Conservation*, 191, 367–374. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.07.028>
- Noss, A. J., Gardner, B., Maffei, L., Cuéllar, E., Montaña, R., Romero-Muñoz, A., ... & O'Connell, A. F. (2012). Comparison of density estimation methods for mammal populations with camera traps in the Kaa-Iya del Gran Chaco landscape. *Animal Conservation*, 15(5), 527-535. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2012.00545.x>
- Olmos Martínez, E., González Ávila, M. E., & Contreras Loera, M. R. (2013). Percepción de la población frente al cambio climático en áreas naturales protegidas de Baja California Sur, México. *Polis. Revista Latinoamericana*, (35). <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-65682013000200020>
- Ortiz, N., Baptiste, M. P., Bernal, N. R., Franco, A. M., Morales, M., & Rodríguez, N. (2005). *Línea base de la biodiversidad en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca-CAR*. Grey Ltda.
- Ortiz-Espejel, B., González, C. F., Toledo, V. M., & Lara, E. C. (2009). Biodiversidad, percepción y uso indígena de las lombrices de tierra en sistemas de ganadería tropical. En: G.A. Aragón, M.A., Damián, J.F. López (Eds) *Manejo agroecológico de sistemas. Vo. 1. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla*. 65-79. https://www.researchgate.net/publication/260554402_ORTIZ_ESPEJEL_B_C_FRAGOSO_VM_TOLEDO_E_CANUDAS_L_2009_Biodiversidad_percepcion_y_uso_indigena_de_las_lombrices_de_tierra_en_sistemas_de_ganaderia_tropical_En_Manejo_Agroecologico_de_Sistemas_Vol_I_Ed_A
- Osbaht, K., and N. Morales. (2012). Conocimiento Local Y Usos De La Fauna Silvestre En: *El municipio De San Antonio Del Tequendama (Cundinamarca, Colombia)*. Rev. U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica. 15:187–197.
- Ospina Moreno, M., Chamorro Ruiz, S., Anaya García, C., Echeverri Ramírez, P., Atuesta, C., Zambrano, H., Abud, M., Herrera, C. M., Ciontescu, N., Guevara, O., Zarrate, D., & Barrero, A. (2020). Guía para la planificación del manejo en las áreas protegidas del Sinap Colombia. (First edit). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://www.minambiente.gov.co/direccion-de-bosques-biodiversidad->

y-servicios-ecosistemas/guia-para-la-planificacion-del-manejo-en-las-areas-del-sistema-nacional-de-areas-protegidas-de-colombia/#:~:text=La%20Gu%C3%ADa%20pretende%20facilitar%2C%20a%20todos%20los%20encargados,niveles%20de%20efectividad%2C%20que%20aporten%20al%20bienestar%20humano.

Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2015). Áreas Protegidas: Territorios para la Vida y la Paz Áreas Protegidas para el Desarrollo. http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2015/11/PNNC_TOMO1_VF2.pdf

Patton, J. L., Pardiñas, U. F. J. & D'Elia, G. (2015). Mammals of South America, Volume 2 - Rodents. University of Chicago Press, Chicago.

Patton J. L., & Emmons, L. H. (2015). Family Dasyproctidae Bonaparte, 1838. Pp. 733-772, en: Mammals of South America. Volume 2 - Rodentia (J Patton, UFJ Pardiñas y G D'Elía, eds.). University of Chicago Press, Chicago

Peterson, A. T., Soberón, J., Pearson, R. G., Anderson, R. P., Martínez-Meyer, E., Nakamura, M., & Bastos Araujo, M. (2011). Ecological niches and geographic distributions. In *Choice Reviews Online* 49(11). <https://doi.org/10.1515/9781400840670>

Prugh, L. R., Stoner, C. J., Epps, C. W., Bean, W. T., Ripple, W. J., Laliberte, A. S., & Brashares, J. S. (2009). The rise of the mesopredator. *BioScience*, 59(9). <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.9.9>

Racero-Casarrubia, J.A., Vidal, C.C., Ruiz, O.D. & Ballesteros, J., (2008). Percepción y patrones de uso de fauna silvestre por las comunidades indígenas Embera Katíos en la cuenca del rio san Jorge, zona amortiguadora del PNN-Paramillo. *Revistas de estudios sociales* 31: 118-131.

Ramírez-chaves, H. E., Morales-martínez, D. M., Rodríguez-Posada, M. E., & Suárez-Castro, A. F. (2021). Checklist of the mammals (Mammalia) of Colombia : Taxonomic changes in a highly diverse country. *Mammalogy Notes*, 7(2), 1–13. <https://doi.org/https://doi.org/10.47603/mano.v7n2.253>

Ramos Roca, E., & Borrero, L.A. (2011). Discusiones comunes y relevancia de los diálogos transdisciplinarios en antropología: a portes desde la antropología biológica y la arqueozoología. *Antípoda. Revista de Antropología y Arqueología*, 13, 17–25.

Ripple, W. J., Estes, J. A., Beschta, R. L., Wilmers, C. C., Ritchie, E. G., Hebblewhite, M., Berger, J., Elmhagen, B., Letnic, M., Nelson, M. P., Schmitz, O. J., Smith, D. W., Wallach, A. D., & Wirsing, A. J. (2014).

- Status and ecological effects of the world's largest carnivores. *Science* 343: 6167. <https://doi.org/10.1126/science.1241484>
- Rondinini, C., di Marco, M., Chiozza, F., Santulli, G., Baisero, D., Visconti, P., Hoffmann, M., Schipper, J., Stuart, S. N., Tognelli, M. F., Amori, G., Falcucci, A., Maiorano, L., & Boitani, L. (2011). Global habitat suitability models of terrestrial mammals. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366(1578). <https://doi.org/10.1098/rstb.2011.0113>
- RUNAP. (2019). Áreas Protegidas asociadas al departamento de Cundinamarca. RUNAP. <https://runap.parquesnacionales.gov.co/departamento/923>
- Sims, K. R. E., & Alix-Garcia, J. M. (2017). Parks versus PES: Evaluating direct and incentive-based land conservation in Mexico. *Journal of Environmental Economics and Management*, 86, 8–28. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2016.11.010>
- Stolton, S., & Dudley, N. (2010). Arguments for protected areas (S. Stolton & N. Dudley (eds.); Firts edit). <https://www.iucn.org/content/arguments-protected-areas-multiple-benefits-conservation-and-use>
- Van Vliet, N., Gomez, J., Restrepo, S., Andrade, G., García, C., Fa, J. E., Webb, G., Conney, R., Child, B., & Nasi, R. (2016). Uso y comercio sostenible de carne de monte en Colombia: Hacia la operacionalización del marco legal. In *Uso y comercio sostenible de carne de monte en Colombia: Hacia la operacionalización del marco legal*. <https://doi.org/10.17528/cifor/006059>
- Vargas-Clavijo, M. (2008). Apropiación de la fauna como patrimonio zoocultural. Boletín Patrimonio Hoy No 2. Ministerio de Cultura. Dirección de Patrimonio. https://www.academia.edu/7115657/APROPIACION_DE_LA_FAUNA_COLOMBIANA_COMO_PATRIMONIO_ZOOCULTURAL
- Vargas-Clavijo, M. (2009). Patrimonio zoocultural el mundo animal en las expresiones tradicionales de los pueblos. En: Costa-Neto E. M., D. Santos Fita y M. Vargas-Clavijo. (coord.). *Manual de etnozología. Una guía teórico-práctica para investigar la interconexión del ser humano con los animales*. Tundra Ediciones, pp. 118-141.
- Venter, O., Sanderson, E. W., Magrath, A., Allan, J. R., Beher, J., Jones, K. R., Possingham, H. P., Laurance, W. F., Wood, P., Fekete, B. M., Levy, M. A., & Watson, J. E. M. (2016). Sixteen years of change in the global terrestrial human footprint and implications for biodiversity conservation. *Nature Communications*. <https://doi.org/10.1038/ncomms12558>

- Wilson, E. O. (2016). *Half-earth: our planet's fight for life*. WW Norton & Company. <https://eowilsonfoundation.org/half-earth-our-planet-s-fight-for-life/>
- Zárrate-Charry, D. A., Massey, A. L., González-Maya, J. F., & Betts, M. G. (2018). Multi-criteria spatial identification of carnivore conservation areas under data scarcity and conflict: a jaguar case study in Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Biodiversity and Conservation*, 27(13), 1-20 DOI:10.1007/s10531-018-1605-z



Distribución potencial de mamíferos en Cundinamarca ante escenarios de cambio climático

AUTORES

Leonardo Lemus-Mejía
Camilo A. Paredes-Casas
Mónica Prieto-García
Catalina Moreno-Díaz
Diego A. Zárrate-Charry
José F. González-Maya





Introducción

Durante décadas, las problemáticas ambientales fueron ignoradas o consideradas temas secundarios. El desarrollo económico y social tenía toda la atención y los aspectos ambientales eran subvalorados por no entender la dimensión, su importancia y el papel fundamental que cumplen, en el desarrollo de una nación (Crowley & North, 1988; Cardona, 2009). Muchas de las prácticas o actividades humanas que estaban ligadas a metas de desarrollo económico, ignoraron aspectos que iban en contra de los procesos naturales, provocando, entre otras cosas, un cambio drástico en dinámicas climáticas que han afectado a todos los niveles a través de fenómenos naturales, que se presentan con mucha mayor intensidad y cuyas consecuencias han derivado en catástrofes que generan numerosas pérdidas a distintas escalas (Postigo, 2009).

En el año 1992, la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), definió oficialmente el cambio climático, como todo cambio en el clima generado por causas humanas (ONU, 2000; PNUD, 2009). En esta convención se sentaron las primeras bases para entender que la naturaleza de los riesgos asociados al cambio climático se considera primordial al momento de procurar medidas efectivas de gestión y mitigación de este fenómeno. Sin embargo, los programas o políticas de gestión del cambio climático deben incorporar la mayor cantidad de información que permita entender la gravedad de este fenómeno, y cuál ha sido su impacto en el planeta. En este ejercicio se hace necesaria la participación interdisciplinaria de numerosos entes, con el fin de cumplir el objetivo de establecer una armonía sinérgica entre las prácticas humanas y el medio ambiente (Parry *et al*, 2007; PNUMA, 2011). En este contexto, el cambio climático además de presentar un sinnúmero de retos para las sociedades actuales también representa un conjunto de oportunidades para que las labores de diversos sectores, como el académico y el científico, sean resaltadas y se reconozca la importancia de su participación, en el entendimiento de las dinámicas biofísicas del planeta, y la creación de soluciones efectivas contra los desequilibrios que ocurren. Cabe resaltar que esta participación requiere del apoyo financiero necesario para que estas posibles soluciones puedan no solo iniciar, si no mantenerlas en el mediano y largo plazo para medir su efectividad (Arias, 2004).

El clima en la tierra ha presentado distintas variaciones y transformaciones a lo largo de la historia. Algunas de estas variaciones han estado relacionadas con factores externos, como las explosiones solares, la radiación, objetos espaciales como los meteoritos, entre otros y factores internos como las erupciones volcánicas, las corrientes oceánicas, la composición atmosférica y las actividades humanas (Crowley & North, 1988). A su vez, existen un gran número de factores que se han consolidado como determinantes en las alteraciones climáticas, como lo son, la emisión de aerosoles a la atmósfera, las emisiones de gas metano, dióxido de carbono e hidratos de metano. De la misma manera, factores de la contaminación del aire, el derretimiento de los polos, la alteración en el equilibrio de la composición de las corrientes oceánicas, son algunos de los más importantes y sobre los que se tiene mayor conocimiento (Oreskes, 2004).

Históricamente, la revolución industrial, aunque permitió cambios económicos y sociales en las sociedades del siglo XIX, de la mano de invenciones como la máquina de vapor y la locomotora, generó un impacto directo sobre los sistemas naturales, intensificando su uso. Es así, como la imagen aceptada del progreso estaba relacionada con chimeneas arrojando grandes nubes de gases, de los cuales, en su época, se desconocía el efecto. En el siglo XXI, estas emisiones de CO₂ fueron calculadas entre las 113-118 gigatoneladas/año (Sampaio *et al.* 2008), estimando aumentos significativos entre este cálculo y la cantidad real presente en la atmósfera. Esta información ha sido recopilada en los informes del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC), donde además se ha mencionado que el aumento más importante de estos gases y la agudización de los demás efectos proviene del desarrollo de los sectores de suministro de energía, transporte, agricultura e industria (IPCC, 2021).

Este conjunto de factores actúa de manera sinérgica en varias zonas del planeta, y según los informes más recientes del IPCC y las Naciones Unidas, las manifestaciones más evidentes son el aumento de la temperatura global, que se encuentra registrado entre 0,56 °C y 0,92 °C y que se estima pueda llegar a aumentar hasta un 1,5 °C. Este aumento de temperatura afecta directamente los ciclos de precipitaciones, causando no solo sequías intensas o inviernos prolongados, generando, afectaciones que intensifican otros fenómenos naturales, como los ciclones, tormentas, huracanes, entre otros (Yepes-Mayorga, 2011).

El cambio climático es identificado como una amenaza potencial para un gran número de grupos taxonómicos, incluyendo los

mamíferos, que se aborda globalmente como una de las amenazas más críticas para la biodiversidad (Bellard *et al.* 2012; IPCC, 2021). Herramientas como los Escenarios de Concentración Representativas (RCP) dan lugar a posibles escenarios que podrían ser causados por las distintas decisiones políticas tomadas, llevando a un aumento de elementos como la concentración de gases de efecto invernadero y gases químicamente activos (IPCC, 2013, 2021; Moss *et al.* 2008). El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, en su quinto informe (IPCC, 2013), toma como referencia de la literatura cuatro RCP (2,6, 4,5, 6,0 y 8,5) cada uno de los cuales muestra escenarios con un aumento del forzamiento radiativo, lo que sugiere la simulación de escenarios con cambios suaves a extremos. El modelamiento y comprensión de estos escenarios permite la creación de estrategias capaces de contribuir a la mitigación y adaptación del territorio que se verá afectado (Addison *et al.* 2013; Elith & Leathwick, 2009; Irastorza Vaca *et al.* 2010).

Los efectos del cambio climático han causado problemáticas a distintos niveles. Dentro de los problemas más alarmantes, están la pérdida de biodiversidad, la degradación de los suelos, la pérdida de coberturas naturales producto de las sequías prolongadas, la disminución de las fuentes de agua dulce, el derretimiento de los polos, entre otros. Estos efectos, aunque no fueron tan alarmantes, en la década de los 50's, constituyeron un primer llamado de alerta, que se repetiría en la Conferencia de Estocolmo realizada en el año 1972; en la primera convención de Ginebra en 1979 y en 1988 por la Organización mundial de Meteorología. Conformándose como las primeras alertas mundiales que alertaron sobre el cambio climático en el siglo XX, y que darían origen a una serie de retos e iniciativas de gestión en los años venideros.

Actualmente el impacto del cambio climático en países de América Latina se ha visto reflejado en la pérdida de ecosistemas forestales, causando la disminución de poblaciones de especies de flora y fauna consideradas clave, para el mantenimiento de los sistemas naturales. De la misma manera, se ha documentado el declive y disminución general de los glaciares tropicales, una menor duración de las temporadas de lluvias, aumento de las temperaturas y sequía prolongadas y eventos drásticos de disminución en la productividad ecosistémica en general, causando riesgos para la seguridad alimentaria de estas naciones. Cabe resaltar que el IPCC menciona qué otros efectos adversos no han sido documentados, resaltando que el riesgo puede ser aún mayor (Magrin *et al.* 2007).

En el caso de Colombia, los impactos mencionados anteriormente afectan directamente el contexto nacional. Como respuesta, se generó la Política Nacional de Cambio Climático que conjuntamente obedece a acciones comunes para todas las naciones del planeta y que buscan de manera general, proponer estrategias de planificación y gestión del cambio climático, basados en la obtención de información técnica, y que esté apoyada por sólidos instrumentos económicos que permitan su ejecución. Estas acciones están encaminadas a mitigar e identificar la vulnerabilidad de cada región, recuperar y mantener las reservas de recursos naturales, disminuir los riesgos ambientales y asegurar el equilibrio de los sistemas naturales, resaltando la responsabilidad que tenemos como especie y como sociedad (Rodríguez-Becerra & Espinosa, 2002).

Una herramienta que se ha empezado a utilizar ampliamente es el uso de modelos de distribución potencial de especies, que además de ser información valiosa para contribuir al entendimiento de la ecología de las especies, también logra apoyar las decisiones de gestión de la conservación, lo cual ha permitido abarcar muchos problemas como el cambio climático, la gestión de áreas protegidas, las especies invasoras, la sobreexplotación de los recursos, entre otros, siendo los diferentes grupos taxonómicos una herramienta de uso e importancia general dentro de la biología de la conservación (Faleiro *et al.* 2013). Estos problemas han sido abordados a través de la predicción de la distribución potencial presente y futura de las especies, aplicada en diferentes metodologías y modelos climáticos que se han ido cambiando y refinando con el paso de los años, definiendo hoy en día aspectos técnicos de suma importancia para la modelación de especies (Jones, 2011; Urbina-Cardona *et al.* 2019). Estos modelos son una proyección geográfica del espacio ambiental multidimensional y tienen una alta dependencia del concepto de nicho ecológico (hutchinsoniano). Se aproximan de dos maneras: a través de los requerimientos ambientales de la especie y a través de las relaciones que la especie tiene en su hábitat natural (Araújo & Peterson, 2012; Guisan & Thuiller, 2005; Pulliam, 2000). Los modelos de distribución han logrado ser un aporte significativo a la toma de decisiones siendo adicionalmente una excelente herramienta para identificar zonas de importancia climática, posibles zonas vulnerables a procesos de cambio climático, posibles refugios climáticos para las especies, entre otros elementos que han potenciado la comprensión de la biodiversidad en las agendas políticas, legislativas y sociales; lo cual ha significado un cambio de mentalidad en torno a la conservación y protección de la biodiversidad a partir de su estado crítico en este mundo cambiante.

A partir de las problemáticas y acontecimientos mencionados se hacen necesarias aproximaciones climáticas de los posibles cambios que tendrá la biodiversidad a partir de estas presiones a escalas locales y globales. En este sentido se propuso y se presenta a continuación un análisis y caracterización de los posibles cambios en la riqueza de especies de mamíferos en el departamento de Cundinamarca a partir de distintos escenarios de cambio climático. De esta manera se hace un primer acercamiento a los potenciales efectos que este tendrá sobre la biodiversidad de mamíferos en el departamento, siendo un elemento esencial para la generación de planes y estrategias de adaptación y mitigación ante el cambio climático.

Materiales y métodos

El departamento de Cundinamarca (Figura 1), se ubica en la zona central de Colombia, con una superficie aproximada de 24.210 km². Delimita con los departamentos de Boyacá, Meta, Huila, Tolima, Casanare y Caldas, se encuentra dividido en 116 municipios, 16 provincias, varios caseríos y zonas pobladas (Gobernación de Cundinamarca 2016; Ruiz-Guevara & Fajardo, 2018).

La orografía del departamento es bastante variada, va desde tierras bajas hasta alta montaña, con pisos térmicos cálidos, templados y fríos, con una alta variabilidad climática, con precipitaciones que van de los 600 a los 5000 mm por año (IDEAM 2010). Según reportes realizados por el IDEAM (IDEAM *et al.* 2015), para el final del siglo el departamento podrá estar presentando un aumento en las temperaturas promedio de un 2.3 °C con respecto a los valores actuales. Según informan, las provincias más afectadas en donde se verán aumentos mayores a los 2.4 °C para el 2100 serán el Alto, Centro y Bajo Magdalena, así como la provincia de Medina. En cuanto a la precipitación, el departamento tendrán tanto aumentos como disminución, para el caso de las provincias de Sabana Centro, Sabana Occidente, Norte de Bogotá, Ubaté y Almeidas se verán aumentos de entre el 10% al 30%. Por otro lado, la principal disminución de precipitación la tendrá la provincia de Media con valores de hasta un 20% menos sobre el valor actual.

Distintos reportes e informes (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2018; Gobernación de Cundinamarca, 2016; IDEAM *et al.* 2015) han evidenciado los efectos del cambio climático sobre el área de estudio. Entre estos cambios se ven reflejados cambios en la cantidad de agua disponible, impactos sobre los ecosistemas y la biodiversidad,

aumentos en la persistencia de las plagas, desplazamientos altitudinales de la biodiversidad, afectaciones en las principales vías de las regiones por aumentos de precipitación, entre otros.

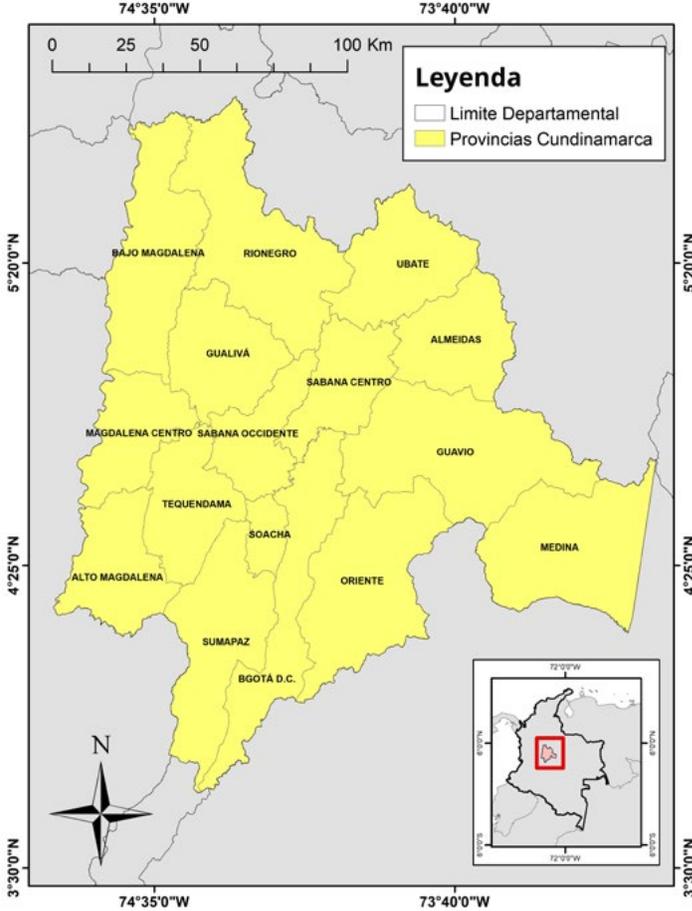


Figura 1. Departamento de Cundinamarca con sus respectivas provincias.

Con base en la metodología y resultados obtenidos en el anterior capítulo, se amplió el análisis realizado a distintas proyecciones climáticas, utilizando dos trayectorias de concentración representativas (2,6 y 8,5), la más extrema y la más conservadora (IPCC, 2014) y dos temporalidades (2050 y 2070) disponibles, en una resolución de 30 arcossegundos (~ 1km²). Estos escenarios fueron seleccionados para tener un espectro más amplio de análisis y poder así evidenciar y caracterizar posibles diferencias entre escenarios que se deben tener en cuenta al momento de tomar estos datos para generar acciones o planes de adaptación y mitigación al cambio climático.

Como parte esencial de la metodología, se tuvieron que seleccionar distintos Modelos de Circulación Global, los cuales estiman la dinámica climática calculada a través de simulaciones por distintas instituciones de procesos físicos que operan en la atmósfera, océanos y superficie terrestre. De esta manera se seleccionaron dos Modelos de Circulación Global considerando su representatividad del fenómeno ENSO (Cai *et al.* 2020) y una comparación realizada a través del programa GCM CompareR (Fajardo *et al.* 2020). De los dos modelos, uno representaba el cambio extremo en general (CCSM4) (CC) (Gent *et al.* 2011), y otro las proyecciones de cambio climático menos críticas (MIROC5) (MC) (Watanabe *et al.* 2010). Se utilizó el código R del software Wallace © 1.0.6.2 (Kass *et al.* 2018) para realizar las proyecciones climáticas, con predicciones basadas en el modelo óptimo previamente seleccionado y las variables climáticas proyectadas en los diferentes escenarios. También se proyectaron estos modelos en formato logístico y un umbral de presencia basado en el umbral de entrenamiento del 10% para obtener mapas de presencia/ausencia. Con los mapas binarios (presencia/ausencia), en el programa ArcGIS (ESRI, 2013) y la herramienta *Species Richness Count* de (IUCN, 2021), se superpusieron los mapas en cada escenario construyendo mapas de riqueza que contabilizan las especies presentes en cada celda de 1km².

Resultados y discusión

El cambio climático es una realidad reportada por distintas instituciones cuyas predicciones dan lugar a escenarios no tan favorables para la humanidad. La biodiversidad es uno de los elementos que se verá afectado enormemente en conjunto con otros aspectos que generarán cambios sustanciales en las múltiples formas de vida sobre la tierra, incluyendo la humana. En los análisis realizados en este estudio se evidencian estos cambios para el departamento.

Como se mencionó en el anterior capítulo, se modelaron 135 especies tras aplicar diferentes filtros de calidad y espaciales. El mayor número de especies se concentró hacia las zonas intermedias y altas del departamento (Figura 2). De manera general, se puede evidenciar que casi el 50% de las especies no tendrán las condiciones climáticas necesarias para sobrevivir en los diferentes escenarios, pasando de 135 especies potencialmente distribuidas a valores alrededor de 64 o 67 especies. En el escenario del mapa actual (Figura 2), se puede evidenciar un patrón de alta riqueza en la distribución potencial de las especies hacia el flanco occidental del departamento llegando por las provincias

de Magdalena, Gualivá, Tequendama y Sumapaz, con algunas zonas con altos valores de riqueza más localizados hacia el sector oriental, en las provincias del Guavio y Oriente.

Por otra parte, se evidencia que los escenarios de cambio climático varían la composición de especies en el departamento de Cundinamarca. Si bien se mantienen zonas con alta y baja riqueza, es importante considerar que los rangos de especies presentados disminuyen significativamente. Mientras que, en el escenario actual, su variación podría ser de 24 a 114 especies presentes en un píxel, al observar los escenarios futuros, estos valores máximos y mínimos cambian a 30 y 57, respectivamente (Figura 2). Teniendo en cuenta esto, las reducciones más significativas se pueden evidenciar en las regiones mencionadas anteriormente, a pesar de su alto número de especies potencialmente distribuidas, la disminución de sus números podría ser de casi el 50%.

Por otro lado, la zona central del departamento, donde se encuentra la meseta Cundiboyacense y parte de la cordillera oriental de los Andes colombianos, presenta reducciones igualmente significativas en el número de especies presentes (Figura 2). En la provincia de Medina y el Parque Nacional Natural Chingaza se presenta la estabilidad más sobresaliente de todo el departamento. Al comparar a través de los escenarios de cambio climático, se puede evidenciar que, entre los RCPs, no hay mucha diferencia. Sin embargo, al comparar el MIROC5 y el CGSM4, el primero presenta una distribución más homogénea de las especies a través del departamento, mientras que el CGSM4 (el escenario extremo) presenta valores mucho más extremos que sitúan una alta riqueza en zonas mucho más centralizadas.

Al realizar una comparación entre años se ve que no es muy grande la diferencia entre los distintos escenarios, a pesar de presentar condiciones climáticas diferentes o en aumento, casi las mismas especies se siguen manteniendo a través del tiempo. Esto se puede deber a su amplia distribución evidenciada en el escenario actual que da lugar a la definición de un nicho bastante amplio que les da la capacidad para poder estar potencialmente distribuidas en un amplio rango de zonas. El resto de las especies que tienden a desaparecer puede deberse a sus restricciones o rangos reducidos de tolerancia a las variables climáticas, dando lugar a la desaparición de una gran porción de la diversidad de mamíferos presentes en el departamento.

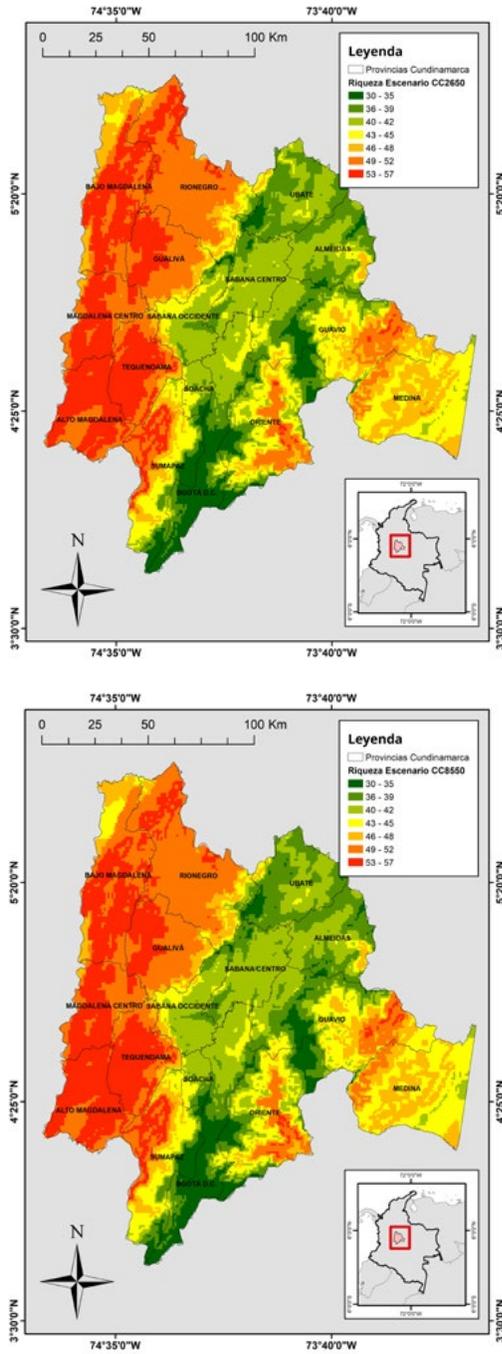


Figura 2. Valor de riqueza para cada escenario climático en el año 2050 y 2070 en el departamento de Cundinamarca.

Mamíferos de Cundinamarca:
diversidad, conservación y cambio climático

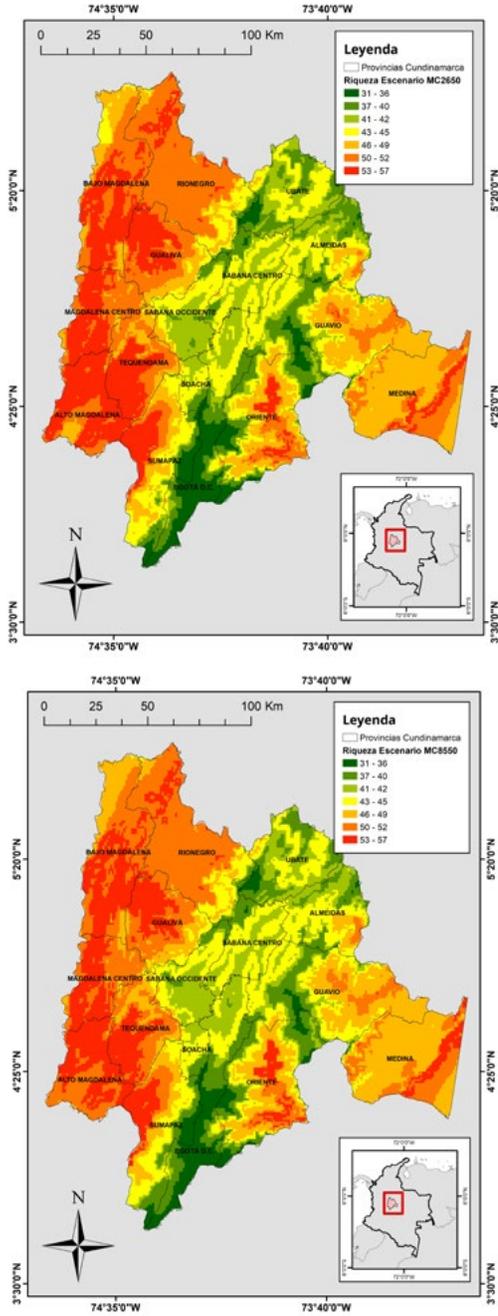


Figura 2. Valor de riqueza para cada escenario climático en el año 2050 y 2070 en el departamento de Cundinamarca.

Basado en lo anterior, se evidencia que no se presenta una amplia variabilidad entre el promedio de riqueza entre los escenarios climáticos, pero sí una gran diferencia del escenario actual frente a los climáticos (Figura 3). Esto muestra una reducción significativa de riqueza promedio a través de escenarios de cambio climático, sugiriendo así, posibles eventos de extinción de especies debido al cambio abrupto o extremo que se verá en los distintos escenarios climáticos. Aun así, es de resaltar que los modelos de distribución potencial no tienen en cuenta los posibles cambios o adaptaciones de las especies a su entorno, razón por la cual, este tipo de modelos tiende a reducir, aumentar o desaparecer abruptamente la distribución de estas.

Otro elemento alarmante que se puede evidenciar en torno a la pérdida de riqueza de especies y es que esto no significará únicamente una reducción en el número de estas sino también un efecto directo sobre las funciones y servicios ecosistémicos prestados por dichas especies. Esta reducción significaría el colapso de varios ecosistemas presentes en el departamento, lo cual cambiaría fuertemente las formas de vivir de las poblaciones humanas. Se requieren de acciones urgentes frente a este tipo de situaciones que permitan al departamento adaptarse y mitigar los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad.

Mamíferos de Cundinamarca:
diversidad, conservación y cambio climático

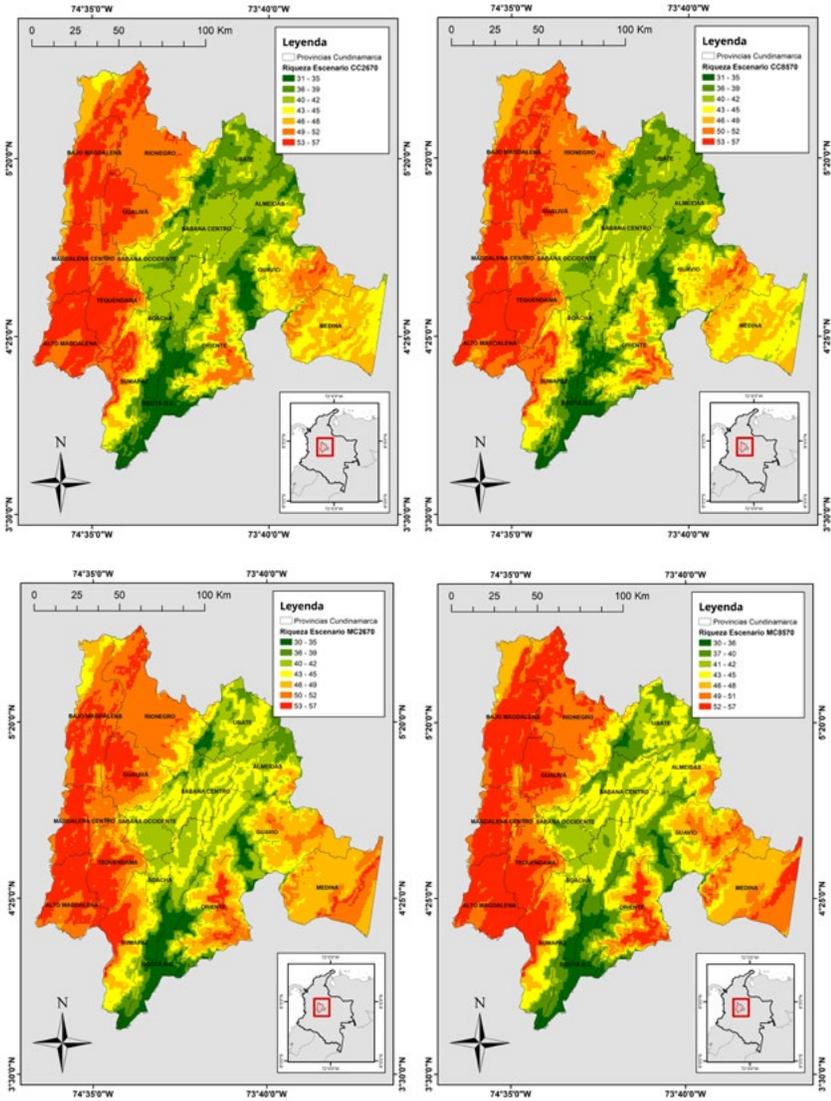


Figura 3. Valor de riqueza promedio y la desviación estándar para cada escenario climático analizado. Las primeras dos letras indican el modelo de circulación general (CC: CGSM, MC: MIROC5), los dos números siguientes las trayectorias de concentración representativas (RCP: 2,6, 8,5) y los últimos dos números el año proyectado (50: 2050, 70: 2070).

Conclusiones

Los cambios globales son una realidad estudiada y comprendida desde múltiples disciplinas que han permitido demostrar las diferentes barreras que ya se sobrepasaron en la Tierra, que eventualmente pueden conducir a un desastre y al eventual colapso de la sociedad moderna (Steffen *et al.* 2015). Cada día se ejercen presiones adicionales sobre el entorno y la biodiversidad, desencadenando varios procesos que se desconocen y que podrían significar un gran daño para el ser humano (Wu *et al.* 2016).

Este estudio contribuye a entender los potenciales efectos del cambio climático, bajo múltiples escenarios, sobre la diversidad de mamíferos en el departamento de Cundinamarca; en cualquier escenario, sin embargo, el resultado no es alentador, e indica una potencial pérdida considerable de especies y áreas con idoneidad climática. Los modelos proyectan la posible distribución de las especies en función de las variables en las que están presentes o ausentes. Esto sugiere que las especies pueden desaparecer a medida que no encuentran las condiciones óptimas para sobrevivir en entornos extremos o que cambiarán de manera abrupta. El escenario de pérdida de especies causado por el cambio climático ha sido reportado por muchos autores sugiriendo que las condiciones cambiantes del hábitat generarán más presiones en las especies que están restringidas a ciertas áreas y no tienen la capacidad de moverse o adaptarse (Butchart *et al.* 2010; IPCC, 2021; Malcolm *et al.* 2006; Smiley *et al.* 2020). Por esto, modelar y comprender las posibles condiciones futuras de la diversidad debido al clima es un paso importante para priorizar y planificar las acciones de conservación.

Los cambios extremos en el ambiente pueden afectar de manera significativa a los ecosistemas y a la biodiversidad, ya que no hay tiempo suficiente para que se adapten o resistan (Kavousi, 2020). Esto puede tener como consecuencia, una reducción del área donde las especies pueden existir al presentarse condiciones más estresantes. Los escenarios menos extremos pueden hacer que las especies se distribuyan de forma más homogénea en el hábitat, mientras que los más extremos situarán a las especies en zonas más específicas o centralizadas que cumplan con sus requerimientos para sobrevivir. En este caso, la evaluación de diferentes escenarios posibles da la oportunidad de identificar la vulnerabilidad de las especies en ciertas áreas, ya que se puede observar de forma más detallada cómo la riqueza puede estar cambiando a través de diferentes condiciones climáticas.

Entender la diversidad a partir de sus cambios ante escenarios climáticos es una tarea fundamental para generar acciones y planes de conservación efectivos, sobre todo teniendo en cuenta los importantes cambios que se avecinan a escala global (González-Maya *et al.* 2017; Schank *et al.* 2017). El cambio climático ha sido un fenómeno ampliamente discutido por investigadores, gobiernos y diferentes instituciones que lo han considerado como un elemento de suma importancia para la planificación y gestión territorial, ya que tiene un impacto significativo tanto en los procesos ambientales como sociales del territorio.

Instituciones como el IPCC en sus múltiples informes (IPCC, 2018, 2021) han puesto de manifiesto los posibles futuros climáticos que conllevarán al detrimento de la biodiversidad, el ambiente, la sociedad y la economía, obteniendo como resultado la atención de diferentes países que han unido esfuerzos para mitigar y adaptarse a los posibles impactos. Colombia no ha sido la excepción, adaptando diferentes manuales, informes y políticas sobre el cambio climático, como la Política Nacional de Cambio Climático (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017). De igual manera, se han involucrado más investigaciones sobre elementos metodológicos y estratégicos para optimizar la gestión del cambio climático en el país y la implementación de elementos como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (CONPES, 2018; Rodríguez Caicedo & Vásquez Lizcano, 2021). Ante las acciones a escala social y política, es fundamental continuar con la producción de conocimiento. Esto permitirá comprender las diferentes escalas y dinámicas que ocurren alrededor de la biodiversidad, generando herramientas complementarias a las ya existentes, brindando así la posibilidad de producir y aplicar acciones estratégicas contundentes y especializadas.

Los resultados muestran la alarmante situación y la necesidad de priorizar nuevas áreas de conservación en el departamento, tratando así de recuperar y mantener la conectividad y así asegurar la funcionalidad de los ecosistemas en posibles escenarios de cambio climático. La situación de vulnerabilidad en el departamento no se da únicamente por las condiciones cambiantes en cuanto al clima, sino también por la manera en que se configura el paisaje en donde se evidencian grandes porciones de zonas transformadas, agrícolas o de pastos que no son hábitats ideales para un gran número de especies. De las áreas de bosque presentes en el departamento, gran parte de estas coberturas corresponden al ecosistema de Bosque Seco Tropical, el cual se encuentra altamente reducido y amenazado por la fragmentación y deforestación, e incluso

el mismo cambio climático, siendo un ecosistema prioritario a nivel mundial (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2021). Así, en general, el departamento se encuentra con un área bastante vulnerable y con una capacidad de resiliencia muy baja que de no detener la intervención humana puede desembocar en la desaparición de atributos naturales de suma importancia. Esto por supuesto sumado a las múltiples otras presiones relacionadas con la sobreexplotación (*e.g.*, cacería, tráfico), las especies invasoras, entre otras, las poblaciones quedan cada vez con menos posibilidades de sobrevivir a largo plazo.

Es prioritario repensar los criterios para la definición de nuevas áreas de conservación y/o la ampliación de las mismas, que consideren con precisión los posibles impactos causados por el cambio climático. Además, la conectividad de las áreas actuales para crear corredores climáticos entre las posibles zonas priorizadas es necesaria para mantener la diversidad y la migración de las especies en respuesta al cambio climático. Aquí se genera un primer paso mediante la caracterización de riqueza de mamíferos que podría mostrar zonas prioritarias para la conservación de las especies y sus funciones en un sistema cambiante, vulnerable y diverso. La complejidad biogeográfica del territorio es un factor determinante a la hora de generar y proponer nuevas estrategias de conservación. Los cambios en la precipitación y las temperaturas en el departamento pueden favorecer el hábitat de ciertas especies, pero la mayoría de ellos, al ser cambios extremos, pueden llevar a la extinción de innumerables especies clave, no sólo de mamíferos sino también de otros grupos taxonómicos.

Referencias

- Addison, P. F. E., Rumpff, L., Bau, S. S., Carey, J. M., Chee, Y. E., Jarrad, F. C., McBride, M. F., & Burgman, M. a. (2013). Practical solutions for making models indispensable in conservation decision-making. *Diversity and Distributions*, 19(5–6), 490–502. <https://doi.org/10.1111/ddi.12054>
- Araújo, M. B., & Peterson, A. T. (2012). Uses and misuses of bioclimatic envelope modeling. *Ecology*, 93(7), 1527–1539. <https://doi.org/10.1890/11-1930.1>
- Arias, J. (2004). Ganadería, paisaje, territorio y región: una historia ecológica y social de la Orinoquia colombiana. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Programa, uso y valoración. Línea saberes locales y uso de biodiversidad. Bogotá. https://www.researchgate.net/publication/315709137_Ganaderia_paisaje_y_region_una_historia_ecologica_y_social_de_la_orinoquia
- Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W., & Courchamp, F. (2012). Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology Letters*, 15(4), 365–377. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01736.x>
- Butchart, S. H. M., Walpole, M., Collen, B., Van Strien, A., Scharlemann, J. P. W., Almond, R. E. A., Baillie, J. E. M., Bomhard, B., Brown, C., Bruno, J., Carpenter, K. E., Carr, G. M., Chanson, J., Chenery, A. M., Csirke, J., Davidson, N. C., Dentener, F., Foster, M., Galli, A., & Watson, R. (2010). Global biodiversity: Indicators of recent declines. *Science*, 328(5982), 1164–1168. <https://doi.org/10.1126/science.1187512>
- Cai, W., McPhaden, M. J., Grimm, A. M., Rodríguez, R. R., Taschetto, A. S., Garreaud, R. D., Dewitte, B., Poveda, G., Ham, Y.-G., Santoso, A., Ng, B., Anderson, W., Wang, G., Geng, T., Jo, H.-S., Marengo, J. A., Alves, L. M., Osman, M., Li, S., & Vera, C. (2020). Climate impacts of the El Niño–Southern Oscillation on South America. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(4), 215–231. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0040-3>
- Cardona A. (2009). Actores relacionados con el abordaje del Cambio climático en Colombia. Mapeo institucional. PNUD. <https://es.scribd.com/doc/86211806/Mapeo-Institucional-Actores-relacionados-con-el-abordaje-del-cambio-climatico-en-Colombia>
- CONPES. (2018). Estrategia para la implementación de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) en Colombia. departamento Nacional de

Planeación. <https://medioambiente.uexternado.edu.co/conpes-3918-de-2018-estrategia-para-la-implementacion-de-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible-ods-en-colombia/>

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (CAR) (2018). El Cambio Climático en la Región CAR. <https://www.car.gov.co/vercontenido/3688>

Crowley, T., & North, G. (1988). Abrupt Climate Change and Extinction Events in Earth History. *Science*, 240(4855): 996-1002. <https://doi.org/10.1126/science.240.4855.996>

Elith, J., & Leathwick, J. R. (2009). Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 40(2009), 677–697. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.110308.120159>

Fajardo, J., Corcoran, D., Roehrdanz, P., Hannah, P., & Marquet, P. (2020). GCM compareR: A web application to assess differences and assist in the selection of General Circulation Models for climate change research. *Methods in Ecology and Evolution*, 11, 656–663. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13360>

Faleiro, F. V., Machado, R. B., & Loyola, R. D. (2013). Defining spatial conservation priorities in the face of land-use and climate change. *Biological Conservation*. 158, 248-257 <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.09.020>

Gent, P. R., Danabasoglu, G., Donner, L. J., Holland, M. M., Hunke, E. C., Jayne, S. R., Lawrence, D. M., Neale, R. B., Rasch, P. J., Vertenstein, M., Worley, P. H., Yang, Z. L., & Zhang, M. (2011). The community climate system model version 4. *Journal of Climate*, 24(19), 4973–4991. <http://dx.doi.org/10.1175/2011JCLI4083.1>

Gobernación de Cundinamarca. (2016). Plan de Desarrollo Cundinamarca 2016 - 2020. 229. <https://es.scribd.com/document/348045984/Plan-de-Desarrollo-Cundinamarca-2016-2020>

González-Maya, J. F., Martínez-Meyer, E., Medellín, R., & Ceballos, G. (2017). Distribution of mammal functional diversity in the Neotropical realm: Influence of land-use and extinction risk. *PLOS ONE*, 12(4), e0175931. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175931>

Guisan, A., & Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: Offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, 8(9), 993–1009. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00792.x>

IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & CANCELLERÍA. (2015). Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011-2100 Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones- Enfoque

- Nacional - Departamental: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. <https://reliefweb.int/report/colombia/nuevos-escenarios-de-cambio-clim-tico-para-colombia-2011-2100-herramientas-cient-0>
- IPCC. (2013). Summary for Policymakers. In V. B. and P. M. M. (eds.]. Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia (Ed.), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Stocker, T). Cambridge University Press.
- IPCC. (2014). *Climate Change (2014). Synthesis Report*. In R. K. Pachauri & L. A. Meyer (Eds.), *Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Core Writi)*. IPCC. [https://doi.org/10.1016/S0022-0248\(00\)00575-3](https://doi.org/10.1016/S0022-0248(00)00575-3)
- IPCC. (2018). Summary for Policymakers. In *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, (In Press)*. <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- IPCC. (2021). *Climate Change (2021). The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou (Eds.); In Press). <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Irastorza Vaca, P., Rodríguez-Ovelleiro, M. de los Á. M., Velázquez Saornil, J., Gutiérrez, F. M., Romero-Toro Gascueña, I., & García Abril, A. (2010). Incorporación de la ecología del paisaje a la planificación física y ordenación del territorio. XIV International Congress on Project Engineering, 835–841. http://www.aepro.com/files/congresos/2010madrid/ciip10_0835_0841.2809.pdf
- Jones, J. P. G. (2011). Monitoring species abundance and distribution at the landscape scale. *Journal of Applied Ecology*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01917.x>.
- Kass, J. M., Vilela, B., Aiello-Lammens, M. E., Muscarella, R., Merow, C., & Anderson, R. P. (2018). Wallace: A flexible platform for reproducible modeling of species niches and distributions built for community expansion. *Methods in Ecology and Evolution*, 9(4), 1151–1156. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12945>

- Kavousi, J. (2020). There is an inverse relationship between the capacity of climate change refugia and species adaptation potential. *Global Change Biology*, 26(4), 1937–1939. <https://doi.org/10.1111/gcb.14924>
- Magrin G, Gay García C, Cruz D, et al. (2007). Latin America. En: Parry M, Canziani O, Palutifok J., van der Linden P y Hanson C. (Editores). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*: Cambridge University Press. p. 581- 615.
- Malcolm, J. R., Liu, C., Neilson, R. P., Hansen, L., & Hannah, L. (2006). Global warming and extinctions of endemic species from biodiversity hotspots. *Conservation Biology*. 20(2), 538-48 <https://doi: 10.1111/j.1523-1739.2006.00364>.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2021). Programa nacional para la conservación y restauración del bosque seco tropical en Colombia. Plan de acción 2020-2030. https://archivo.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Zonas-Secas/PROGRAMA_BOSQUE_SECO_TROPICAL_EN_COLOMBIA.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Política nacional de cambio climático. <https://www.minambiente.gov.co/documento-entidad/politica-nacional-de-cambio-climatico/>
- Moss, R., Babiker, M., Brinkman, S., Calvo, E., Carter, T., Edmonds, J., Elgizouli, I., Emori, S., Erda, L., Hibbard, K., Jones, R., Kainuma, M., Kelleher, J., Lamarque, J. F., Manning, M., Matthews, B., Meehl, J., Meyer, L., Mitchell, J., ... Zurek, M. (2008). Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, Impacts and Response Strategies. In IPCC Expert Meeting Report. ISBN: 978-92-9169-125-8
- ONU - Organización de las Naciones Unidas. (2000). Declaración del Milenio. Asamblea General de las Naciones Unidas, p.10. <https://www.un.org/spanish/milenio/ares552.pdf>
- Oreskes, N. (2004). Beyond the Ivory Tower. The scientific consensus on climate change. *Science*, 306(5702):1686. <https://DOI: 10.1126/science.110361>
- Parry, M., Canziani, O., Palutikof, J., van der Linden, P., Hanson, C. (Editores). (2007). *Climate Change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. contribution of working group ii to the fourth 92* ORINOQUIA - Universidad de los Llanos - Villavicencio, Meta. Colombia Vol. 16 - No 1 - Año 2012, <http://pure.iiasa.ac.at/8251>

- PNUD - Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2009). Cambio Climático. Memorias panel nacional de políticas de pobreza y adaptación al cambio climático en Colombia. Recomendaciones CONPES.
- PNUMA - Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2011). Hacia una economía verde: Guía para el desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza - Síntesis para los encargados de la formulación de políticas. <https://www.unep.org/es/node/18210>
- Postigo, J. (2009). Estrategias de adaptación y gestión frente al cambio climático en tres regiones del sur andino peruano. CEPES. http://209.177.156.169/libreria_cm/archivos/pdf_598.pdf
- Pulliam, H. R. (2000). On the relationship between niche and distribution. *Ecology Letters*, 3(4), 349–361. <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2000.00143.x>
- Rodríguez, J. A., & Vásquez, J. (2021). Elementos metodológicos para optimizar la gestión del cambio climático a nivel local en Colombia. *Geográfica Digital*, 17(34). <https://DOI:10.30972/geo.17344525>
- Rodríguez-Becerra, M. & Espinosa, G. (2002). Gestión Ambiental en América Latina y el Caribe: evolución, tendencias y principales prácticas. BID. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/019857/GestionambientalenA.L.yelC/GestionAmb..pdf>
- Sampaio, G., Marengo J., Nobre, C. (2008). A atmosfera das mudanças climáticas. Em: Buckeridge M. (Editor). *Biologia e Mudanças climáticas no Brasil*. Rima Ed.
- Schank, C. J., Cove, M. V., Kelly, M. J., Mendoza, E., O’Farrill, G., Reyna-Hurtado, R., Meyer, N., Jordan, C. A., González-Maya, J. F., Lizcano, D. J., Moreno, R., Dobbins, M. T., Montalvo, V., Sáenz-Bolaños, C., Jimenez, E. C., Estrada, N., Cruz Díaz, J. C., Saenz, J., Spínola, M. & Miller, J. A. (2017). Using a novel model approach to assess the distribution and conservation status of the endangered Baird’s tapir. *Diversity and Distributions*, 23, 1459–1471. <https://doi.org/10.1111/ddi.12631>.
- Smiley, T. M., Title, P. O., Zelditch, M. L., & Terry, R. C. (2020). Multi-dimensional biodiversity hotspots and the future of taxonomic, ecological and phylogenetic diversity: A case study of North American rodents. *Global Ecology and Biogeography*, 29(3), 516–533. <https://doi.org/10.1111/geb.13050>
- Steffen, W., Richardson, K., Rockstrom, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., de Vries, W., de Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L.

- M., Ramanathan, V., Meyers, B., & Sorlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 1259855–1259855. <https://doi.org/10.1126/science.1259855>
- Urbina-Cardona, N., Blair, M. E., Londoño, M. C., Loyola, R., Velásquez-Tibatá, J., & Morales-Devia, H. (2019). Species Distribution Modeling in Latin America: A 25-Year Retrospective Review. *Tropical Conservation Science* 12(40). <https://doi.org/10.1177/1940082919854058>
- Watanabe, M., Suzuki, T., O'Ishi, R., Komuro, Y., Watanabe, S., Emori, S., Takemura, T., Chikira, M., Ogura, T., Sekiguchi, M., Takata, K., Yamazaki, D., Yokohata, T., Nozawa, T., Hasumi, H., Tatebe, H., & Kimoto, M. (2010). Improved climate simulation by MIROC5: Mean states, variability, and climate sensitivity. *Journal of Climate*, 23(23), 6312–6335. <http://dx.doi.org/10.1175/2010JCLI3679.1>
- Wu, Z., Yu, Z., Song, X., Li, Y., Cao, X., & Yuan, Y. (2016). A methodology for assessing and mapping pressure of human activities on coastal region based on stepwise logic decision process and GIS technology. *Ocean and Coastal Management*. 120, 80-87. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.11.016>
- Yepes-Mayorga, A., Buckeridge, M. (2011). Respuestas de las plantas ante los factores ambientales del cambio climático global- Revisión. *Revista Colombia Forestal*; 14(2): 211-230.



Valoración de los servicios
ecosistémicos por percepciones
comunitarias de mamíferos
silvestres en un ambiente
cambiante en Cundinamarca,
Colombia

AUTORES

Ginna P. Gómez-Junco
Jessica Morales-Perdomo
Leonardo Lemus-Mejía
María Juliana Santanilla
Lizeth Aguirre Sierra





Introducción

Las relaciones humano-animal han sido históricas, heterogéneas, estructuradas dependiendo de la especie, de sus características propias y han estado enmarcadas en los servicios o bienestar que los humanos perciben de los animales (e.g., alimento, vestuario, medios de transporte, protección del hogar) y como referentes culturales, religiosos, simbólicos y mitológicos (Velarde & Cruz, 2015). Los mamíferos, son uno de los grupos más utilizados desde perspectivas culturales y de subsistencia por diversos pueblos y comunidades humanas (Vargas-Clavijo, 2008; 2009) y brindan beneficios que son denominados servicios ecosistémicos y se categorizan como: (i) provisión, (ii) regulación, (iii) sostenimiento y (iv) culturales. Dentro de los servicios de provisión se encuentran la alimentación, las materias primas y los recursos medicinales. En la segunda categoría, la regulación ecosistémica, control de plagas y enfermedades y la polinización; en los servicios de sostenimiento participan en el ciclaje de nutrientes y formación del suelo. Por último, dentro del servicio ecosistémico cultural se relaciona la valoración espiritual y religiosa, el valor estético y de contemplación o el ecoturismo y la salud mental, como consecuencia de un ambiente sano (Figura 1; Rumiz, 2010). Estos se reportan igualmente para el caso de la región Andina con prácticas prehispánicas de usos de los animales y sus subproductos (Osbahr & Morales, 2012).



Figura 1. Servicios ecosistémicos enfocados en el uso de mamíferos silvestres.

Dicha valoración cultural de la fauna se basa en el conocimiento popular generado ya sea por la experiencia directa con las especies o los saberes colectivos transmitidos entre generaciones (Ortiz-Espejel *et al.* 2009). Así, las comunidades reconocen lo que es importante para ellas dependiendo de la experiencia, la relación costo-beneficio y las necesidades (Londoño, 2009), por lo que se considera un criterio subjetivo desde el punto de vista personal, que puede ser medido con herramientas como las entrevistas o valorado económicamente. Los humanos han generado una relación de beneficio mutuo con animales que han sido domesticados en diferentes niveles, donde los humanos reciben sostenimiento y los animales son alimentados y protegidos, por lo que sus poblaciones se han mantenido e incluso extendido en distribución. Por otra parte, aunque las especies silvestres continúan brindando servicios ecosistémicos invaluableles, la relación de protección con estas no ha sido la misma, de hecho, las presiones generadas a los hábitats por las actividades humanas y la sobreexplotación de múltiples especies, han generado declives poblacionales y procesos de extinción local e incluso extinción en masa (Dirzo *et al.* 2014).

A partir de esto, diferentes estudios han evaluado la importancia de uso o el uso cultural de las especies silvestres, con el fin de comprender las relaciones históricas y actuales con diferentes grupos de animales silvestres y las especies que los componen. Dicho valor de importancia permite evidenciar principalmente usos directos de cada especie como la cacería para alimentación, ornamento, mascota o subproductos, además de usos medicinales (Osbahr & Morales, 2012; Londoño-Betancourth 2009; Olarte-Zapata *et al.* 2003). Sin embargo, la relación que los usos reportados significan en términos de percepción de beneficios relacionados con los servicios ecosistémicos no suele abordarse. Debido a que en el presente estudio se considera y resalta la necesidad de que las comunidades no solo visibilicen los usos que les dan a los animales silvestres, sino también lo relacionen y comprendan los beneficios que cada especie brinda a los humanos, se indagó sobre la relación que dichos usos tienen con los servicios intangibles que prestan a las comunidades. Teniendo en cuenta que estos servicios ecosistémicos pueden pasar desapercibidos, en el presente trabajo se visibilizaron con los entrevistados y se expusieron en charlas libres posteriores a la entrevista. Esto con el objetivo que los participantes tengan este conocimiento y puedan considerarlo en las decisiones de manejo de sus predios, ya que, comprender dicha estrecha relación puede ser una alternativa para la sensibilización e intención de involucrarse en acciones directas para la protección de la fauna silvestre y sus hábitats, enfocada en el bienestar ambiental y humano.

Dentro de las consecuencias de las actividades humanas insostenibles y que afectan a la fauna silvestre, se ha identificado al cambio climático, como una de las cinco principales razones de pérdida de biodiversidad (Rockström *et al.* 2013; Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2010). Esta presión al actuar de manera individual y sinérgica con las demás, ha causado y seguirá causando una alta degradación del entorno y la pérdida de especies silvestres. Esto tendrá en consecuencia un efecto sobre la pérdida de servicios ecosistémicos de los cuales depende la calidad de vida de las poblaciones humanas principalmente rurales, ocasionando adicionalmente, el aumento del potencial conflicto humano-fauna silvestre (Contreras, 2018; Flores *et al.* 2020). La percepción de conflicto se da cuando se da un choque entre diferentes intereses usualmente relacionados con una relación directa entre especies silvestres y actividades humanas (IUCN 2020, Figura 2).

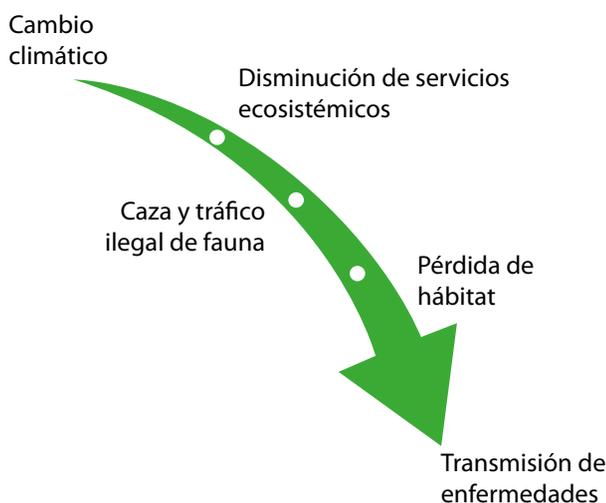


Figura 2. Tensionantes ambientales que afectan negativamente a los mamíferos silvestres.

El cambio global es una realidad, e identificar las consecuencias del mismo es fundamental para generar y poner en práctica alternativas que mitiguen dichos efectos, por lo que, diferentes instituciones locales, privadas y gubernamentales, han resaltado la necesidad de tomar acciones que reduzcan las presiones sobre la biodiversidad (Rockström *et al.* 2013). Ante esto, en la actualidad el entendimiento de las relaciones y la valoración cultural de la fauna silvestre, han permitido establecer estrategias de manejo que contribuyan al equilibrio entre el desarrollo comunitario y la conservación de las especies (Velaverde & Cruz, 2015) y crear así, un vínculo directo entre los objetivos de la conservación biológica y la cultural.

Teniendo en cuenta esta problemática, el objetivo de este capítulo fue el de identificar los valores culturales de especies de mamíferos silvestres en el departamento de Cundinamarca y estimar la vulnerabilidad a la pérdida de servicios ecosistémicos ante un escenario de cambio global, como indicador de disminución de bienestar humano. La relevancia de este estudio recae en que el entendimiento de la valoración cultural de los mamíferos silvestres es una herramienta que aporta a la estructuración participativa de alternativas y estrategias que contribuyan a la conservación y toma de decisiones para la mitigación de los efectos del cambio global en el territorio, desde los saberes y percepciones locales.

Materiales y métodos

El área de estudio se encuentra en inmediaciones de la jurisdicción territorial del departamento de Cundinamarca, ubicado en el centro de Colombia, en la región Andina. Comprende 116 municipios pertenecientes a 15 provincias y el Distrito Capital, con una extensión de 24.210 km² y 2'919.060 habitantes, excluyendo la población de Bogotá, donde el 32% vive en zona rural (DANE, 2018).

La altitud media del departamento es de 3.341 msnm, esta condición andina hace que se presenten climas y volúmenes de lluvia variados. El núcleo de menor precipitación es la franja central, correspondiente a la Sabana de Bogotá, la cual presenta un régimen bimodal con precipitaciones de hasta 1.000 mm y temporadas secas de diciembre a marzo y de junio a agosto (IDEAM, 2021). Las lluvias se incrementan hacia el oriente y occidente en dirección a las vertientes de la cordillera oriental. En la vertiente occidental el clima es de tipo cálido árido al sur y de tipo cálido húmedo al norte, se registran temperaturas medias de alrededor de 28 °C en sectores localizados sobre las riberas del Magdalena, con lluvias que llegan hasta los 3.000 mm (IDEAM, 2021). En la vertiente oriental, el clima es cálido húmedo, con temperaturas que llegan hasta los 26 °C y precipitaciones hasta de 4.000 mm, donde, en los municipios localizados sobre la vertiente del Orinoco el régimen es monomodal con la temporada seca de diciembre a marzo y el máximo de lluvia en los meses de junio y julio, con una leve disminución al final de agosto (IDEAM, 2021).

Para la caracterización de la valoración cultural de mamíferos silvestre se identificaron 43 especies con uso potencial reportado en bibliografía para Cundinamarca con las cuales se modeló su distribución

para estimar la riqueza de especies para un escenario actual y en el contexto de los municipios del departamento (Figura 3 A). Con el fin de representar la vulnerabilidad de dichos municipios a la pérdida de distribución de especies silvestres ante escenarios de cambio climático, se tomaron en cuenta los modelos de riqueza de especies actual y los proyectados a 2050 y 2070 en un escenario RCP de 6,0 y un modelo de circulación global CCSM4 (Figura 3 B y C, respectivamente).

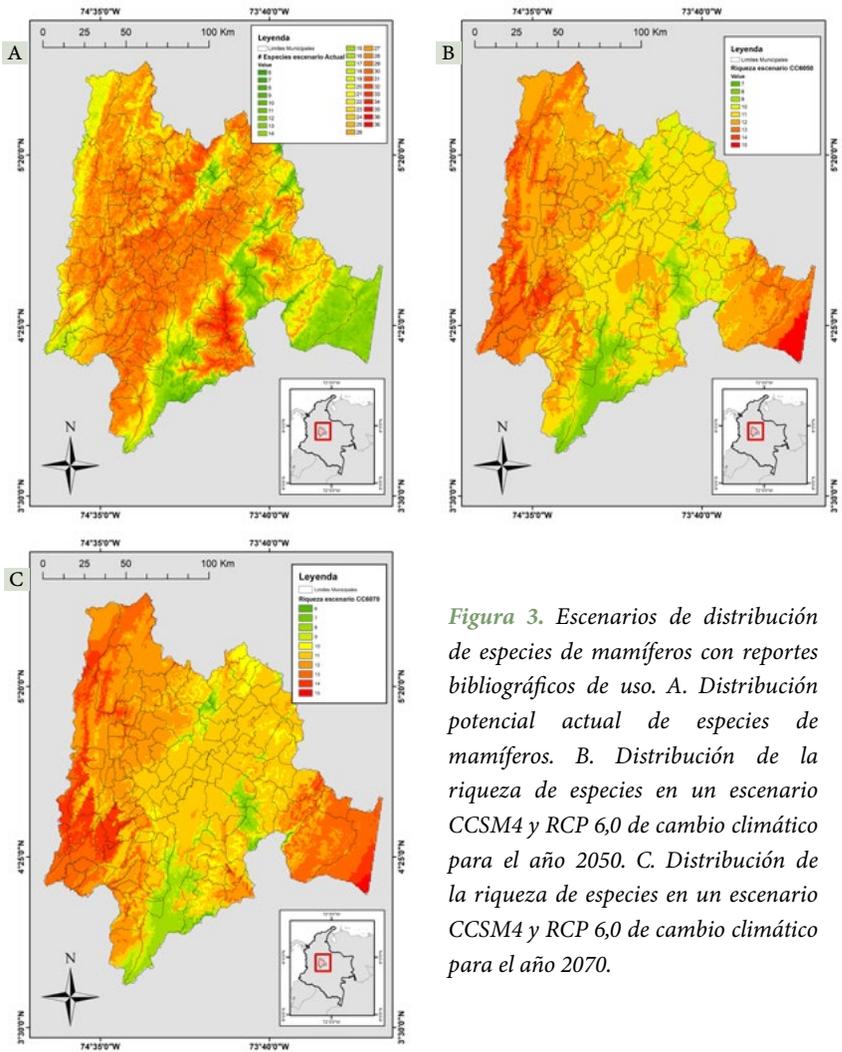


Figura 3. Escenarios de distribución de especies de mamíferos con reportes bibliográficos de uso. A. Distribución potencial actual de especies de mamíferos. B. Distribución de la riqueza de especies en un escenario CCSM4 y RCP 6,0 de cambio climático para el año 2050. C. Distribución de la riqueza de especies en un escenario CCSM4 y RCP 6,0 de cambio climático para el año 2070.

A partir de dichos resultados de distribución de la riqueza potencial en los dos escenarios (2050 y 2070) se calculó la pérdida de especies para cada escenario con respecto a la riqueza de especies con distribución potencial actual. Estos resultados evidencian que en los dos escenarios habrá zonas del departamento de Cundinamarca con pérdida de hasta 25 especies, principalmente hacia las zonas altas y en las zonas bajas una ganancia de tres y cuatro especies para cada escenario de cambio climático (2050 y 2070, respectivamente) (Figura 4 A y B).

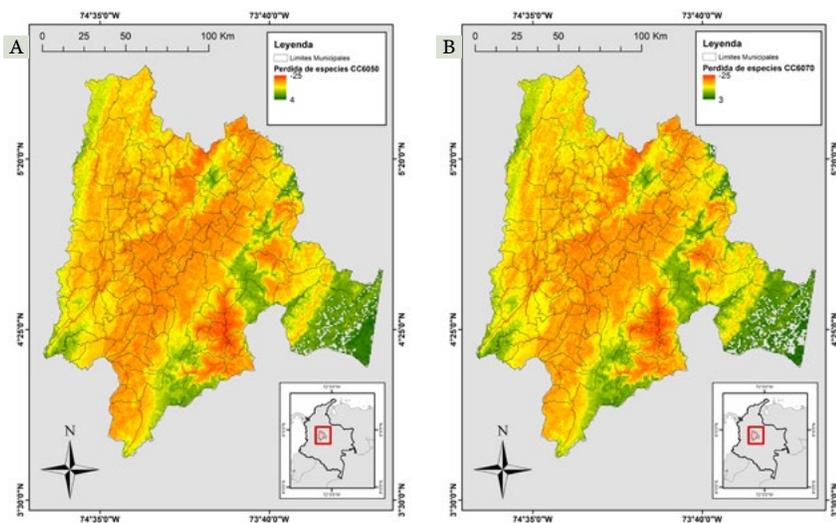
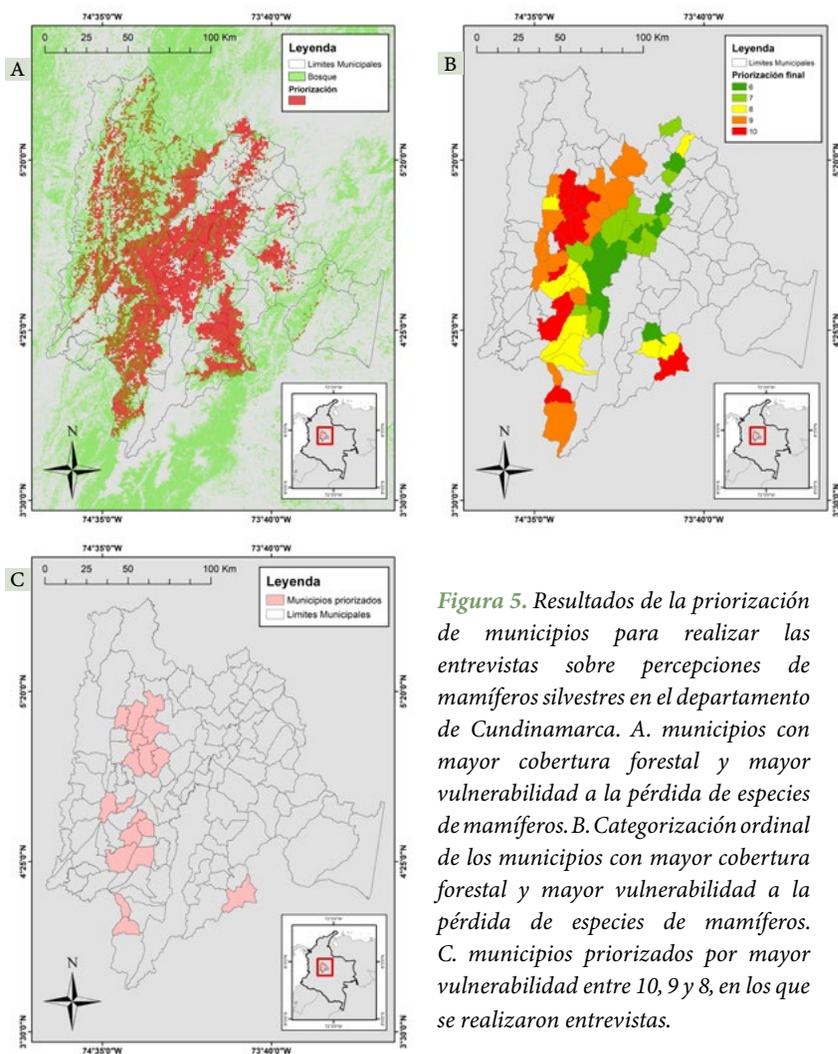


Figura 4. Pérdida potencial de especies en dos escenarios de cambio climático. A. Escenario a 2050; B. Escenario a 2070.

Con el fin de priorizar los municipios que tuvieran una mayor cobertura boscosa como supuesto de mayor presencia de especies silvestres, se combinaron las capas de cobertura de bosques de Hansen con los resultados de las áreas con mayor cambio de riqueza de especies a futuro por municipios (Figura 5A). De esta manera, los municipios con mayor cantidad de bosque y mayor vulnerabilidad a la pérdida de especies en los diferentes escenarios de cambio climático fueron priorizados, y se seleccionaron los municipios con valores de 10, 9 y 8 (Figura 5 B). Como resultado se priorizaron 20 municipios con estas características: Cachipay, El Peñón, Guayabetal, La Palma, La Peña, La Vega, Mesitas del Colegio, Nimaima, Pandi, Quipile, San Antonio de Tequendama, San Francisco de Sales, Sasaima, Silvania, Supatá, Tena, Útica, Venecia, Vergara y Viotá (Figura 5 B), en los que se realizaron las entrevistas con el fin de indagar sobre la posible vulnerabilidad de las interacciones entre la comunidad y las especies silvestres ante la pérdida de estas por las condiciones de cambio climático (Figura 5 C).



Con el fin de recopilar información que permitiera identificar la percepción y el uso que las comunidades rurales le dan a las especies de mamíferos silvestres en estos municipios priorizados, se construyó y aplicó una entrevista semiestructurada con apartes correspondientes a la identificación y reconocimiento de las especies de mamíferos silvestres con mayor reporte de uso o valor cultural en Cundinamarca basados en los resultados de Barbosa-Camargo (2020). Con la ayuda de una guía visual, se indagó sobre la percepción de la posible disminución poblacional de especies silvestres a nivel local o menor frecuencia de observación en los últimos 30 a 50 años (período en el que se considera

que puede darse un cambio en el clima que pueda afectar la distribución de una especie y por lo tanto cambiar o desaparecer; (UICN, 2021) para cada una de las especies. Además, se incluyeron preguntas sobre las posibles causas de cambio de acuerdo con la percepción de los participantes (*e.g.*, la cacería, la deforestación y las quemas, entre otros).

Posteriormente, con el fin de conocer el valor cultural que las comunidades le dan a cada especie, se indagó sobre el tipo de relación que la persona consideraba tener con cada una. Relación negativa en el caso en el que dicha especie presentará interacciones negativas (*i.e.*, consumo de fauna doméstica o cultivos) y positiva cuando la persona refirió algún tipo de importancia relacionada con alimentación, aprovechamiento de subproductos, medicina, contemplación o alguna relación cultural (Castaño-Uribe *et al.* 2013; Arellano *et al.* 2012). Se evaluó la percepción de las personas sobre la afectación en caso de desaparición de las especies de mamíferos silvestres. Finalmente, con el objetivo de abordar el conocimiento de los participantes sobre el cambio climático, se incluyeron preguntas relacionadas con la observación de cambios en el clima y la relación temporal y, la propuesta de cada participante de posibles soluciones o alternativas que se puedan implementar en los predios para mitigar dichos efectos.

Para hallar el n muestral y con el fin de que el número de entrevistas realizadas fuera proporcional a la extensión en km^2 y al número de habitantes de cada municipio, se tuvo en cuenta la población rural censada a 2018 (Anexo A). A partir del número de entrevistas correspondiente para cada municipio, se identificaron las áreas que presentaban bosque como supuesto de presencia de fauna silvestre y uso potencial por las comunidades, de esta manera se ubicaron áreas núcleos para realizar las entrevistas.

Entre febrero y marzo de 2020 se realizaron visitas en las áreas núcleo para cada municipio priorizado y se aplicaron un total de 200 entrevistas a habitantes de 120 veredas pertenecientes a los 20 municipios priorizados (Anexo A). Se entrevistaron personas entre los 15 y los 70 años y con mínimo seis meses de residencia en la zona. Los reportes de servicios ecosistémicos como el control de plagas y enfermedades, la formación de suelo, el valor estético y el espiritual y religioso se catalogaron como usos indirectos.

A partir de la información recopilada en campo sobre las percepciones y valoración cultural de la fauna silvestre, se construyó una matriz de análisis por especie de mamífero relacionando las interacciones

positivas de cada persona entrevistada. Para esto se identificaron nueve tipos de servicios ecosistémicos posibles, de acuerdo con las respuestas aportadas y se registró, como una relación positiva: servicios de regulación (i) control de plagas y enfermedades (ii) polinización y dispersión; servicios de sostenimiento (iii) aporte de la formación del suelo; servicios de aprovisionamiento: (iv) alimentación (v) materia prima (vi) medicina, servicios culturales: (vii) recreación y turismo (viii) el valor estético (ix) el espiritual y religioso. Adicionalmente a la valoración cultural, se obtuvieron reportes de valor económico, el cual se considera un bien intercambiable por otros servicios. Una vez establecidos los usos indirectos o directos se les asignó 0 ante la ausencia de uso y 1 para un reporte positivo de uso para el total de registros (TR) y de entrevistas (TE). Adicionalmente, se relacionó el número total de especies observadas y de cuáles ha disminuido su frecuencia de observación por los participantes.

Para establecer la relación entre la fauna identificada y los servicios ecosistémicos percibidos por los pobladores entrevistados, se halló el índice de Valor de Importancia por percepción de Beneficio (VIB), adaptado en este estudio, a partir del índice de valor de uso (Osbahr & Morales 2012 y Phillips & Gentry 1993). El índice propuesto expresa la importancia que las especies tienen para las personas entrevistadas a partir de la percepción de beneficios recibidos relacionados con servicios ecosistémicos o valor económico.

$$\text{VIB} = \Sigma \text{Bis} / n$$

Donde:

Bis= número de beneficios reportados por el encuestado *i*, para la especie *s*.

n= número total de entrevistados.

Al finalizar la entrevista se abordaron las posibles soluciones o alternativas que los participantes consideraron que se podían realizar desde la comunidad, que pueden aportar a la protección de ambiente y fomenten la mitigación del cambio y potenciales afectaciones poblacionales de la fauna silvestre.

Con el fin de detectar dependencia y relación entre las variables año con la presencia de servicios ecosistémicos (SE) y valor económico (VE), además del posible tipo de relación entre las variables, se realizó

un análisis de regresión para los años 2050 y 2070 para dos trayectorias de concentración representativa 2,6 y 2,8 (RCP por sus siglas en inglés). Los análisis se realizaron con el uso de la última versión de R®.

A través de un análisis inductivo a los resultados previos, se obtuvo que la relación entre el escenario de cambio climático y el promedio de los servicios ecosistémicos y el valor económico tienen una función de potencia para los cuatro modelos, por lo que se aplicó una transformación logarítmica a los valores de los escenarios en años y a los valores de SE y VE para cada RCP en un modelo de circulación global CCSM4.

Adicionalmente, con el fin de evidenciar si la relación entre las variables analizadas en la regresión es significativa, se realizó un análisis comparación de medias de *Kruskal-Wallis*, ya que ninguno de los grupos de datos (SE y VE para cada RCP) presentaron normalidad ni homogeneidad de varianzas. Posteriormente se realizó una prueba *post hoc* de Bonferroni para determinar cómo se da la relación entre las variables estipuladas (año/RCP).

Para evaluar si el número de especies y por lo tanto los servicios ecosistémicos y beneficios económicos asociados, disminuyen en escenarios de cambio climático, se usó la distribución potencial de las especies de mamíferos con uso reportado en bibliografía y se homologó con los SE y el VE percibido por las personas entrevistadas para las 30 especies evaluadas.

Resultados y discusión

Uso y valoración cultural de los bienes naturales

El departamento de Cundinamarca se caracteriza a nivel nacional por su diversidad ambiental y productiva ya que al tener una posición topográfica privilegiada tiene variedad de climas y fuentes de agua que le han permitido a las comunidades, dedicarse a diferentes vocaciones productivas como la agrícola, ganadería y aprovechamiento de otros recursos naturales (Plan de Desarrollo Departamental, 2020-2024). Del total del territorio el 63,3%, es decir 1.5 millones de hectáreas están en frontera agrícola y de las unidades productivas agrícola (UPA) un 50,18% se encuentran en categoría de agricultura familiar (CNA, 2014), de allí que este sector sea de importancia no solo en la generación de empleo, aporte en la seguridad alimentaria de las familias y apoyo a

la economía de las comunidades rurales del departamento, sino que representa una participación importante en el PIB nacional (Plan de Desarrollo Departamental, 2020-2024). De acuerdo con lo reportado por las personas entrevistadas, las principales actividades desarrolladas para el sustento de las familias fueron la agricultura y la producción pecuaria, lo que concuerda con lo mencionado anteriormente respecto a la vocación agropecuaria, su importancia en el departamento y la estrecha relación y dependencia de las familias a este tipo de actividades. Otras de las actividades mencionadas como medio de vida son el jornaleo, el trabajo independiente y algunos son empleados, lo que consideran que de cierta manera les da una estabilidad para su sustento.

De acuerdo con los resultados obtenidos, los cultivos más recurrentes en los predios familiares y que son fuente de ingreso y autoconsumo son el cultivo de café, mango, maíz, caña, naranja, plátano, entre otros, siendo el cultivo de la caña panelera seguido por el de mango y plátano el más permanente en la región, esto debido a las características agroecológicas de los municipios evaluados (MinComercio, 2021). En cuanto a los animales domésticos mantenidos en los predios, los más comunes fueron gallinas, pollos y vacas. Las gallinas son utilizadas principalmente para el consumo y venta de huevos, los pollos para la venta de la carne y el ganado bovino para el consumo, venta de leche y venta de carne en general.

Uso y valoración de los bienes del bosque

En cuanto a la relación de la comunidad con el bosque, su entorno y la fauna silvestre, las respuestas de las personas que participaron, evidencian que aprovechan los recursos que encuentran en el bosque, principalmente leña, agua para el uso doméstico obtenida de nacederos y quebradas, plantas medicinales y frutos (Figura 6). Sin embargo, al realizar la pregunta, por lo general las personas no relacionan de inmediato el uso de estos recursos como un beneficio de la presencia de los bosques y confirman tener estos servicios ecosistémicos cuando son mencionados por el entrevistador. De acuerdo con el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, los servicios ecosistémicos que brindan los bosques son fundamentales para la existencia humana, “se estima que más del 60% de toda el agua del mundo se capta y almacena en áreas de bosque, por lo que son considerados ecosistemas estratégicos para asegurar el bienestar de las poblaciones” (Victorino, 2012). Así, los bosques tienen un papel crítico como aseguradores del recurso hídrico y, además, son el hábitat de especies de animales y plantas utilizadas para el consumo humano. Este ejercicio permite visibilizar

a las comunidades la importancia de los bosques y especies silvestres que en él habitan, ya que como se evidenció, las personas utilizan los recursos naturales, pero suelen no dimensionar su dependencia de estos, no solo por la presencia sino por la calidad de los recursos, que se traduce en supervivencia y bienestar para las familias.

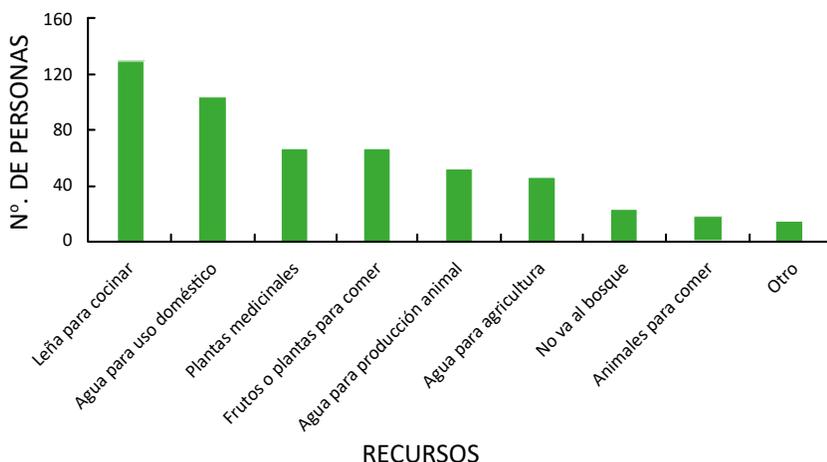


Figura 6. Recursos encontrados en el bosque para uso en el hogar en el departamento de Cundinamarca.

Uso y valoración de la fauna silvestre

A partir de la identificación y priorización de especies presentes en la zona se elaboró una guía visual con 30 especies con reporte frecuente de uso en comunidades de Cundinamarca (Anexo 1) (Barbosa-Camargo (2020); Osbahr & Morales (2012) depuradas igualmente con las especies reportadas en información secundaria utilizada para la modelación de distribución actual de mamíferos en Cundinamarca (Figura 3 A). Los participantes reconocieron las treinta especies presentadas durante la entrevista pertenecientes a siete órdenes, con un total de 1.152 registros categorizados entre los 10 posibles usos abordados en la entrevista (Tabla 1). El orden Rodentia obtuvo la mayor frecuencia de uso (47%) con seis especies, donde la ardilla roja (*Syntheosciurus granatensis*) y el conejo (*Sylvilagus* sp) obtuvieron el mayor número de reportes referente a algún beneficio o servicio ecosistémico percibido por las personas entrevistadas. El segundo orden fue Carnívora con 12 especies y una frecuencia de reportes de 18% y con la comadreja (*Neogale frenata*) y el zorro perro (*Cerdocyon thous*) como las especies con el mayor número de participantes que reportan algún tipo de beneficio

(Tabla 1). Por su parte, el fara (*Didelphis sp*) como único representante del orden Didelphimorphia obtuvo la tercera frecuencia de reporte con un 15%. Las especies reportadas con las mayores frecuencias de uso corresponden con lo encontrado por trabajos como el de Osbahr & Morales (2012) en San Antonio del Tequendama, por Barbosa-Camargo (2020) mediante entrevistas realizadas en 11 municipios de Cundinamarca y Londoño-Betancorth (2009) con su trabajo realizado en tres barrios de Pereira, Risaralda.

Estos usos de mamíferos silvestres reportados fueron relacionados con algún beneficio hacia las familias por el 65% de los participantes, asociados con servicios ecosistémicos como el control de plagas, la dispersión de semillas, alimentación, obtención de subproductos medicinales y la contemplación, además del valor de cambio económico dado por las familias (aunque no es un servicio ecosistémico, y la venta de animales silvestres y sus subproductos es ilegal a nivel nacional, en este estudio se consideró como un beneficio ya que así fue reportado por las comunidades durante las entrevistas) (Tabla 1). Estos beneficios fueron reportados en otros trabajos realizados con poblaciones de Cundinamarca donde Osbahr & Morales (2012) y Barbosa-Camargo (2020), encontraron que las personas participantes reconocieron usos de la fauna silvestre principalmente del grupo de los mamíferos, frente a los reptiles y las aves. Por otra parte, el 20% de las personas entrevistadas reportaron no percibir algún tipo de beneficio de la fauna silvestre y el 15% restante no saben si reciben algún tipo de beneficio.

Tabla 1. Frecuencia de reporte de uso por orden de mamíferos abordados en entrevistas en el departamento de Cundinamarca.

Orden	Nombre local	Especie	# reportes	% reportes por orden (TR=1.151)	SE con mayor reporte
Rodentia	Ardilla roja	<i>Syntheosciurus granatensis</i>	153	47%	Valor estético/ alimentación
	Conejo	<i>Sylvilagus sp</i>	145		Alimentación/ Valor estético
	Borugo	<i>Cuniculus paca</i>	59		Alimentación/ Valor estético
	Borugo de montaña	<i>Cuniculus taczanowskii</i>	51		Alimentación/ Valor estético
	Ñeque	<i>Dasyprocta punctata</i>	119		Alimentación/ Valor estético
	Puercoespín	<i>Coendou sp.</i>	14		Alimentación/ Valor estético
REPORTES RODENTIA			541		
Carnivora	Comadreja	<i>Neogale frenata</i>	83	18%	Alimentación/ Valor estético
	Zorro perro	<i>Cerdocyon thous</i>	40		Valor estético/ alimentación
	Coati/ Cusumbo	<i>Nasua nasua</i>	26		Valor estético/ alimentación
	Mapache	<i>Procyon sp.</i>	13		Valor estético/ Valor económico
	Marta/ Olinguito	<i>Potos flavus</i>	9		Valor estético/ Medicina/ Alimentación
	Nutria	<i>Lontra longicaudis</i>	8		Valor estético/ Control de plagas y enfermedades
	Gato de monte	<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	6		Valor estético
	Tigrillo/ Oncilla	<i>Leopardus tigrinus</i>	6		Valor estético/ Valor económico
	Oso Andino	<i>Tremarctos ornatus</i>	4		Valor estético
	Zorrillo o Mapuro	<i>Conepatus semistriatus</i>	4		Valor estético
	Ocelote	<i>Leopardus pardalis</i>	2		No reporte
	Tayra/Urón	<i>Eira barbara</i>	1		No reporte
REPORTES			202		
Didelphimorphia	Fara	<i>Didelphis sp</i>	173		Alimentación/ Valor estético/ Control de plagas y enfermedades

Orden	Nombre local	Especie	# reportes	% reportes por orden (TR=1.151)	SE con mayor reporte
REPORTES			173	15%	
Pilosa	Perezoso de tres uñas	<i>Bradypus variegatus</i>	40		Valor estético/ Alimentación
	Hormiguero mielero	<i>Tamandua mexicana</i>	32		Valor estético/ Alimentación
	Perezoso de dos uñas	<i>Choloepus sp.</i>	24		Valor estético/ Valor económico
	Oso Palmero	<i>Myrmecophaga tridactyla</i>	8		Valor estético/ Alimentación
REPORTES			104	9%	
Cingulata	Armadillo	<i>Dasypus sp</i>	101		Valor estético/ Alimentación/ Medicina
REPORTES			101	9%	
Artiodactyla	Venado cola blanca	<i>Odocoileus sp</i>	10		Valor estético/ Alimentación
	Venado rojo	<i>Mazama rufina</i>	8		Alimentación/ Valor estético
	Saino de collar	<i>Dicotyles tajacu</i>	2		Valor estético
	Saino labio blanco	<i>Tayassu pecari</i>	2		Valor estético
REPORTES			22	2%	
Primates	Mico ardilla	<i>Saimiri sciureus</i>	7		Valor estético/ Control de plagas y enfermedades
	Mico Maicero	<i>Sapajus apella</i>	1		Valor estético/ Control de plagas y enfermedades
REPORTES			8	1%	
TOTAL DE REPORTES			1.151		

Los pobladores de los municipios involucrados en las entrevistas reconocieron usos directos e indirectos de la fauna silvestre, relacionados con servicios ecosistémicos donde los principales fueron la alimentación, la contemplación y el uso medicinal, lo que concuerda con los trabajos de Barbosa-Camargo (2020) y Osbahr & Morales (2012). De manera general las especies con mayor Valor de Importancia por percepción de Servicios Ecosistémicos fueron el conejo (*Sylvilagus sp.*, VIB=0,84), el armadillo (*Dasypus novemcinctus*, VIB=0,67), el fara (*Didelphis spp.*, VIB=0,66), la ardilla roja (*Syntheosciurus granatensis*,

VIB=0,61), el ñeque (*Dasyprocta punctata*, VIB=0,58) y el borugo (*Cuniculus* spp., VIB=0,34) (Tabla 2).

Este valor de importancia está relacionado con la cantidad de servicios ecosistémicos y valor económico reportado y la frecuencia de registro entre el total de entrevistados (Figura 7). En estudios como el de Osbahr & Morales (2012), Londoño-Betancourth (2009) en los que aplicaron el índice de valor de uso o el índice de valor cultural, el armadillo y el borugo son algunas de las especies con unos de los mayores valores de uso, principalmente alimenticio y medicinal. Además del armadillo, especies como el venado presentaron uno de los mayores valores de uso (Osbahr & Morales, 2012; Londoño-Betancourth 2009; Estrada-Portillo *et al.* 2018; Olarte-Zapata *et al.* 2003), a diferencia del presente estudio que fue una de las especies con un valor menor al del promedio de VIB promedio=0,17 (venado cola blanca= 0,06 y venado rojo= 0,03). Ante esta ausencia de uso de ciertas especies, los pobladores entrevistados mencionaron que algunas especies ya no se encuentran con la misma frecuencia que antes, por lo que el menor valor no significa que no sea de importancia alimenticia, sino que refleja menor uso por escasez de la especie.

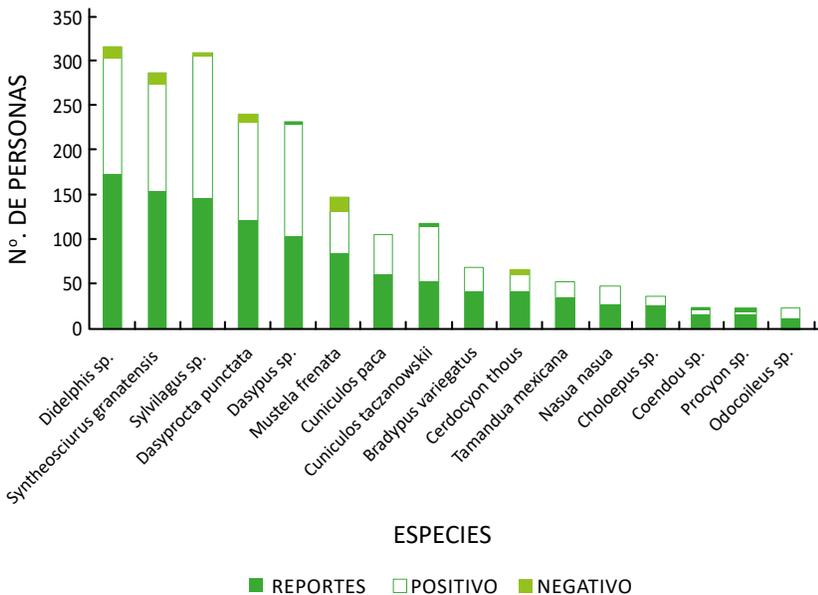


Figura 7. Frecuencia de reportes de las especies de mamíferos silvestres con relación a la frecuencia de percepción positiva y negativa en el departamento de Cundinamarca.

En cuanto al uso para la alimentación familiar y el valor estético o contemplación fueron las principales categorías reportadas (47% y 39%, respectivamente) (Figura 8). Estas dos categorías reflejan el uso de la fauna para suplir dos necesidades fundamentales del humano, la del sustento y la de tranquilidad por contemplación y goce. Dentro del servicio ecosistémico de alimentación, las especies con mayor proporción de reporte fueron el fara, el conejo y el ñeque con 0,4 cada uno, seguidos por el armadillo y la boruga con 0,3 y 0,2, respectivamente).

El servicio ecosistémico de contemplación es fundamental para el bienestar humano y está relacionado con el goce de un ambiente sano, que repercute en la salud mental de las personas, sin embargo, no es un servicio ecosistémico o valor que se perciba fácilmente por las comunidades, como se refleja en diversos estudios del valor cultural de especies de fauna silvestre en la región Cundiboyacense (Vélez-Sosa, 2004; Osbahr & Morales, 2012; Barbosa-Camargo, 2020). Las especies con mayor proporción de reportes asociados a este servicio fueron la ardilla roja y el conejo (0,39 y 0,35, respectivamente). El armadillo, el ñeque y el fara fueron las siguientes especies mencionadas con valor estético (0,16, 0,15 y 0,14, respectivamente), donde las personas entrevistadas relacionaron la presencia y posibilidad de observar estas especies, como parte de su bienestar y que los hace sentir felices de vivir allí.

Las siguientes categorías de uso presentaron proporciones iguales y menores a 34%. Dentro de los servicios ecosistémicos percibidos por los pobladores con el 34% se encuentran la dispersión de semillas y el uso medicinal. Quienes mencionaron la dispersión de semillas, son personas que tienen árboles frutales en sus predios y han podido observar animales que consumen frutos como las ardillas, los faras, el conejo y el armadillo (0,03 cada uno) mencionando específicamente que *“transportan semillas y regeneran bosques”*. Es interesante mencionar que algunas personas identificaron a la comadreja como dispersora de semillas, aun cuando es una especie estrictamente carnívora, en contraste con los primates como el mico ardilla y el maicero que no fueron relacionados con este servicio, a pesar de ser unas de las especies relacionadas generalmente con el consumo de frutos.

Este reconocimiento de importancia se da igualmente en el caso del servicio ecosistémico del control de plagas y enfermedades (28%), que es fundamental para el manejo sostenible de los sistemas agrícolas, por lo que los agricultores mencionaron este servicio con especies como el fara (0,05) relacionado al consumo de insectos y a la comadreja por el consumo de ratones. Por su parte el hormiguero o mielero tuvo un bajo

reporte (0,05) aunque en conversación libre varias personas mencionaron que sabían que consumían hormigas, pero no lo relacionaron con este servicio ecosistémico. En cuanto al uso medicinal (0,3%) el armadillo fue la especie con mayor reporte de uso (0,11), el cual es relacionado con la “cura” de enfermedades como el asma, la anemia y el dolor de cabeza, reportado igualmente con este uso medicinal en estudios como el de Osbahr y Morales (2012) y Barbosa-Camargo (2020), mientras que en la descripción de usos de La Estrategia Nacional para la Prevención y Control del Tráfico Ilegal de Especies Silvestres (MADS, 2012) no menciona el medicinal por parte de las comunidades, sino como objeto de experimentación para la cura de la lepra.

Las siguientes especies como el fara (0,01) obtuvieron bajo número de reportes ($< 0,005$), la cual es una especie que ha sido reportada para el control de alergias. Esto concuerda con el estudio de Osbahr y Morales (2012), quienes además reportan el uso de la grasa del zorro para aliviar los dolores generales y la gastritis. Este uso material, que puede incluso evocar un uso simbólico, es uno de los elementos que debe ser tenido en cuenta para diseñar alternativas de manejo; consideraciones tanto de los valores culturales, como la presión que significa sobre las especies, son claves para proponer soluciones equilibradas de base local que puedan ser efectivamente aceptadas por las comunidades (Baptiste-Ballera *et al.* 2002).

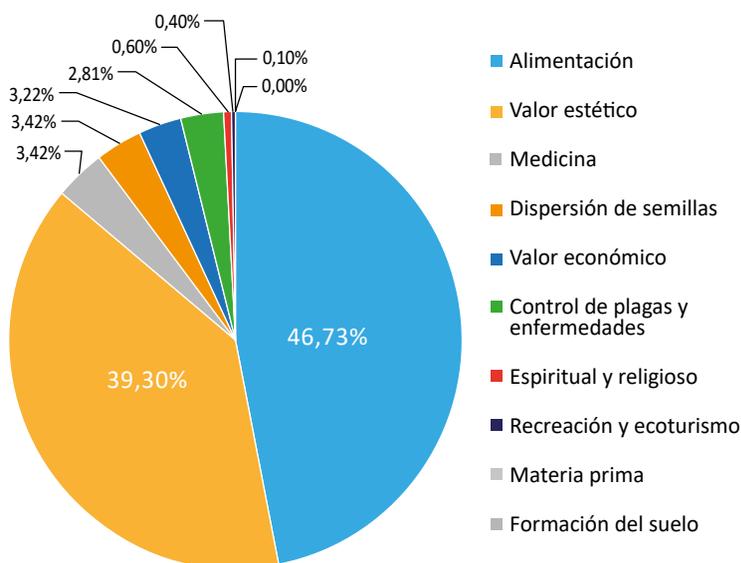


Figura 8. Proporción de reportes de uso por categoría general de las especies de mamíferos silvestres.

Por otra parte, el servicio indirecto de bienes de cambio como valor económico (Oviedo & Charvet, 1994) corresponde al 3% relacionado principalmente con la venta de animales silvestres como mascotas o carne, lo que concuerda igualmente con el estudio de Osbahr & Morales (2012), Suárez-Giorgi (2016) y Barbosa-Camargo (2020). En la región Andina, el valor económico que representan algunas especies está altamente relacionado con su comercialización tales como el conejo, la boruga, el armadillo y el ñeque, entre otros (Quiceno *et.al.* 2015). Sin embargo, este valor puede estar subestimado, ya que las personas suelen no mencionar con sinceridad su participación en la extracción y venta de animales silvestres, pues como mencionaron la mayoría de los participantes de este estudio y en el estudio de Barbosa-Camargo (2020), saben que esta práctica está prohibida en el país y regulada por los entes ambientales como la policía y las Corporaciones. Esto sustentado además con las proporciones y alta frecuencia de ingreso de fauna silvestre al Centro de Atención y Valoración de Fauna de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, tanto de aves como de mamíferos, los cuales se han mantenido relativamente constantes en reportes desde el 2008 hasta el 2018 (Barbosa-Camargo, 2020; Suárez-Giorgi, 2016).

A pesar de esto, la demanda regional de especies de mamíferos como primates, perezosos y ardillas como mascotas y conejos, guartinajas y armadillos para la venta de carne, conlleva a que se de cacería accidental o por encargo de foráneos que llegan a la zona o personas residentes generalmente del casco urbano. Esto corrobora lo expuesto por Baptiste-Ballera *et al.* (2002) referente a una importante frecuencia de aprovechamiento por parte de las poblaciones andinas, relacionado adicionalmente, con que esta es una de las regiones con mayor diversidad de especies debido a la variación latitudinal que permite una gran variedad de ecosistemas, por lo que se presenta una mayor oferta de especies raras.

El servicio ecosistémico de formación del suelo no obtuvo algún tipo de reporte, esto puede deberse a que este servicio no suele ser relacionado con fauna silvestre por las personas, por lo que al comentarles que la acción de cavar para hacer madrigueras por los armadillos, hozar para buscar alimento como artrópodos, anélidos o raíces en el caso del coati y el aporte de nutrientes por las heces de los animales silvestres, aporta al mejoramiento y creación del horizonte orgánico del suelo, reconocen que a veces no se valora lo que los animales hacen por desconocimiento o mencionan no saber esta información y que ahora verían a estos animales de una manera más positiva.

Adicionalmente, dentro de las personas entrevistadas, mencionaron que los animales silvestres “tienen un papel en el ambiente, un rol ecológico o que son importantes para el equilibrio de la naturaleza”, entre otras expresiones que reflejan el reconocimiento de bienestar o servicios ecosistémicos que perciben de estas (Figura 9).



Figura 9. Expresiones mencionadas por las personas entrevistadas, al referirse de la importancia de la fauna silvestre.

Por otra parte, existen percepciones de relaciones negativas o especies vistas como dañinas, principalmente por pérdida de cultivos o de animales de corral. Dentro de estas especies sobresalen la comadreja (*Neogale frenata*, Familia Mustelidae) o el fara (*Didelphis* sp. Familia Didelphidae) por el consumo de gallinas y la ardilla (*Syntheosciurus granatensis*, Orden Rodentia) por el consumo de cultivos como el maíz y los frutales (Tabla 2 y Figura 7). La percepción de conflicto por afectación a los sistemas productivos suele generarse por la pérdida económica o sentimiento de vulnerabilidad de la familia ante la presencia de una determinada especie silvestre. De acuerdo con Osbahr y Morales (2012) los Órdenes Rodentia y de las Familias Mustelidae y Didelphidae, son los que mayor conflicto o interacciones negativas que tienen con los humanos de la región de San Antonio del Tequendama, ya que son unos los grupos con mayor plasticidad a la intervención humana, permitiéndoles acercarse con mayor facilidad a los corrales o viviendas donde están las aves domésticas o, tener contacto con los humanos por lo que pueden ser consideradas como dañinas por comerse a las gallinas o como peligrosas, por su relación con la transmisión de enfermedades (Linares, 1976 y López-Arévalo *et al.* 2002).

Percepción sobre disminución de la fauna

Posteriormente se abordó la temática de la posible disminución o pérdida de especies en la zona, donde el 61% de personas entrevistadas perciben que ha disminuido la frecuencia de observación de por lo menos una de las especies de mamíferos relacionados, en los últimos 30 – 50 años, como en el caso del conejo silvestre (*Sylvilagus* sp.), el fara (*Didelphis* sp.), la ardilla roja (*Syntheosciurus granatensis*), el ñeque (*Dasyprocta punctata*), el armadillo (*Dasyopus* sp.), la guartinaja (*Dasyprocta punctata*), la guartinaja de montaña (*Cuniculus taczanowskii*) y el perezoso de tres uñas (*Bradypus variegatus*) (Tabla 2), lo que concuerda con algunas de las especies reportadas en el estudio de Osbahr & Morales (2012). Cabe resaltar que las personas mayores de cincuenta años que nacieron en la región son quienes reportaron la disminución de frecuencia de observación de más de cinco especies. La información proveniente de entrevistas puede llevar a subestimar o sobreestimar la riqueza y la abundancia de las especies, debido a la subjetividad de las perspectivas y realidad de cada entrevistado, que pueden variar con las estimaciones científicas (Fleck *et al.* 1999; Sánchez *et al.* 2004). Sin embargo, la información aportada por las personas que han habitado durante diferentes periodos en la región permite visualizar una posible dinámica poblacional histórica, de la fauna silvestre. Igualmente, permite identificar las especies que desde el punto de vista de las comunidades tienen una oportunidad para estructurar alternativas de conservación involucrando el conocimiento local.

La percepción de disminución poblacional permitió abrir la conversación sobre los posibles efectos que traería para el ambiente y para las comunidades locales el hecho de que una especie desapareciera, relacionado a sus respuestas de si se verían afectados ante la extinción local de algunas especies silvestres. El 100% de los entrevistados mencionó que tanto ellos como sus familias se verían afectados por la pérdida local de por lo menos una de las especies, principalmente porque reconocen la importancia y bienestar que les da contemplar a la mayoría de los animales silvestres.

Tabla 2. Reportes de percepción de Servicios Ecosistémicos (SE), Valor Económico (VE), Valor de Importancia por percepción de Beneficio (VIB) y percepción positiva y negativa de las especies de mamíferos evaluadas en el departamento de Cundinamarca.

#	Especie	Común	SE	VE	Positivo	VIB	Negativo	Disminución
1	<i>Sylvilagus</i> sp.	Conejo	7	1	167	0,84	2	70
2	<i>Didelphis</i> sp.	Fara	7	0	131	0,66	12	62
3	<i>Dasyops</i> sp.	Armadillo	6	1	133	0,67	2	45
4	<i>Syntheosciurus granatensis</i>	Ardilla roja	6	1	122	0,61	12	58
5	<i>Dasyprocta punctata</i>	Ñeque	5	1	115	0,58	8	52
6	<i>Cuniculus paca</i>	Borugo	4	1	68	0,34	2	33
7	<i>Neogale frenata</i>	Comadreja	6	0	47	0,24	16	38
8	<i>Cuniculus taczanowskii</i>	Borugo de montaña	3	1	47	0,24	0	26
9	<i>Bradypus variegatus</i>	Perezoso tres uñas	3	1	27	0,14	0	15
10	<i>Tamandua mexicana</i>	Hormiguero mielero	6	0	21	0,11	0	11
11	<i>Nasua nasua</i>	Coatí	5	1	22	0,11	0	5
12	<i>Cerdocyon thous</i>	Zorro perro	5	1	20	0,1	5	18
13	<i>Choloepus</i> sp.	Peresozo dos uñas	2	1	13	0,07	0	10
14	<i>Odocoileus</i> sp.	Venado cola blanca	4	1	12	0,06	0	5
15	<i>Saimiri sciureus</i>	Mico ardilla	2	0	6	0,03	0	2
16	<i>Ceandou</i> sp.	Puercoespín	2	0	6	0,03	1	1
17	<i>Procyon</i> sp.	Mapache	1	1	6	0,03	1	4
18	<i>Lontra longicaudis</i>	Nutria	2	0	5	0,03	0	3
19	<i>Mazama rufina</i>	Venado rojo	2	0	5	0,03	0	0
20	<i>Potos flavus</i>	Marta/Olinguito	3	0	4	0,02	0	3
21	<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	Gato de monte	1	0	3	0,02	1	2
22	<i>Tremarctos ornatus</i>	Oso Andino	1	0	3	0,02	0	2
23	<i>Myrmecophaga tridactyla</i>	Oso Palmero	2	0	3	0,02	0	3
24	<i>Leopardus tigrinus</i>	Tigrillo/Oncilla	1	1	4	0,02	0	2
25	<i>Sapajus apella</i>	Mico Maicero	2	0	2	0,01	0	1
26	<i>Conepatus semistriatus</i>	Mapuro	1	0	1	0,01	0	0
27	<i>Dicotyles tajacu</i>	Saino de collar	1	0	1	0,05	0	0
28	<i>Tayassu pecari</i>	Saino labio blanco	1	0	1	0,05	0	1
29	<i>Leopardus pardalis</i>	Ocelote	0	0	0	0	0	1
30	<i>Eira barbara</i>	Urón	0	0	0	0	0	0

En cuanto a las posibles causas de pérdida de hábitat y disminución poblacional de especies silvestres, los participantes mencionaron la cacería, la deforestación y la contaminación como unas de las principales afectaciones, seguido por las sequías, la quema y la depredación por otros animales (Figura 10). También se mencionaron el uso indiscriminado de químicos para la producción agropecuaria, el incremento de las áreas de urbanización, y el atropellamiento en carretera. Estas mismas

causan fueron reportadas en los trabajos de Osbahr & Morales (2012) y Barbosa-Camargo (2020), donde además se menciona la relación de la disminución de la frecuencia de observación de algunas especies, con que puedan tener cacería intensiva para el consumo y venta de su carne como el venado cola blanca o el armadillo u otras que pueden ser afectadas adicionalmente por cacería por retaliación, debido a que pueden afectar los sistemas productivos humanos por el consumo de algunos cultivos o de animales de corral.



Figura 10. Causas de afectación y pérdida de mamíferos silvestre expresadas por los participantes locales en el departamento de Cundinamarca.

Con respecto al conocimiento sobre cambio climático como causa de afectaciones hacia el ambiente, la fauna silvestre y los humanos, el 78% de las personas entrevistadas han escuchado acerca de este tema y el 87% han notado cambios en el clima, especialmente sequías y heladas en los últimos 30 y 50 años. Manifestaron que estos cambios los han afectado en la producción agrícola, al disminuir sus rendimientos productivos por pérdidas debido a sequías prolongadas o periodos de lluvias abundantes en un lapso corto de tiempo, cambiando sus fechas de siembra pues ahora no es claro cuándo deben sembrar o cosechar algunos productos agrícolas, además del aumento de pérdidas económicas debido a plagas y enfermedades (Fernández, 2013).

Algunos entrevistados dijeron que los animales silvestres también se están viendo afectados negativamente por los cambios del clima debido a la escasez de alimentos y de fuentes de agua, disminución de su hábitat, y deforestación. Según estudios realizados sobre el efecto del cambio climático en la biodiversidad de América Latina, se evidencia una afectación directa a nivel ecosistema, población e individuo

(Uribe, 2015). En este último, podría existir un efecto negativo en el desarrollo de los individuos, su fisiología y comportamiento, así como, su distribución y abundancia, causando una disminución en la oferta de servicios que proporcionan a los humanos (Uribe, 2015). Adicionalmente, para el caso de los mamíferos se reportan efectos negativos como la disminución en el acceso al agua, a la comida, reducción de su hábitat, generación o transmisión de enfermedades y cambios en su distribución y abundancia (McKelvey *et al.* 2013).

Lo anterior permite evidenciar las estrechas relaciones de causalidad que se dan en el entorno natural, donde las causas mencionadas anteriormente como la contaminación, cacería y deforestación afectan la fauna silvestre, al degradar su hábitat y disminuir el alimento disponible, por lo que esta situación obliga a los animales silvestres a desplazarse mayores distancias en busca de alimento y refugio. El aumento de la frontera agropecuaria aumenta la probabilidad de que durante dichos recorridos los animales silvestres tengan interacciones con animales domésticos o cultivos que son vistos como alimento disponible. De esta manera se pueden llegar a generar interacciones negativas por el consumo de los productos agrícolas o de animales de corral (Figura 11). Por lo tanto, las afectaciones en los hábitats por actividades antrópicas inadecuadas son la causa indirecta de las afectaciones a los sistemas productivos, los cuales además deben mejorar sus prácticas de producción para disminuir la vulnerabilidad de los animales domésticos o evitar eventos de consumo de productos agrícola y ahuyentar a los animales silvestres sin lastimarlos.



Figura 11. Relaciones entre las actividades humanas, la pérdida de hábitat y disminución poblacional y desencadenantes de consumo de cultivos o animales domésticos por parte de mamíferos silvestres en el departamento de Cundinamarca.

Adicionalmente, se indagó sobre la posibilidad de consumir carne de animales silvestres ante la escasez de proteína de animales domésticos, donde el 28% mencionaron que sí lo harían para complementar la dieta familiar, por otra parte, el 5% mencionó que tal vez lo haría, pero solo si fuese un periodo de escasez prolongada. Las personas que dijeron que no consumirían carne de animales silvestres (67%) argumentaron que nunca lo habían hecho y no les parecía un producto apetecible o que apreciaban a los animales y no podrían consumirlos, por lo que preferirían buscar alternativas diferentes o no consumir proteína animal. El 17% restante no sabe o no respondió esta pregunta.

Variación de la disponibilidad de servicios ecosistémicos en un ambiente cambiante

El promedio de los valores de servicios ecosistémicos y beneficios económicos de las especies indagadas por entrevista cambian en escenarios a 2050 y 2070 con respecto al 2021. Los resultados muestran un cambio en cada escenario de RCP, donde del año 2021 a 2050 y 2070 se cuenta con el 29% del valor económico con el que se reporta para el

escenario presente. Para el componente de servicios ecosistémicos el cambio observado evidencia que los RCP 2,6 y 8,5 entre el año 2050 y 2070 presentan el 30,6% de los valores encontrados para el 2021 (Figura 12).

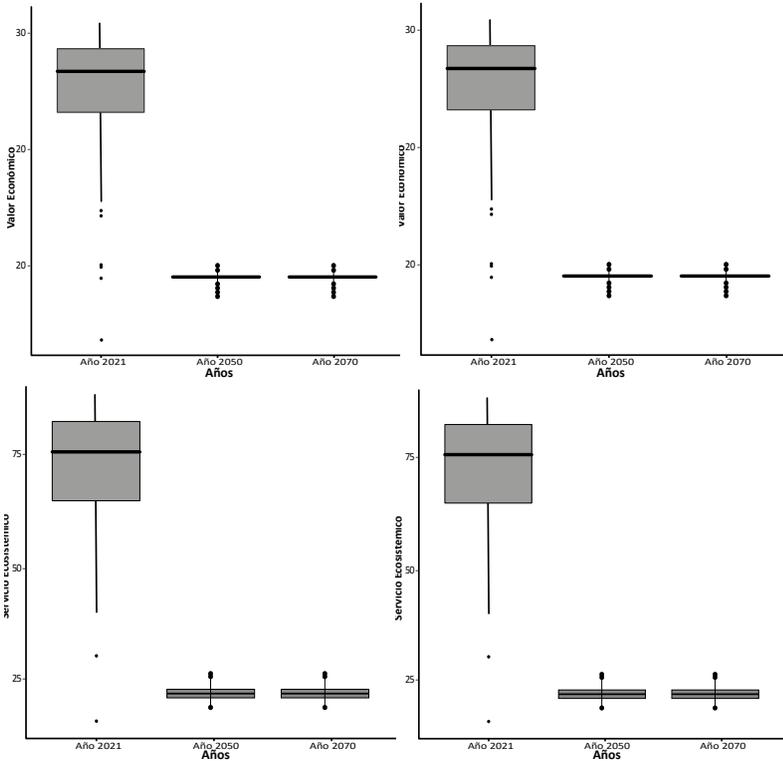


Figura 12. Relación de las medias de valores de servicios ecosistémicos y valor económico para los años 2021, 2050 y 2070 para los RCP 2,6 y 8,5.

De acuerdo con el análisis de regresión lineal para el componente de servicios ecosistémicos y el de valoración económica, existe una relación significativa de dependencia entre el escenario de cambio climático y el promedio de VE y SE de las especies en cada municipio, tanto para el RCP 2,6 como para el 8,5 según el GCM CCSM4 ($p= 1,94E-104$ y $p= 1,69E-014$, respectivamente); con un 95% de confianza. La relación entre el escenario de cambio climático y el promedio de VE y SE tiene una función de potencia, según un análisis inductivo de cuatro modelos ($R^2= 0,74$, para cada uno) y la relación entre las variables es inversa (valor de la pendiente negativa) por lo que a medida que aumenta el tiempo en años, la variable de valor económico disminuye en los municipios priorizados (Figura 13). Para las variables de servicios ecosistémicos y valor económico, el 74% de las variaciones de cada uno depende o se

explica por el cambio de año con sus respectivas variaciones climáticas (R^2). De esta manera, tanto los servicios ecosistémicos como el valor económico de las especies durante los siguientes 50 años (2070) podrá reducirse hasta un 1,7% anual.

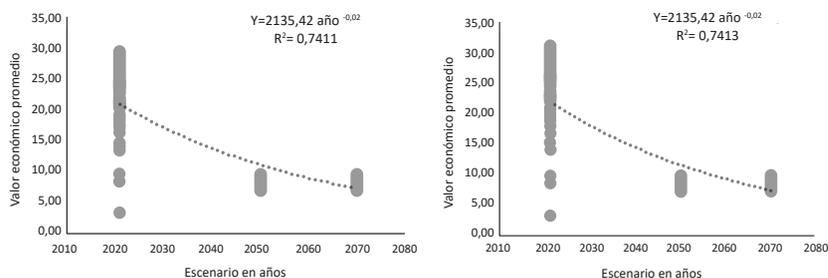


Figura 13. Análisis de regresión para las variables A) servicios ecosistémicos RCP 2,6 B) servicios ecosistémicos RCP 8,5. C) valor económico RCP 2,6 y D) valor económico RCP 8,5.

Para el componente de servicios ecosistémicos y el valor económico para el RCP 8,5 el análisis de regresión lineal muestra una relación significativa de dependencia entre el escenario de cambio climático y las dos variables reportadas para las especies en cada municipio ($p=1,03E-116$ y $p=1,42E-118$, respectivamente). La relación entre el escenario de cambio climático y el promedio de VE y SE tiene una función de potencia, según un análisis inductivo de cuatro modelos ($R^2=0,77$, para cada uno) y la relación entre las variables es inversa (valor de la pendiente negativa) por lo que a medida que aumenta el tiempo en años, la variable de valor económico disminuye en los municipios priorizados. Así, para las variables de servicios ecosistémicos y valor económico el 78% de las variaciones de cada uno depende o se explica por el cambio de año con sus respectivas variaciones climáticas (R^2) (Figura 13). De esta manera, se evidencia la pérdida de especies a 2070 y por lo tanto los servicios ecosistémicos y el valor económico que estas prestan y son percibidos por los pobladores.

El análisis múltiple de *Kruskal-Wallis* indicó que existen diferencias entre la distribución de las especies reportadas con percepción de servicios ecosistémicos entre el escenario actual (2021) y los dos escenarios futuros a 2050 y 200 dentro del RCP 2,6, al igual que para el RCP 8,5 ($p=1,09E-49$ y $p=1,10E-49$, respectivamente). Lo mismo ocurrió con el valor económico para el 2050 y 2070 en los dos escenarios de RCP 2,6 y 8,5 con respecto al escenario actual ($p=8,4E-49$ y $p=7,12E-49$, respectivamente).

El análisis de comparación entre medias de Bonferroni evidenció que existen diferencias entre el escenario de 2021 y los años 2050 y

2070. Para el valor económico en el escenario RCP 2,6 indicó que las diferencias significativas se encuentran entre el año 2021 y 2050 ($p= 1,53E-37$) y el 2021 y 2070 ($p= 1,73E-37$), sin diferencias significativas entre los años 2050 y 2070. Para esta misma variable en el escenario RCP 8,5 las diferencias se encontraron igualmente entre el año 2021 y 2050 ($p= 1,60E-37$) y el 2021 y 2070 ($p= 1,28E-37$) y, sin diferencias significativas entre los años 2050 y 2070 ($p=1$). Estas mismas diferencias se encontraron para el escenario RCP 2,6 y 8,5 del componente de servicios ecosistémicos (Tabla 3).

Tabla 3. Valores de p de Bonferroni para los años 2021, 2050 y 2070 en los escenarios RCP 2,6 y 8.5.

Comparación	VE RCP 2.6	VE RCP 8.5	SE RCP 2.6	SE RCP 8.5
Año 2021 - Año 2050	1,53E-37	1,60E-37	1,77E-38	4,84E-38
Año 2021 - Año 2070	1,73E-37	1,28E-37	6,91E-38	2,53E-38
Año 2050 - Año 2070	1	1	1	1

Lo anterior evidencia que el plazo máximo para tomar acciones concretas en la reducción de las causas del cambio climático son los próximos 20 años, considerados como la etapa de adaptación. De lo contrario, en el escenario RCP 2,6 a 2050 la pérdida de especies silvestres habrá sido tan drástica, que en adelante la fauna y sus servicios ecosistémicos serán muy poco resilientes. Sin embargo, debido a que el nivel de resiliencia de las especies está relacionado a la diversidad funcional de la flora y la fauna, que les permite tener capacidades de respuesta diferenciales al cambio (Lemus-Mejía, 2021), es necesario realizar acciones de restauración y reforestación ecológica en el departamento de Cundinamarca. El aumento de coberturas boscosas es un elemento clave para la disminución de la temperatura local, para la recuperación de hábitats, la renovación de especies (Norden, 2014), evitar la pérdida de nichos, y, garantizar la disponibilidad de los servicios ecosistémicos que mantienen la economía y la calidad de vida de los seres humanos (Baig *et al.*, 2015).

De esta manera, la relación de la importancia de los servicios ecosistémicos percibidos por los mamíferos en la regulación y mitigación de los efectos del cambio climático es bastante clara. La dispersión de semillas y polinización permiten aumentar la probabilidad de la regeneración natural boscosa, que a su vez permitirá regular la temperatura y los ciclos de lluvias y sequías, lo que evita la alteración de la disponibilidad de nutrientes en el suelo para nutrir a las plantas

y generar el flujo de energía a través de la red trófica (Lacher *et al.* 2019). El control poblacional realizado por los insectívoros, disminuye la posibilidad de que nuevas enfermedades emerjan debido al cambio climático, entre otros servicios.

Como mamíferos, los humanos hacemos parte de la solución para evitar la creciente afectación de la humanidad y de las otras especies, por lo que es fundamental implementar en la brevedad posible, acciones políticas, científicas y sociales que apunten a la recuperación de hábitats y su funcionalidad, evitando la pérdida de ecosistemas y la sobreexplotación de recursos. A nivel local es fundamental generar estrategias para el fortalecimiento de producciones limpias y responsables, con cadenas de valor fortalecidas que fomenten el consumo responsable y apoyo a los productores comprometidos. Incentivar el aumento de la cobertura boscosa para conservación y las producciones sostenibles como la agroforestería, prohibiendo y controlando la cacería en los predios privados y en las zonas de reserva.

Las comunidades participantes perciben diferentes tipos de servicios ecosistémicos directos o valores de cambio económico, provenientes de las especies de mamíferos silvestres presentes en Cundinamarca. Ante el riesgo de pérdida de especies de mamíferos por el cambio climático, la vulnerabilidad de las comunidades humanas se establece más allá del uso generalmente reportado de alimentación, ya que los servicios ecosistémicos de soporte, regulación, provisión y cultural, son reconocidos por los pobladores como parte de su bienestar. De igual manera, se evidencia la relación directa de dichos servicios ambientales con la mitigación de los efectos del cambio global, por lo que es fundamental generar estrategias complementarias a las ya existentes, que cubran y respondan a las necesidades y contexto local; además de implementar la vigentes enfocadas en la restauración de hábitats que permitan fortalecer la resiliencia de las especies y las comunidades humanas.

Referencias

- Arellano N.E., Sánchez, E. & Mosqueda, M.Á., (2012). Distribución y abundancia de la nutria neotropical (*Lontra longicaudis annectens*) en Tlacotalpan, Veracruz, México. *Acta zoológica mexicana*, 28 (2): 270-279. <https://doi.org/10.21829/azm.2012.282832>
- Baig, S. P., Rizvi, A., Josella, M., Palanca-Tan, R. (2015). "Cost and Benefits of Ecosystem Based Adaptation: The Case of the Philippines." Gland, Switzerland: IUCN. 8, 32pp. ISBN 978-2-8317-1778-4
- Baptiste-Ballera, L.G., Hernández-Pérez, S., Polanco-Ochoa, R., Quiceno-Mesa, M.P. (2002). La fauna silvestre colombiana: una historia económica y social de un proceso de marginalización. En: Ulloa, A. (ed.). *Rostros culturales de la fauna. Instituto Colombiano de Antropología e Historia, Fundación Natura*. 295-340 pp.
- Barbosa-Camargo, S.F. (2020). Características de las presiones de cacería y tráfico ilegal sobre mamíferos, aves y reptiles en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR. Tesis de pregrado. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de Ciencias básicas. Tunja, Colombia. 64pp.
- Bogoni, J.A., Péres, C.A. & Ferraz, K.M. (2020). Effects of mammal defaunation on natural ecosystem services and human wellbeing throughout the entire Neotropical realm. *Ecosystem Services*, 45, 101173. 11 pp. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101173>
- Castaño-Uribe C., González-Maya J. F., Zárrate-Charry D., Ange-Jaramillo C. y Vela-Vargas I. M. (Eds.). (2013). Plan de Conservación de Felinos del Caribe Colombiano: Los felinos y su papel en la planificación regional integral basada en especies clave. Santa Marta, Fundación Herencia Ambiental Caribe, ProCAT Colombia, The Sierra to Sea Institute. 225 pp. ISBN: 978-958-99685-2-9
- Contreras-Moreno, F. (2018). Análisis Del Conflicto Entre la fauna silvestre y productores rurales en dos comunidades de Balancán, Tabasco, México. *Agro Productividad*, 11(6), 51-59.
- DANE. (2014). Censo Nacional Agropecuario. 2014. Censo Nacional Agropecuario 2014. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-agropecuario-2014>
- DANE. (2018). Censo Nacional de Población y Vivienda. Demografía y población (dane.gov.co)
- Dirzo, R., Young, H.S., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N.J.B. & Collen, B. (2014). Defaunation in the Anthropocene. *Science*, 345(6195), 401–406. DOI: 10.1126/science.1251817

- Estrada-Portillo D.S., Rosas-Rosas O.C., Parra-Inzunza F., Guerrero-Rodríguez J.D., Tarango-Arámula L.A. (2018). Valor de uso, importancia cultural y percepciones sobre mamíferos silvestres medianos y grandes en la Mixteca Poblana. *Acta Zoológica Mexicana*, 34, 1-15. <https://doi.org/10.21829/azm.2018.3412131>
- Fernandez, J. (2013). El cambio climático: sus causas y efectos medioambientales. *Anales de la Real Academia de Medicina y Cirugía de Valladolid*, ISSN 0210-6523, 50: 71-98.
- Fleck, D.W., Voss, R.S., Patton, J.L. (1999). Biological basis of saki (*Pithecia*) folk species recognized by the Matsigenka Indians of Amazonian Perú. *Int. J. Primat.* 20:1005-1008.
- Flores, V., Valenzuela, D., Peña, J., López, X. (2020). Los Conflictos humano-fauna silvestre en México: revisión del estado actual y perspectivas. *Ecosistemas y recursos agropecuarios* 7(1) e2274. <https://doi.org/10.19136/era.a7nl.2274>.
- Gutiérrez, G., Granados, D.R., Piar, N. (2007). Interacciones humano-animal: características e implicaciones para el bienestar de los humanos. *Revista Colombiana de Psicología*, 16. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/psicologia/article/view/1013>
- IDEAM. (2021). Boletín Predicción climática. http://sgi.ideam.gov.co/fi/web/tiempo-y-clima/prediccion-climatica/-/document_library_display/ljPLJWRaQzCm/view/112700454
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLETERÍA. (2015). Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011- 2100 Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones – Enfoque Nacional – Departamental: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático.
- IPCC. (2014). Climate Change (2014). Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In: Core Writing Team, R.K.Pachauri and L.A.Meyer (eds.). IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- Lacher, T. E., Davidson, A. D., Fleming, T. H., Gómez-Ruiz, E. P., McCracken, G. F., Owen-Smith, N., Peres, C. A., y Vander Wall, S. B. (2019). The functional roles of mammals in ecosystems. *Journal of Mammalogy*, 100 (3): 942-964. doi:10.1093/jmammal/gyy183.
- Lemus-Mejía L. (2021). Diversidad funcional como herramienta para la planificación territorial ante escenarios de cambio climático: estudio de caso con mamíferos en Cundinamarca, Colombia. Tesis de maestría inédita. Maestría en Conservación y Uso de la Biodiversidad. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

- Linares, O.F. (1976). "Garden hunting" in the American tropics. *Human Ecol.* 4:331-349.
- Londoño-Betancourth, J.C. (2009). Valoración cultural del uso e importancia de la fauna silvestre en cautividad en tres barrios de Pereira (Risaralda). *Boletín científico Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 13(1), 33 – 46. ISSN 0123-3068.
- López-Arévalo, H.F.; Morales-Jiménez, A.L.; Matallan, C. (2002). Aproximación a los efectos de las actividades antrópicas sobre la fauna de vertebrados del páramo Colombiano. Durán, C.; Castaño, U. (Eds.). *Congreso Mundial Páramos*. Ed. Gente Nueva. p.465-479.
- McKelvey, K.S., Perry, R.W., Mills, L.S. (2013). Los efectos del cambio climático en los mamíferos. departamento de Agricultura de EE. UU., Servicio Forestal, Centro de Recursos sobre Cambio Climático. www.fs.usda.gov/ccrc/topics/wildlife/mammals
- MINCIT (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo). (2021). Perfiles económicos departamentales. Información: Perfiles Económicos Departamentales. mincit.gov.co
- Norden, N. (2014). Del Porqué La Regeneración Natural Es Tan Importante Para La Coexistencia De Especies En Los Bosques Tropicales. *Colombia Forestal Vol. 17(2)* 247 – 261. <http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2014.2.a08>
- Olarte-Zapata, D.M., González, L.A., Fuertes-Larrea J., González, B., Silva, E., Arellanos, A., Meo, S., de Jong W. (2003). Luz de América: comunidad y biodiversidad amazónica. CIFOR. Subur Printing, Indonesia. 99 DOI:10.17528/cifor/001372
- Osbahr, K. & Morales, N. (2012). Conocimiento local y usos de la fauna silvestre en el municipio de San Antonio del Tequendama (Cundinamarca, Colombia). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 15(1), 187-197. <https://doi.org/10.31910/rudca.v15.n1.2012.816>.
- Oviedo, G., Charvet, P.(1994). Áreas silvestres protegidas y comunidades locales en América Latina. Proyecto FAO/PNUMA sobre Manejo de Áreas silvestres, Áreas protegidas y Vida Silvestre en América Latina y el Caribe. Documento técnico número 17. 143pp.
- Phillips, O., Gentry, A. (1993). The useful plants of Tambopata, Perú: I. Statistical Hypothesis test with a new quantitative technique. *Soc. Econom. Bot.* 47(1), 15-32. <https://doi.org/10.1007/BF02862204>
- Plan Nacional de Desarrollo Cundinamarca (2020-2024). Tomado de: PLAN+DE+DESARROLLO+PLIEGOS1. <https://www.obsgestioneducativa.com/download/plan-de-desarrollo-departamental-cundinamarca-2020-2023/>

- Quiceno-M, M.P., van Vliet, N., Moreno, J. & Cruz-A.D. (2015). Diagnóstico sobre el comercio de carne de monte en las ciudades de Colombia. <https://doi.org/10.17528/cifor/005740>
- Rockström, J., Sachs, J., Öhman, M., y Schmidt- Traud, G. (2013). Sustainable development and planetary boundaries. Submitted to the High Level Panel on the Post-2015. Recuperado de <https://www.eesc.europa.eu/resources/docs/sustainable-development-and-planetary-boundaries.pdf>
- Rumiz, D.I. (2010). Roles ecológicos de los mamíferos medianos y grandes. En: *Distribución, ecología y conservación de los mamíferos medianos y grandes de Bolivia*, 53-73. Centro de Ecología Difusión, Fund. Simón Patiño. https://www.researchgate.net/publication/265380059_Roles_ecologicos_de_los_mamiferos_medianos_y_grandes
- Sánchez, F.; Sánchez-Palomino, P.; Cadena, A. (2004). Inventario de mamíferos en un bosque de los Andes Centrales de Colombia. *Caldasia*, 26(1), 291309.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2010). Recuperado de: <https://www.cbd.int/undb/media/factsheets/undb-factsheets-es-web.pdf>
- Suarez-Giorgi, C. (2016). Diagnóstico del Tráfico Ilegal de Fauna Silvestre en Jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR, departamentos de Cundinamarca y Boyacá, Colombia. Trabajo de grado especialización en Planeación Ambiental y Manejo Integral de los Recursos Naturales. Bogotá, Colombia. 48pp.
- Thomas E.L., Jr., Davidson A.D., Theodore H.F., Gómez-Ruiz E.P., McCracken G.F., Owen-Smith, N. Péres C.A., Vander-Wall S.B. (2019). The functional roles of mammals in ecosystems. *Journal of Mammalogy*, 100(3), 942–964. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyy183>
- Ulloa, A. (ed.). (2002). *Rostros culturales de la fauna. Las relaciones entre los humanos y los animales en el contexto colombiano*. Fundación Natura e Instituto colombiano de antropología e historia. Colombia. 343 pp.
- Uribe, E. (2015). *El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad de América Latina. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)*. Naciones Unidas. 85 pp.
- Velarde, S., Cruz, A. (2015). La fauna silvestre y su relación con el bienestar de tres comunidades de la reserva de la biosfera Sierra de Huautla, Morelos. *Etnobiología*, 13(1), 39-52. <https://doi.org/10.15381/rpb.v28i4.19921>

Vélez-Sosa, M. (2004). Diagnóstico del uso de la fauna silvestre en las veredas de Mundo Nuevo, El Manzano y La Jangana en la Reserva Forestal Protectora de los ríos Blanco y Negro en el municipio de La Calera (Cundinamarca-Colombia). pp. 330–335 in UNAP MEMORIAS: VI Congreso Internacional sobre Manejo de Fauna Silvestre en Amazonía y Latinoamérica. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos, Perú

Victorino, A. (comp.)(2012). Bosques para las personas: Memorias del Año Internacional de los Bosques 2011. Instituto de Investigación de Recurso Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, D.C., Colombia. 120 pp.



Los mamíferos son uno de los grupos taxonómicos de mayor importancia biológica, ecológica, cultural e incluso económica a nivel global, y en especial para la región tropical dado sus altos niveles de diversidad. A pesar de su importancia, su cercanía, e incluso, su afinidad evolutiva con los seres humanos, aún existen muchos vacíos sobre su conocimiento, y sobre su estado de conservación en el escenario actual de crisis ambiental global. El departamento de Cundinamarca es una de las entidades territoriales de mayor importancia económica y de desarrollo en Colombia, y a su vez, representa uno de los territorios con mayor diversidad de mamíferos y otros grupos biológicos a nivel nacional. En este volumen, evaluamos por primera vez el estado actual de los mamíferos del departamento de Cundinamarca, incluyendo su diversidad, su estado de conservación, su relación con las comunidades por medio de los valores de uso, y presentamos una aproximación al impacto potencial del cambio climático sobre este importante grupo biológico. Esperamos con este aporte contribuir al conocimiento del grupo, y proveer herramientas para la adecuada planificación de la conservación de este importante y biodiverso territorio. El presente volumen resume gran parte de los resultados del proyecto “Distribución histórica, actual y futura de mamíferos y sus relaciones e importancia sociocultural en el departamento de Cundinamarca: herramientas de planificación de conservación” desarrollado por la Corporación Universitaria Minuto de Dios y ProCAT Colombia, con financiamiento del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCiencias) de Colombia.



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios
Sede Bogotá Sur y Nuevas Regionales

Bogotá D.C. Calle 81 No.72B-70
Teléfono: +(57) 1 291 6520
www.uniminuto.edu.co