

Artículo original

Impacto del tráfico ilegal de mamíferos en Colombia con enfoque en los análisis de biodiversidad

Impact of illegal mammal trade in Colombia with a focus on biodiversity analyses

Edison D. Bonilla-Liberato^{1,*}, Tatiana E. Lozano-Suárez²,
Melissa F. Forero-Castellanos³, Edwin O. López-Delgado⁴

¹ Fort Lauderdale Research and Education Center, Institute of Food and Agricultural Science, University of Florida, Davie, Florida, United States of America

² Grupo de investigación para conservación y manejo de los recursos ambientales (NATURATU), Universidad de Ibagué, Ibagué, Colombia

³ Programa de Biología Ambiental, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Universidad de Ibagué, Ibagué, Colombia

⁴ Grupo de estudios en biodiversidad (GEBIO), Universidad Industrial de Santander-UIS, Bucaramanga, Colombia

Resumen

El tráfico ilegal de fauna silvestre es una problemática subestimada, lo que ha facilitado su persistencia y ha impedido la adopción de acciones para la conservación de grupos taxonómicos como el de los mamíferos, el cual constituye un desafío significativo dada su considerable diversidad en Colombia. Además, el desconocimiento sobre las especies y áreas del país más afectadas agrava la situación. En este sentido, el presente estudio responde a la necesidad de conocer la dinámica del tráfico ilegal de mamíferos, teniendo en cuenta los grupos taxonómicos más afectados y la forma en que varía la presión sobre estos taxones a nivel espacial. Para ello se hicieron análisis de diversidad a partir de los registros de incautaciones de las autoridades ambientales del país. Durante el periodo 2018-2022 se incautaron 1.584 individuos de 79 especies, distribuidas en 11 órdenes y 29 familias. Los primates y los roedores fueron los órdenes más confiscados. Se detectaron los puntos críticos de tráfico ilegal en ciertas regiones y departamentos del país y se encontró que la mayor diversidad de especies traficadas correspondía a los departamentos de la región Andina. Los datos revelaron subestimaciones en los registros de incautación, lo que sugiere que es aún mayor el número y variedad de mamíferos afectados. Se encontraron falencias en la manera en que se clasifica y reporta este tipo de información, lo que apunta a la necesidad de acciones coordinadas que permitan minimizar esos errores y establecer medidas de control más efectivas para disminuir el impacto sobre las poblaciones silvestres de mamíferos colombianos.

Palabras clave: Biodiversidad; Comercio ilegal; Conservación; Mamíferos; Tráfico.

Abstract

Illegal wildlife trade is a problem that has been underestimated and, thus, facilitated its persistence preventing the adoption of conservation actions to protect taxonomic groups such as mammals, which is a significant challenge given their considerable diversity in Colombia. Additionally, the lack of knowledge about the species and areas of the country most affected aggravates the situation. In this context, it is essential to understand the dynamics of illegal mammal trafficking, especially those taxonomic groups subject to the greatest pressure, and how it varies at a spatial level by using diversity analyses of the seizure records kept by Colombian environmental corporations and entities. From 2018 to 2022, the authorities seized 1,584 individuals from 79 species distributed in 11 orders and 29 families. Primates and rodents were the most confiscated orders. We identified critical points of illegal trafficking in certain regions and departments of the country, with the departments in the Andean region recording the greatest diversity of trafficked species. The data revealed underestimates

Citación: Bonilla-Liberato ED, *et al.* Impacto del tráfico ilegal de mamíferos en Colombia con enfoque en los análisis de biodiversidad. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 48(188):508-522, julio-septiembre de 2024. doi: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.2660>

Editor: Martha Patricia Ramírez

***Correspondencia:**

Edison D. Bonilla-Liberato;
bonillali.edison@ufl.edu

Recibido: 17 de junio de 2024

Aceptado: 17 de julio de 2024

Publicado en línea: 5 de agosto de 2024



Este artículo está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional

in seizure records, suggesting that an even greater number of mammals are affected. We found errors in the way the information is classified and reported, pointing to the need for coordinated actions to minimize them and establish more effective control measures to reduce the impact of illegal trafficking on wild populations of mammals in the country.

Keywords: Biodiversity; Illegal trade; Conservation; Mammals; Traffic.

Introducción

La funcionalidad y el desempeño de una gran variedad de ecosistemas se relacionan directamente con los mamíferos que los habitan y los roles ecológicos y funcionales que desempeñan en ellos (Krebs, 2020). Sin embargo, factores como el tráfico ilegal, el cambio climático, la pérdida de hábitat y la deforestación (estos últimos asociados con los cambios en el uso del suelo) están amenazando la supervivencia de este grupo taxonómico (Lacher *et al.*, 2019). La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) ha identificado más de 1.300 especies de estos taxones que se encuentran en alguna categoría de amenaza para su conservación (UICN, 2024), por lo que es crucial actuar para garantizar la supervivencia de las especies y, con ello, la salud de los ecosistemas (Bowyer *et al.*, 2019).

América es uno de los continentes con mayor diversidad de mamíferos en el mundo (Greenspoon *et al.*, 2023) y acoge la región con la mayor densidad y diversidad de especies del planeta, el Neotrópico, la cual abarca Centroamérica, Suramérica y el Caribe insular (Burgin *et al.*, 2018). En Suramérica sobresale Colombia, país que ocupa el quinto lugar en cuanto a la diversidad de este grupo taxonómico gracias a su elevada relación entre territorio y diversidad (Santini *et al.*, 2022).

En nuestro país hay reportes de 548 especies de mamíferos distribuidas por todo el territorio nacional; de estas, 70 están en alguna categoría de amenaza y 82 son objeto de tráfico ilegal (Ramírez-Chaves *et al.*, 2022). Aunque se tiene una aproximación de la cantidad de especies traficadas ilegalmente, se desconoce la cantidad de especímenes que son comercializados. Por otro lado, hay información sobre especies clave y sombrilla y hay programas de protección y conservación del jaguar, el puma, la danta y el oso de anteojos. De manera indirecta, estos programas contribuyen a mantener, proteger y conservar las poblaciones de mamíferos potencialmente afectadas por el tráfico de especies mediante las acciones que implementan (Racero-Casarrubia & Reyes-Cogollo, 2022).

El tráfico ilegal de especies abarca desde la captura de los individuos hasta su transporte, venta, mantenimiento o sacrificio. El tráfico tiene diversos fines, siendo uno de los más importantes el comercio de mascotas exóticas (Johnston, 2022;). Entre los mamíferos afectados por esta actividad ilícita a nivel mundial se encuentran animales carismáticos como osos, tigres, elefantes, primates y rinocerontes, pero muchas especies que no son tan carismáticas ni populares también se están viendo afectadas. Pese a que los mamíferos no son el grupo taxonómico más afectado en comparación con las aves y los reptiles, las medidas para evitar su tráfico son muy limitadas (Mozer & Prost, 2023).

Esta situación se repite en Colombia, lo que genera presión en las poblaciones de mamíferos debido a la inadecuada gestión y control del tráfico ilegal de especies en el país. El desconocimiento de esta problemática facilita su persistencia y ha impedido que se tomen acciones encaminadas a la conservación de este grupo taxonómico. En este contexto, se adelantaron análisis orientados a comprender la dinámica del tráfico ilegal de mamíferos a partir de los registros de incautaciones reportados en los últimos años por las autoridades ambientales del país. Nos propusimos analizar cuáles eran los grupos taxonómicos más afectados por esta actividad ilícita y cómo la diversidad de especies traficadas variaba a nivel espacial. Esperamos que los resultados obtenidos sirvan para una mejor comprensión de esta problemática y para el diseño de estrategias efectivas por parte de las autoridades pertinentes que ayuden a disminuir el número de especies e individuos que se trafican en el país.

Metodología

Área de estudio

Colombia se encuentra ubicado en el extremo noroccidental de Suramérica (**Figura 1**); tiene una superficie de 1.141.415 km², cuenta con costas en el océano Pacífico y el Atlántico y limita con Venezuela, Brasil, Panamá, Perú y Ecuador. El territorio colombiano se divide en seis regiones naturales: Insular, Caribe, Pacífico, Andina, Orinoquia y Amazonia, y su organización político-administrativa incluye 32 departamentos subdivididos en municipios. Cabe mencionar, que dada la baja cantidad de registros de la región insular, siendo estos del departamento de San Andrés, se decidió incluirlos dentro de la región caribe. Su localización en la franja ecuatorial influye significativamente en la distribución espaciotemporal de las variables climatológicas del país. Las características naturales excepcionales y complejas de Colombia han contribuido a que sea reconocido por su biodiversidad.

Obtención de la información

Se solicitó a la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá, al área metropolitana del Valle de Aburrá y a 33 corporaciones autónomas regionales del país la información sobre las incautaciones y entregas voluntarias ocurridas entre el 2011 y el 2022 (**Tabla 1S**, <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/2660/4381>), pero solo se tuvieron en cuenta los registros del 2018 al 2022 porque algunas corporaciones únicamente disponían de la información de este periodo. Los datos de Bogotá se analizaron separadamente, dada la relevancia que tiene la capital del país dentro de la dinámica del tráfico ilegal de especies (**Izquierdo-Páez, 2021**). En el caso de algunos registros que reportaban el peso total de carne encontrado, y no el número de individuos decomisados, el valor total se dividió por el peso promedio reportado para esas especies en el país, con el fin de obtener una aproximación que permitiera los análisis.

Asimismo, se consideraron solo los especímenes incautados, ya que las entregas voluntarias no reflejan completamente la dinámica real del problema por la falta de precisión sobre el departamento y el lugar exacto donde los individuos fueron entregados

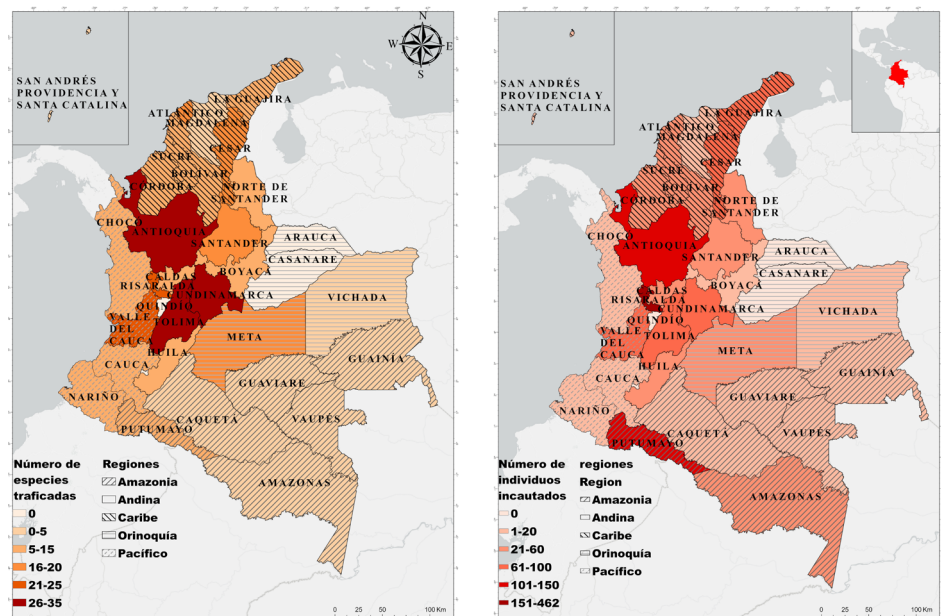


Figura 1. Mapa de Colombia que destaca los departamentos con mayor cantidad de especies y especímenes de mamíferos registradas en las incautaciones debido al tráfico ilegal entre 2018 y 2022. La codificación de colores refleja la cantidad de registros, lo que ofrece una visualización clara de los departamentos más afectados.

a las autoridades (**Lozano-Suárez et al.**, 2024). Además, parte de los registros podrían corresponder a otras categorías (por ej., rescates y hallazgos), y muchos responden a reportes de miembros de la comunidad que alertan e informan a las autoridades ambientales sobre la presencia de los animales, principalmente en áreas urbanas y residenciales, información que los funcionarios a veces reportan como entrega voluntaria, lo cual se traduce en falta de certeza sobre los datos y, por consiguiente, sesgo en su interpretación.

Se usaron las herramientas Name Parser y Species matching del Sistema Global de Información sobre Biodiversidad (<https://www.gbif.org/>) para detectar errores en la identificación de las especies reportadas y obtener la información taxonómica completa. Cabe resaltar que, pese a que la identificación de algunas especies incautadas pudo ser consecuencia de una mala determinación taxonómica por parte de las autoridades competentes, se tuvieron en cuenta la totalidad de taxones registrados, con el fin de no generar resultados sesgados a partir del criterio de los autores.

Para conocer la categoría de amenaza de las especies a nivel internacional y nacional, se consultó la base de datos de la lista roja de la UICN (<https://www.iucnredlist.org/>) y la resolución 126 del 2024 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. También se verificó si las especies reportadas se encontraban en alguno de los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres – CITES (<https://checklist.cites.org/#/en>).

Análisis de los datos

Una vez organizada la información por departamentos y regiones geográficas (**Figura 1**), se graficó la cantidad de individuos incautados en cada uno utilizando el programa estadístico R (**R Core Team**, 2021). Asimismo, se graficaron las abundancias obtenidas para los distintos órdenes, al igual que la cantidad de familias, géneros y especies, con el paquete ggplot2 (**Wickham**, 2016). Se calculó, además, la frecuencia relativa de incautaciones de cada especie dividiendo la cantidad de individuos por el total de reportes en cada departamento. Cabe recalcar que los registros de las regiones fueron una aproximación, ya que muchos no consignaban el municipio donde había ocurrido el hecho y algunos departamentos pertenecen a más de una región. Es por ello que se representan las regiones biogeográficas de Colombia teniendo en cuenta solo los límites departamentales.

Se analizó la representatividad de las especies reportadas en cada región usando los registros de cada año como una réplica y elaborando curvas de acumulación de especies con los modelos no paramétricos Chao 2, Jackknife del primer orden y Jackknife del segundo orden (**Moreno**, 2001) mediante el paquete EstimateS 9.1.0 (**Colwell**, 2019). Estos modelos solo tienen en cuenta la presencia o ausencia de las especies; con los modelos Chao 2 y Jackknife del segundo orden se estima la cantidad de especies esperadas en relación con el número de especies que aparecen en una y dos muestras (*singletons* y *dobletons*), a diferencia del Jackknife de primer orden, el cual tiene en cuenta solamente el número de *singletons* (**Villareal et al.**, 2004). El Chao 2 resulta óptimo para muestras pequeñas, en tanto que los estimadores Jackknife presentan un mejor desempeño con datos de muestreos incompletos (**Béguinot**, 2022).

Se evaluaron los números de **Hill** (1973), con el fin de conocer la variación de la diversidad de mamíferos a nivel departamental y regional. Se estimaron los órdenes q_0 (riqueza de especies), q_1 (exponencial del índice de Shannon – índice de diversidad) y q_2 (inverso del índice de Simpson – índice de dominancia relativa). Además, para comparar los ensamblajes de mamíferos presentes en cada departamento y región, se generaron curvas de acumulación con la rarefacción y extrapolación obtenidas para cada departamento y región (**Chao et al.**, 2014) utilizando la librería iNEXT (**Hsieh et al.**, 2024).

Para analizar la composición de mamíferos incautados en cada departamento y región, se ejecutó un escalamiento multidimensional no métrico (*non-metric multidimensional scaling*, nMDS) utilizando el coeficiente de similitud de Jaccard en la librería Vegan. Se escogió este análisis porque no se basa en la abundancia registrada de las distintas especies, sino en su presencia o ausencia, lo que disminuye el sesgo que puede generar la cantidad

de individuos reportados por cada autoridad ambiental. Las autoridades difieren en cuanto a la cantidad de recursos de que disponen y las estrategias de control del tráfico ilegal (Sollund, 2017), lo que repercute en la cantidad de individuos que logran incautar. También se identificaron las especies indicadoras utilizando el método de valor indicador (Dufrière & Legendre, 1997) y la librería labdsv (Roberts, 2023). Para determinar diferencias significativas en la comunidad y la composición de las especies de mamíferos en los departamentos y regiones, se aplicó un análisis de similitud (ANOSIM).

Por otro lado, los métodos tradicionales de análisis de la diversidad beta (β) suelen ser limitados porque solamente toman en cuenta la similitud o las medidas de distancia entre los ensamblajes bajo análisis y no dan cuenta detallada de su patrón de cambio (Calderón-Patrón & Moreno, 2019). Por ello utilizamos el paquete *etapart* (Baselga et al., 2023) para estimar el recambio (*turnover*) y el anidamiento (*nestedness*) entre los distintos ensamblajes presentes a nivel regional por medio del coeficiente de disimilitud de Jaccard. El recambio refleja cómo varía la composición de especies entre diferentes grupos, en tanto que el anidamiento se refiere a los conjuntos de especies que pueden ser subconjuntos de otros ensamblajes (Baselga, 2010).

Resultados

Entre 2018 y 2022 se incautaron 1.584 individuos pertenecientes a 11 órdenes, 29 familias, 51 géneros y 79 especies. Entre estas, *Didelphis marsupialis* (Zarigüeya-Chucha), *Pecari tajacu* (saino), *Cuniculus paca* (guagua-lapa), *Dasyopus novemcinctus* (armadillo nueve bandas), *Cebus albifrons* (mono capuchino), *Hydrochoerus hydrochaeris* (chigüiro), *Alouatta seniculus* (mono aullador), *Saguinus oedipus* (tití cabeciblanco), *Atelerix albiventris* (erizo) y *Sciurus granatensis* (ardilla de cola roja) fueron las especies con mayor número de reportes (Tabla 2S, <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/2660/4381>). Asimismo, estas especies presentaron las mayores frecuencias relativas en gran parte de los departamentos, con excepción de Bolívar, Chocó, Huila, Meta, Norte de Santander, San Andrés y Providencia y Vichada, donde sobresalieron las especies *Nasua nasua*, *Cebus leucocephalus*, *Dasyopus sabanicola* y *Odocoileus virginianus* (Tabla 3S, <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/2660/4381>).

El 30,38 % de las especies reportadas se encuentra en alguna categoría de amenaza de conservación a nivel internacional (vulnerable, en peligro y peligro crítico), y el 3,8 % de ellas tiene datos deficientes que han impedido determinar su estado actual. *Lagothrix lagothricha* aparece en dos categorías de amenaza (VU/CR), pues dos de sus subespecies (*Lagothrix lagothricha* ssp. *Lugens* y *Lagothrix lagothricha* ssp. *Lagothricha*) responden a estas categorías y no es posible determinar a cuál de ellas pertenecían los individuos incautados. El 31,65 % de las especies aparece en el listado oficial de la resolución 126 del 2024 relativa a especies silvestres amenazadas a nivel nacional. Además, el 53,16 % se encuentra en alguno de los apéndice de la CITES, sobre todo en el apéndice II, con el 31,65 % (Figura 2).

A nivel espacial, el departamento de Risaralda presenta la mayor cantidad de incautaciones (29,17 %), seguido de Antioquia (8,46 %), Putumayo (7,2 %), Valle del Cauca (4,99 %) y Tolima (4,55 %). Los departamentos restantes representan entre el 4,48 % y el 0,13 % de los registros (Figura 3a). En cuanto a la cantidad de órdenes, familias y especies, las regiones Andina y Caribe tuvieron la mayor representatividad, en tanto que la región Amazónica ocupó el último lugar (Figura 3b).

Se observó que el número de especies reportadas por año en la mayoría de las regiones no formó una asíntota (Figura 4), lo que indica que en dichas regiones no se incautan todas las especies de mamíferos que están siendo víctimas de tráfico ilegal (Figura 4), es decir, hay una subestimación en los registros. Asimismo, el porcentaje de especies estimadas presentó una amplia variación, aunque no se superó el 80 % (Tabla 4S, <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/2660/4381>). En todas las regiones el estimador Jackknife de segundo orden sobreestimó la cantidad de especies en comparación con los otros dos índices.

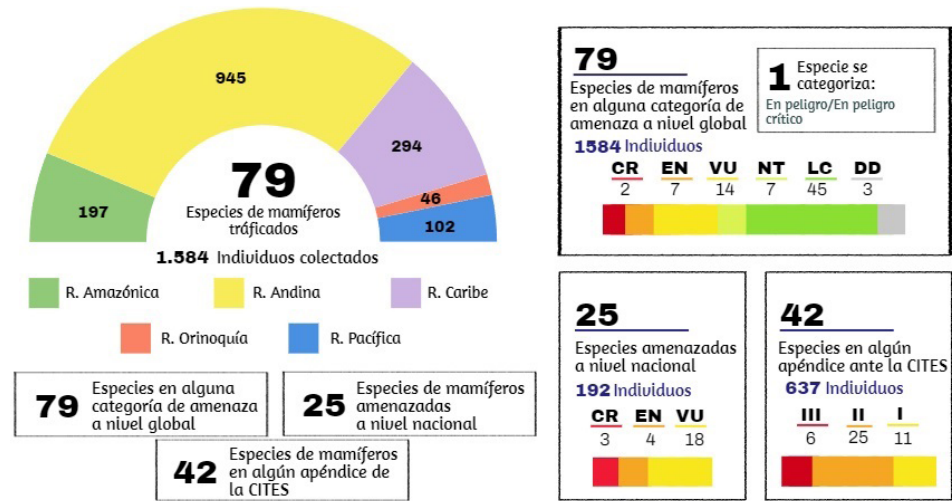


Figura 2. Resumen gráfico de la abundancia y riqueza de mamíferos traficados ilegalmente, su categoría de amenaza a nivel nacional e internacional, y especies de interés comercial presentes en los apéndices de la CITES

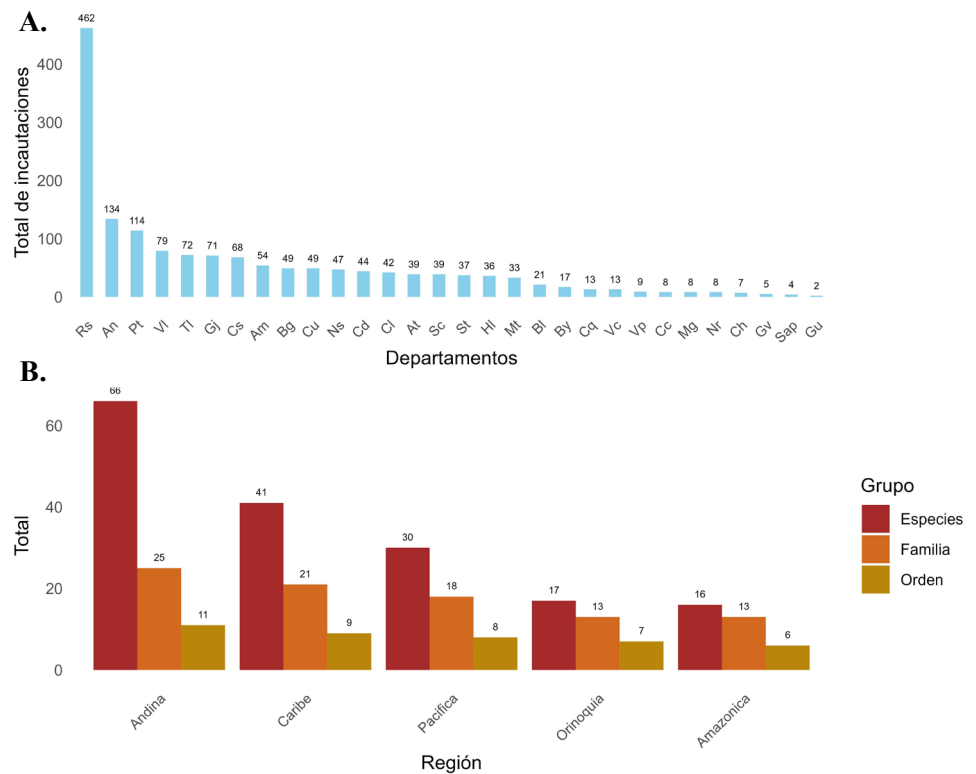


Figura 3. A) Total de incautaciones reportadas entre el 2018 y el 2022 en los departamentos del país (Amazonas: Am, Antioquia: An, Atlántico: At, Bogotá: Bg, Bolívar: Bl, Boyacá: By, Caldas: Cl, Caquetá: Cq, Cauca: Cc, Cesar: Cs, Chocó: Ch, Córdoba: Cd, Cundinamarca: Cu, Guainía: Gu, Guajira: Gj, Guaviare: Gv, Huila: Hl, Magdalena: Mg, Meta: Mt, Nariño: Nr, Norte de Santander: Ns, Putumayo: Pt, Risaralda: Rs, San Andrés y Providencia: Sap, Santander: St, Sucre: Sc, Tolima: Tl, Valle del Cauca: Vi, Vaupés: Vp, Vichada: Vc). **B)** Cantidad de órdenes, familias y especies incautadas en cada región de Colombia.

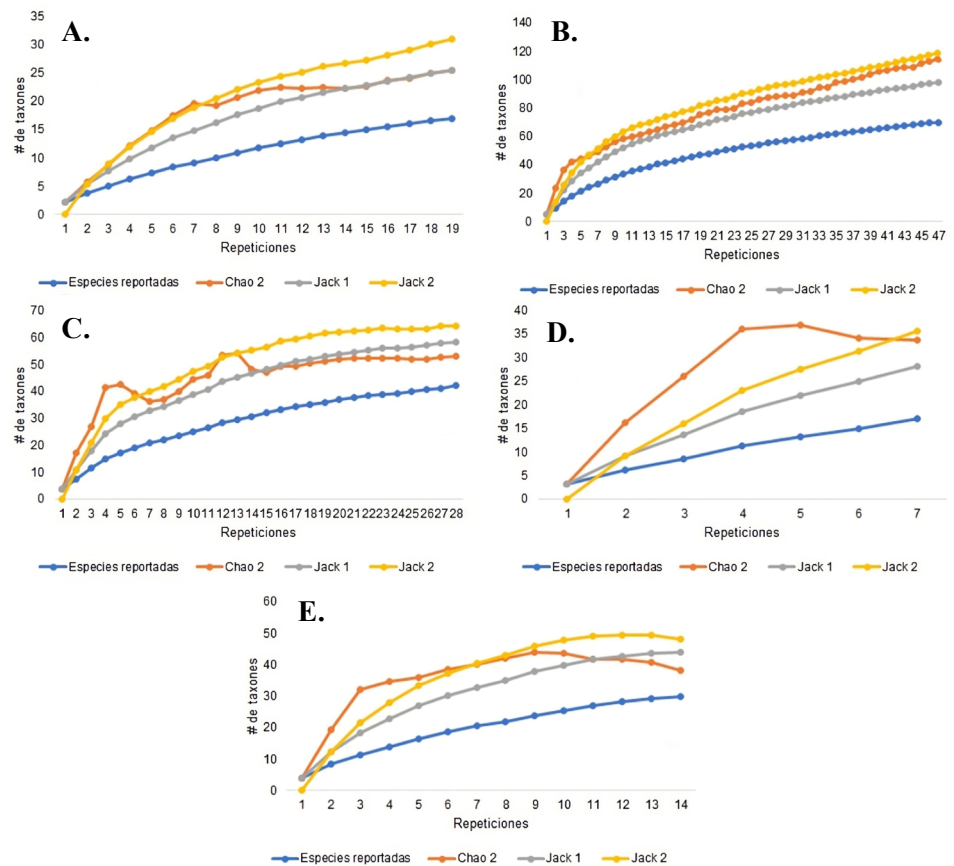


Figura 4. Curvas de acumulación generadas para las regiones de Amazonia (A), Andina (B), Caribe (C), Orinoquía (D) y Pacífico (E), donde # de taxones corresponde al número de especies, y las repeticiones hacen referencia a los registros reportados cada año por los departamentos de las diferentes regiones

A nivel departamental, Antioquia, Valle del Cauca y Atlántico registraron la mayor riqueza de especies (q_0) en el estudio, a diferencia de la región Amazónica, la cual registró el menor número de especies (**Figura 5a**). En cuanto a los órdenes de diversidad q_1 y q_2 , hubo mayor diversidad y menor dominancia relativa de especies traficadas en Atlántico y Antioquia. Por el contrario, Risaralda presentó una baja diversidad y una fuerte dominancia en sus registros. Dada la cantidad de departamentos analizados, fue difícil establecer diferencias significativas entre ellos.

A nivel regional se observaron diferencias entre las regiones Andina, Caribe y Pacífica y la Amazonia, siendo esta última la que menor riqueza presentó (**Figura 5b**). Según la q_1 , hubo una mayor diversidad de especies traficadas en las regiones Caribe y Pacífica que en las regiones Andina y Orinoquía. La menor diversidad de especies traficadas se observó en la región Amazónica. En cuanto al orden q_2 , se encontró una mayor dominancia en la Amazonia, seguida por la región Andina. La región Caribe presentó la menor dominancia relativa. En lo que se refiere al nMDS, se observó un solapamiento entre las regiones (**Figura 6**), pero no se observaron diferencias estadísticamente significativas en la composición de la comunidad de mamíferos entre las regiones evaluadas (ANOSIM, valor de $p < 0,05$).

Con relación a la diversidad β , la disimilitud fue baja (0,374), lo que sugiere que las regiones comparten un gran número de especies traficadas. La baja disimilitud observada se debe principalmente al recambio de especies (71,12 - 0,266 %), el cual fue mayor que

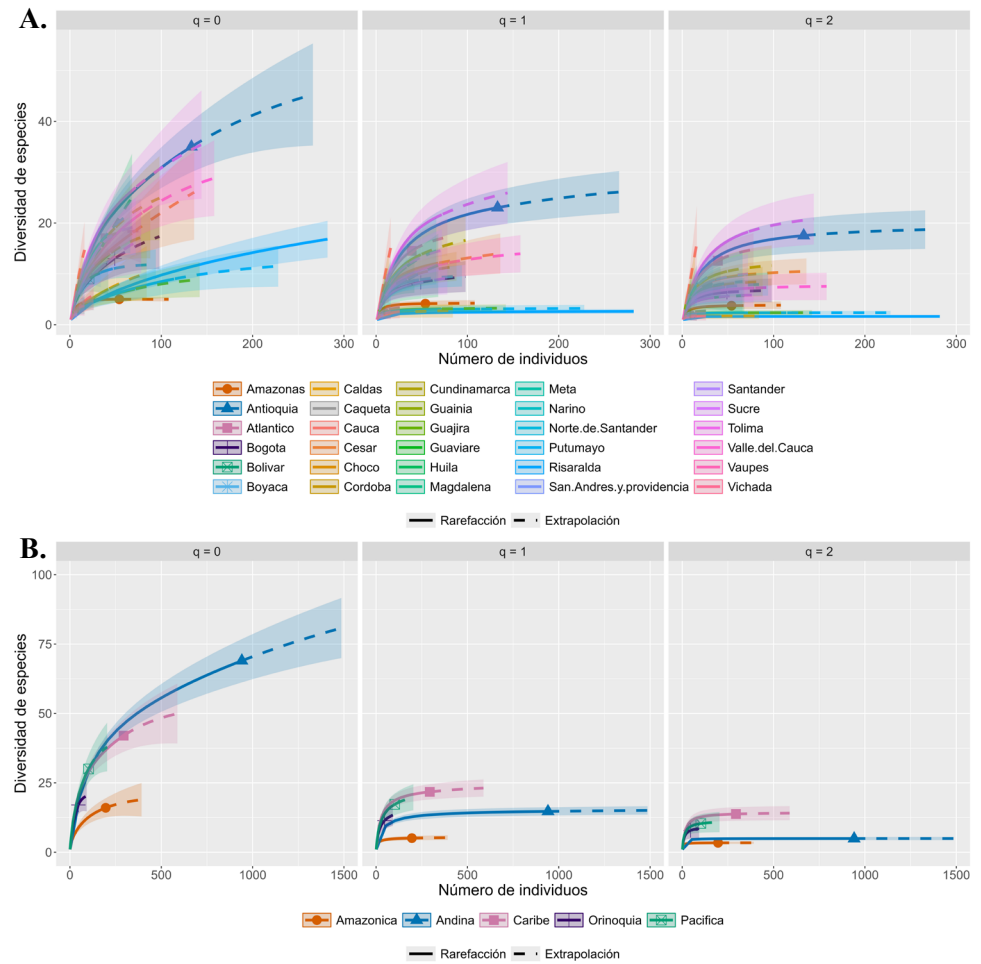


Figura 5. Diversidad de especies de mamíferos traficados en los departamentos (A) y regiones (B) del país. q_0 = riqueza de especies, q_1 = exponencial del índice de Shannon – índice de diversidad, q_2 = inverso del índice de Simpson – índice de dominancia relativa. Es de resaltar que a nivel departamental se limitó la gráfica en el eje X (número de individuos), con el fin de visualizar mejor las diferencias obtenidas

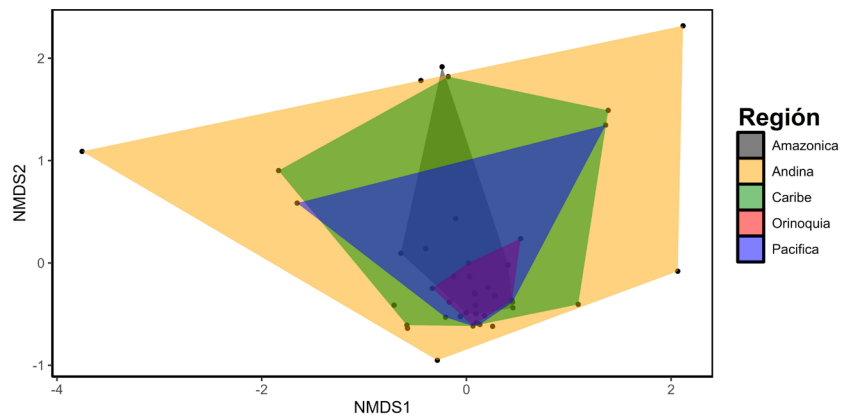


Figura 6. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de los distintos órdenes reportados en las regiones geográficas que conforman el país

el anidamiento (28,88 – 0,108 %). Esto se debe principalmente a que en algunas regiones aparecen nuevas especies traficadas, por ejemplo, las regiones Andina y Caribe reportaron las especies *Ateles belzebuth*, *Callithrix pygmaea*, *Caluromys lanatus*, *Hydrochoerus isthmius*, *Hystrix cristata*, entre otras.

Discusión

Los primates y roedores fueron los grupos más incautados entre el 2018 y el 2022 en el territorio nacional según los registros proporcionados por las autoridades ambientales. Estos grupos representan uno de los principales focos de interés para la comercialización ilegal, dada la facilidad con la que se compran y venden como mascotas y para el consumo (Cabrejo, 2010; López-Flores *et al.*, 2020; Crespo-Gascón *et al.*, 2022). Más de la mitad de los primates distribuidos en el país se encuentran en algún nivel de amenaza; se estima que en Colombia hay entre 30 y 34 especies de primates, de las cuales 21 están catalogados en peligro de extinción (Defler, 2013), y algunas otras en peligro crítico, según la UICN (IUCN, 2024). Estas cifras concuerdan con las de estudios llevados a cabo en varios departamentos del país (Izquierdo-Páez, 2021): Boyacá (Cabrejo, 2010; Suárez-Giorgi, 2016), Cundinamarca (Suárez-Giorgi, 2016), Bogotá D.C. (Ruiz-García *et al.*, 2020) y Amazonas (Patiño-Escobar, 2020), en los que se ha constatado que dichos órdenes de mamíferos, principalmente el de los primates, son los más afectados por el tráfico ilegal en Colombia.

El caso de los primates es preocupante, ya que Colombia está dentro de los diez países del mundo con mayor cantidad de especies traficadas y capturadas ilegalmente (Garber *et al.*, 2024). Además, se estima que para el final de este siglo, gran parte de las especies del mundo se extinguirán o ya habrán desaparecido (Estrada *et al.*, 2017), y el tráfico ilegal aparece como una de las causas de dicha situación (Garber *et al.*, 2024). Se sabe que la mayor demanda de estos especímenes se da para satisfacer el mercado de mascotas exóticas, pero también para la alimentación, la medicina tradicional y los estudios de investigación (Alves *et al.*, 2010; Badihi *et al.*, 2024), lo que evidencia la necesidad de buscar alternativas que garanticen su preservación en el país.

En Colombia varían espacialmente los propósitos por los cuales se trafican y capturan los primates, siendo sus usos como alimento y mascotas los más recurrentes (Link *et al.*, 2023; Valencia-Parra & De La Ossa, 2016; Gómez-Herrera *et al.*, 2023a). Llama la atención el caso de la Amazonia, departamento con una gran diversidad de especies de este orden (Hena-Díaz *et al.*, 2020). En el periodo analizado, específicamente en el 2021, solo se reportaron siete individuos de *Aotus nancymaae* y *Aotus vociferans*, especies que se comercializan ilegalmente para estudios biomédicos. Teniendo en cuenta la cantidad reportada en otros años, los siete individuos representarían alrededor del 1 % de especímenes traficados (Maldonado-Rodríguez, 2011). Debe recalarse, sin embargo, que en los últimos años se han buscado estrategias alternativas para cambiar la dinámica económica basada en la extracción por una de turismo sostenible (Maldonado & Waters, 2020), por lo que la cantidad reportada en el 2021 podría reflejar dichas estrategias, aunque el porcentaje de monos nocturnos traficados en el departamento sea mucho mayor al 1 %. Ello reflejaría la eficacia de este tipo de estrategias para la conservación de especies y constituiría una ruta a seguir para la conservación de otros primates en el país.

En el caso del orden Rodentia, la cantidad real de especímenes traficados puede ser mucho mayor si se tienen en cuenta dos aspectos: primero, el tráfico de especies ocurre en diferentes niveles de comercio que engloban desde los mercados locales hasta los internacionales (Sas-Rolfes *et al.*, 2019), y se ha evidenciado que géneros como *Cuniculus*, *Dasyprocta* e *Hydrochoerus* presentan una alta demanda y consumo en áreas rurales y pueblos pequeños (Valencia-Parra & De La Ossa, 2016; Hernández-Coronado, 2018; Gómez Herrera *et al.*, 2023a), donde la presencia de las autoridades ambientales y de control es limitada, lo que impide determinar la cantidad de especies que se comercializan en esos espacios y aplica para otros órdenes. En segundo lugar, Rodentia presentó la mayor

cantidad de registros (32) en los que se consignó solamente el peso de la carne incautada: 771,5 kg para *H. hydrochaeris* y 195,7 kg para *C. paca*, hecho que puede haber resultado en la subestimación de la cantidad real de especímenes traficados.

Se destaca que estos órdenes, junto con los taxones restantes, se reportaron principalmente en el departamento de Risaralda (29,17 %), seguido de Antioquia (8,46 %), lo cual coincide con lo encontrado en el marco de la Estrategia nacional para la prevención y control del tráfico ilegal de especies silvestres (**Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible**, 2022). Este fenómeno se atribuye a la gran demanda que se da allí para la comercialización de especímenes, así como a su posición estratégica como lugar de paso y extracción (**Izquierdo-Páez**, 2021), lo que la convierte en una de las principales rutas del tráfico ilegal de especies en el país (**Delgado-Serna**, 2018). Además, este departamento conecta con el Chocó, lo que facilita el transporte hacia el exterior (**Osorio Ramírez & Zuluaga Restrepo**, 2018). Es importante destacar que Risaralda constituye un centro de acopio y destino de muchas de las especies incautadas (**Arroyave**, 2015).

Pese a que en ambos departamentos se evidenció un alto número de especímenes incautados, Antioquia registró la mayor riqueza de taxones incautados. Este departamento se considera un nodo crucial de acopio de especies traficadas en Colombia (**Arroyave**, 2015; **Restrepo-Rodas & Pulgarín-Restrepo**, 2021), ya que hay evidencia de los fuertes flujos provenientes de Bolívar, Cesar, Sucre y otros departamentos de la costa Caribe. Además, es un centro intermediario y consumidor final de especies traficadas (**Izquierdo-Páez**, 2021; **Restrepo-Rodas & Pulgarín-Restrepo**, 2021). Por otra parte, cabe recalcar que la extensión de Risaralda equivale aproximadamente al 6,5 % del área de Antioquia y que, pese a que en este último departamento hay tres entidades ambientales más que en Risaralda, el control, la prevención y la mitigación del comercio ilegal de fauna silvestre son más limitados, lo que conllevaría una subestimación de la cantidad de especies e individuos que se comercializan en ese departamento.

Según nuestros análisis, en Bogotá D.C. no hay un tráfico ilegal de mamíferos que sea significativo. Sin embargo, varios autores afirman que esta ciudad también es uno de los principales destinos de las especies traficadas y un gran mercado de recepción y distribución, ya que funciona como un punto de conexión aérea y terrestre para destinos nacionales e internacionales (**Patiño-Escobar**, 2020; **Izquierdo-Páez**, 2021; **Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible**, 2022). Por ello es pertinente analizar la dinámica de las incautaciones de otros grupos taxonómicos para aclarar la relevancia de la capital del país en este sentido.

Por otro lado, la región Andina tuvo la mayor representatividad de especies, seguida de la región Caribe, con el mayor número y diversidad de especies incautadas en Colombia. Esta región, conjuntamente con la Amazonia (**Gómez-Herrera et al.**, 2023b), es una de las más estudiadas y más afectadas por el tráfico ilegal de fauna en el país (**Jiménez-Velandia**, 2021), lo que se explica por su posición geográfica en el centro del país, la confluencia de las tres cordilleras, y su variedad de pisos térmicos, lo que la convierte en la región de mayor riqueza faunística del país (**Baena Salazar et al.**, 2020; **Rangel-Ch**, 2015). Por el contrario, la región Caribe, a pesar de registrar la mayor diversidad de especies incautadas, es la zona menos estudiada y con menos información sobre el tráfico de especies (**Gómez-Herrera et al.**, 2023b).

Las curvas de acumulación evidenciaron una amplia variación en los porcentajes de especies; esto como resultado de varios factores: la subestimación de los registros por parte de las autoridades ambientales regionales a causa de la limitada capacidad institucional, y la gestión de las acciones de control, las cuales dependen de la disponibilidad de recursos y la inversión presupuestal (**Izquierdo-Páez**, 2021). También el tamaño de cada departamento y región puede influir en la cantidad de especímenes reportados, ya que en regiones como la Orinoquia y la Amazonia la gran extensión de los departamentos dificulta mucho más el control de las autoridades. Estos resultados sugieren que un número significativamente mayor de especies es objeto de tráfico ilegal y que los valores reportados no reflejan la verdadera magnitud de esta problemática, pues los informes proporcionados

por las autoridades ambientales no están unificados y no son uniformes (Arroyave, 2015; Cáceres-Martínez *et al.*, 2017; Patiño-Escobar, 2020). A pesar de que se estableció un formato para el reporte de esta información en el marco de la Estrategia nacional para la prevención y control del tráfico ilegal de especies (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022), la falta de cumplimiento de este estándar dificulta la toma de decisiones y el manejo de las especies después del decomiso (Cáceres-Martínez *et al.*, 2017). A ello se suma el desconocimiento de la forma de operar de las redes de tráfico de mamíferos en regiones y departamentos, lo cual supone un reto al momento de focalizar los esfuerzos en las posibles rutas de transporte y exige nuevos estudios sobre el rango de distribución y análisis genéticos en busca de las razones por las que ciertas poblaciones de especies se ven especialmente presionadas por esta actividad ilícita.

Asimismo, se evidenció una debilidad institucional que puede ser consecuencia de la limitada capacidad logística o presupuestaria de las entidades y de la poca prioridad que se le otorga al tema (Güiza-Suárez & Correa-Muñoz, 2020; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022), lo que se refleja en la falta de control y seguimiento en la recopilación de la información (Cáceres-Martínez *et al.*, 2017; Patiño-Escobar, 2020). Además, hay una inadecuada clasificación taxonómica de las especies incautadas debido a que algunos taxones son de difícil identificación o morfológicamente similares a los de otras especies (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022), como es el caso de la ardilla *Sciurus niger*, pero también a la falta de suficiente personal capacitado para llevar a cabo esta tarea (Güiza-Suárez & Correa-Muñoz, 2020). Debe aclararse que estas limitaciones pudieron sesgar de alguna manera los resultados obtenidos, ya que las abundancias reportadas pueden no reflejar la verdadera problemática de esta actividad ilícita, lo que demuestra la necesidad de aunar esfuerzos en la capacitación del personal encargado del control, la identificación y la recepción de fauna silvestre en las distintas entidades para así disminuir la imprecisión de los datos en futuros estudios.

Las imprecisiones desembocan en la subestimación del impacto real sobre las especies, lo que podría significar un aumento de la presión sobre algunas poblaciones de mamíferos, especialmente aquellas vulnerables a la extinción (Cáceres-Martínez *et al.*, 2017), y la consecuente amenaza a la biodiversidad del país (USAID, 2021). Un ejemplo de estas posibles imprecisiones se encuentra en los reportes de incautación del oso bezudo o perezoso *Melursus ursinus*, especie categorizada como vulnerable a nivel internacional y que se distribuye únicamente en tres países de Asia (Dharaiya *et al.*, 2020). Este úrsido, coloquialmente llamado oso perezoso, no guarda relación alguna con los perezosos del suborden de los folívoros, lo que podría indicar que la identificación del individuo no se basó en caracteres taxonómicos, sino más bien en características fácilmente confundibles, como podrían ser los nombres comunes o vernáculos.

Por otro lado, teniendo en cuenta el recambio y anidamiento de especies observados en la partición de la diversidad β , se esperaría un mayor anidamiento entre regiones cercanas, ya que una mayor cantidad de especies tendría similitudes al compartir características ecológicas, geográficas y climáticas. En este sentido, la región Andina sobresalió debido al papel relevante que tiene en el comercio de mamíferos traficados en el país, lo que se repite para otros grupos taxonómicos como los reptiles (Arroyave, 2015).

Dada la relevancia diferenciada de cada región del país en la red de tráfico ilegal de especies, resulta imperativo implementar medidas para mitigar y contrarrestar este fenómeno en un esfuerzo colaborativo entre las entidades ambientales y los organismos de control. De todas maneras, deben desarrollarse estrategias de control y prevención en todas las regiones y departamentos sin importar su rol específico dentro de esta red ilícita, pues todos tienen un impacto potencial en esta problemática y pueden afectar positiva o negativamente la conservación de las especies (Arroyave, 2015; Patiño-Escobar, 2020). También deben identificarse y entender la operación de las distintas redes de transporte ilegal de especies a nivel nacional e internacional, ya que se ha evidenciado que muchos mamíferos, por ejemplo, los félidos, son extraídos del país para suplir la demanda en otros países y continentes (Morcatty *et al.*, 2020).

Conclusión

El análisis del tráfico ilegal de mamíferos en Colombia entre el 2018 y el 2022 a partir de la información proporcionada por las autoridades ambientales nos permitió una aproximación a la dinámica actual de esta actividad en el país. De los 1.584 individuos incautados, la mayoría de incautaciones se registraron en el departamento de Risaralda, seguido de Antioquia y Putumayo. El 30,38 % de las especies incautadas a nivel nacional se encuentra dentro de alguna categoría de amenaza de conservación a nivel internacional y el 53,16 % está incluido en alguno de los apéndices de la CITES. Las regiones Andina y Caribe registraron la mayor diversidad de especies incautadas. La zarigüeya, junto con el saíno, la guagua y el armadillo de nueve bandas, han sido las especies más demandadas en el mercado. Estas cifras ponen en evidencia la situación del tráfico ilegal de mamíferos en Colombia y el riesgo que representa para la biodiversidad del país.

Es fundamental que las autoridades ambientales intensifiquen sus esfuerzos para controlar y disminuir el tráfico ilegal de mamíferos en el país, principalmente en aquellas zonas en que se facilita el transporte de especímenes hacia otras partes del país o hacia el exterior para su comercialización. Asimismo, es necesario implementar medidas no solo de vigilancia, sino también de educación, con el fin de promover la conservación y la protección de la biodiversidad, especialmente de aquellas especies amenazadas. Este estudio proporciona una base para promover la adopción de decisiones y el desarrollo de políticas efectivas y destaca la importancia de continuar evaluando y monitoreando la dinámica del tráfico ilegal de especies en Colombia. A partir de los resultados, se recomienda la elaboración de un formato único que permita caracterizar las especies incautadas y recolectadas, de modo que se puedan obtener datos precisos. La acción coordinada de las autoridades ambientales a nivel nacional es esencial para mejorar el control del tráfico ilegal de especies en el país.

Agradecimientos

A todas las autoridades ambientales de Colombia por su colaboración y por proporcionar la información necesaria para la realización de este estudio.

Contribución de los autores

E.D.B.L.: solicitud de información. E.D.B.L., T.E.L.Z y M.F.F.C: análisis de la información, discusión de los resultados y redacción del documento. E.O.L.D.: análisis y discusión de los resultados, coordinación de la redacción y revisión final del documento.

Conflicto de intereses

Declaramos que no existe ningún conflicto de intereses con relación a los resultados, el análisis y los objetivos de la investigación. No contamos con aportes financieros para el presente estudio, ni tenemos intereses comerciales o cualquier otro tipo de relación que pueda influir en la objetividad de los hallazgos presentados en este trabajo.

Referencias

- Alves, R., Souto, W., Barboza, R. (2010). Primates in traditional folk medicine: a world overview. *Mammal Review*, 40(2), 155-180.
- Arroyave, F. (2015). *El tráfico ilegal de reptiles en Colombia: una aplicación del análisis de redes a las relaciones ambientales* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Universidad Nacional. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/55854>
- Badihi, G., Nielsen, D., Garber, P., Gill, M., Jones-Engel, L., Maldonado, A., Dore, K., Danzy-Cramer, J., Lappan, S., Dolins, F., Sy, E., Fuentes, A., Nijman, V., Friis-Hanses, M. (2024). Perspectives on conservation impacts of the global primate trade. *International Journal of Primatology*. <https://doi.org/10.1007/s10764-024-00431-9>
- Baena-Salazar, D., Fuentes-Hernández, J., Pino-Reyes, L., Marín-Durán, S., Horta-Pérez, S., Fonseca-González, W. (2020). *Contexto Regional Andina*. Observatorio Regional ODS. <http://hdl.handle.net/1992/47782>

- Baselga, A.** (2010). Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 19(1), 134-143. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2009.00490.x>
- Baselga, A., Orme, D., Villeger, S., De Bortoli, J., Leprieur, F., Logez, M., Martínez, S., Martín, R., Gomez, C., Crujeiras, R., Henriques, R.** (2023). betapart: Partitioning Beta Diversity into Turnover and Nestedness Components. The comprehensive R Archive Network. <https://CRAN.R-project.org/package=betapart>.
- Béguinot, J.** (2022). A Universal Key to Rationally Select Which, Among Nonparametric Species Richness Estimators, Performs Best According to Each Particular Incomplete Sampling. *Annual Research & Review in Biology*, 37(4), 30-46. <https://doi.org/10.9734/arrb/2022/v37i430500>
- Bowyer, R., Boyce, M., Goheen, J., Rachlow, J.** (2019). Conservation of the world's mammals: Status, protected areas, community efforts, and hunting. *Journal of Mammalogy*, 100(3), 923-941. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyy180>
- Burgin, C., Colella, J., Kahn, P., Upham, N.** (2018). How many species of mammals are there? *Journal of Mammalogy*, 99(1), 1-14. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyx147>
- Cabrejo, A.** (2010). Tráfico y tenencia ilegal de fauna silvestre en el departamento de Boyacá. *Cultura Científica*, 8, 17-23. https://revista.jdc.edu.co/index.php/Cult_cient/article/view/231/252
- Cáceres-Martínez, C., Villamizar, M., Arias-Alzate, A.** (2017). Diagnóstico sobre el tráfico de fauna silvestre en el departamento de Norte de Santander, Colombia. *Revista Biodiversidad Neotropical*, 7(3), 189-199. <https://doi.org/10.18636/BIONEOTROPICAL.V7I3.652>
- Calderón-Patrón, J. & Moreno, C.** (2019). Diversidad beta basada en índices de disimilitud: Su partición en componentes de recambio y diferencias en riqueza. En Moreno C. (Ed.), *La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio* (pp. 203-222). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Libremex.
- Chao, A., Gotelli, N., Hsieh, T., Sander, E., Ma, K., Colwell, R., Ellison, A.** (2014). Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs*, 84(1), 45-67. <https://doi.org/10.1890/13-0133.1>
- Colwell, R.** (2019). *EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.1.0.* <https://osf.io/su57f/>
- Coronado, A.** (2018). Usos de fauna silvestre en el trapecio amazónico colombiano y aportes hacia su gestión integral en el departamento de Amazonas. *Folia Amazónica*, 27(2), 163-178. <https://doi.org/10.24841/fa.v27i2.434>
- Crespo-Gascón, S., Solórzano, C., Guerrero-Casado, J.** (2022). Tráfico nacional de fauna silvestre y especies amenazadas: Un estudio descriptivo en Manabí (Ecuador). *Revista de Ciencias de La Vida*, 35(1), 33-44. <https://doi.org/10.17163/LGR.N35.2022.03>
- Defler, T.** (2013). Aspectos sobre la Conservación de los Primates Colombianos: ¿Cuál es el futuro? En T. Defler, P. Stevenson, M. Bueno y D. Guzmán (Eds.), *Primates Colombianos en peligro de extinción* (pp. 2-21). Asociación Primatológica Colombiana.
- Delgado-Serna, V.** (2018). *Caracterización del uso de la fauna silvestre como mascota y las zonas con mayor tráfico en Pereira, Risaralda* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional Javeriano. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/36819>
- Dharaiya, N., Bargali, H.S., Sharp, T.** (2020). *Melursus ursinus* (amended version of 2016 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T13143A166519315. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-1.RLTS.T13143A166519315.en>
- Estrada, A., Garber, P., Rylands, A., Roos, C., Fernandez-Duque, E., Di Fiore, A., Nekaris, K., Nijman, V., Heymann, E., Lambert, J., Rovero, F., Barelli, C., Setchell, J., ... Li, B.** (2017). Impending extinction crisis of the world's primates: Why primates matter. *Science Advances*, 3(1), 26. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600946>
- Garber, P., Estrada, A., Shanee, S., Svensson, M., Arregoitia, L., Nijman, V., Shanee, N., Gouveia, S., Nekaris, K., Chaudhary, A., Bicca, J., Hansen, M. F.** (2024). Global wildlife trade and trafficking contribute to the world's nonhuman primate conservation crisis. *Frontiers in Conservation Science*, 5, 1400613. <https://doi.org/10.3389/fcosc.2024.1400613>
- Gómez-Herrera, R., García-Rico, C., Racero-Casarrubia, J.** (2023b). Comercio de carne de monte en el mercado urbano de Plato, Magdalena, Colombia. *Intropica: Revista Del Instituto de Investigaciones Tropicales*, 18(1), 107-112. <https://doi.org/10.21676/23897864.4563>
- Gómez-Herrera, R., Racero-Casarrubia, J., Ballesteros-Correa, J.** (2023a). Uso de fauna silvestre por comunidades campesinas en Plato, Magdalena, región caribe colombiana. *Acta Biológica Colombiana*, 28(1), 49-56. <https://doi.org/10.15446/abc.v28n1.94140>

- Greenspoon, L., Krieger, E., Sender, R., Rosenberg, Y., Bar-On, Y., Moran, U., Antman, T., Meiri, S., Roll, U., Noor, E., Milo, R.** (2023). The global biomass of wild mammals. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 120(10), e2204892120. <https://doi.org/10.1073/pnas.2204892120>
- Güiza-Suárez, L. & Correa-Muñoz, L.** (2020). Panorama de la deforestación y el tráfico de especies silvestres en Colombia: una mirada desde la experiencia de los funcionarios públicos. En L. Güiza, E. Suárez, y Salas & L. Correa (Eds.), *Herramientas para controlar los delitos contra la fauna y flora en Colombia* (pp. 3–48). Universidad del Rosario.
- Henao-Díaz, F., Stevenson, P., Carretero-Pinzón, X., Castillo-Ayala, C., Chacón-Pacheco, J., Deffer, T., García-Villalba, J., Guzmán Caro, D., Galvis Ramírez, N., Link, A., Maldonado, A., Moreno, M., Palacios, E., Rodríguez Rodríguez, A., Roncancio Duque, N., Soto Calderon, I., Soto, L., Valencia, L. M., Velásquez Tibatá, J., Olaya-Rodríguez, M., Cruz-Rodríguez, C., Noguera-Urbano, E.** (2020). *Atlas de la biodiversidad de Colombia. Primates*. 51 pp. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Hernández-Coronado, A.** (2018). Usos de fauna silvestre en el trapezio amazónico colombiano y aportes hacia su gestión integral en el departamento de Amazonas. *Folia Amazónica*, 27(2), 163-178.
- Hill, M. O.** (1973). Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54(2), 427-432. <https://doi.org/10.2307/1934352>
- Hsieh, T., Ma, K., Chao, A.** (2024). iNEXT: Interpolation and Extrapolation for Species Diversity. R package version 3.0.1. The Comprehensive R Archive Network. http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software_download/.
- IUCN.** (2024). IUCN Red List of Threatened Species. <https://www.iucnredlist.org/es/>
- Izquierdo-Páez, J.P.** (2021). *Caracterización de la dinámica del tráfico ilegal de fauna silvestre en Colombia y en el Distrito Capital entre los años 2005 y 2019* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Javeriana]. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/59462>
- Jiménez-Velandia, J.** (2021). *Evolución del tráfico y tenencia ilegal de fauna silvestre en la Región Andina Colombiana* [Tesis de tecnólogo, Unidades Tecnológicas de Santander]. Repositorio Institucional RI-UTS. <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/7834>
- Johnston, C. L.** (2022). ANIMAL TRAFFIC: Lively Capital in the Global Exotic Pet Trade. *Geographical Review*, 112(4), 611-613. <https://doi.org/10.1080/00167428.2021.1933774>
- Krebs, C.** (2020). Whither mammalian ecology? *Journal of Mammalogy*, 101(5), 1224-1230. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyaa072>
- Lacher, T., Davidson, A., Fleming, T., Gómez, E., McCracken, G., Owen-Smith, N., Peres, C., Vander, S.** (2019). The functional roles of mammals in ecosystems. *Journal of Mammalogy*, 100(3), 942-964. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyy183>
- Link, A., De Luna, A., Burbano, J.** (2013). Estado de conservación de uno de los primates más amenazados con la extinción: el mono araña café (*Ateles hybridus*). En T. Deffer, P. R. Stevenson, M. L. Bueno y D. Guzmán (Eds.) *Primates colombianos en Peligro de Extinción* (pp. 88-118). Asociación Primatológica Colombiana.
- López-Flores, M., García-Orduña, F., Palestino-Sánchez, R., Juárez-Portilla, C., Zepeda-Hernández, R., Rovirosa-Hernández, M.** (2020). Primates en cautiverio: uso en la ciencia, tráfico ilegal y consideraciones para su bienestar y conservación. *Divulgación de La Ciencia Educativa*, 3(5), 25-42. <http://educiencia.com/index.php/journal/article/download/65/48>
- Lozano-Suárez, T. E., Bonilla-Liberato, E. D., López-Delgado, E. O.** (2024). ¿Cómo ha evolucionado el tráfico ilegal de fauna en el Tolima? Análisis multitemporal de una amenaza para la biodiversidad. *Revista De La Academia Colombiana De Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 48(186), 94-108. <https://doi.org/10.18257/racecefyn.2223>
- Maldonado-Rodríguez, Á. M.** (2011). Tráfico de monos nocturnos *Aotus spp.* en la frontera entre Colombia, Perú y Brasil: Efectos sobre sus poblaciones silvestres y violación de las regulaciones internacionales de comercio de fauna estipuladas por CITES. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 35(135), 225-242.
- Maldonado, A. & Waters, S.** (2020). Ethnoprimatology of the Tikuna in the Southern Colombian Amazon. En B. Urbani y M. Lizarralde (Eds.) *Neotropical Ethnoprimatology* (pp. 89-107). Springer.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible** (2022). *Estrategia nacional para la prevención y control del tráfico ilegal de especies silvestres*. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Estrategia-Nacional-para-la-Prevención-y-Control-del-Tráfico-Ilegal-de-Esp.pdf>

- Morcatty, T., Bausch Macedo, J., Nekaris, K., Ni, Q., Durigan, C., Svensson, M., Nijman, V.** (2020). Illegal trade in wild cats and its link to Chinese-led development in Central and South America. *Conservation biology: The Journal of the Society for Conservation Biology*, 34(6), 1525-1535. <https://doi.org/10.1111/cobi.13498>
- Moreno, C.** (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T–Manuales y Tesis SEA. <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>
- Mozer, A. & Prost, S.** (2023). An introduction to illegal wildlife trade and its effects on biodiversity and society. *Forensic Science International: Animals and Environments*, 3, 100064. <https://doi.org/10.1016/j.fsiae.2023.100064>
- Osorio-Ramírez, M. & Zuluaga-Restrepo, N.** (2018). Implementación del artículo 164 de la Ley 1801 de 2016: incautación de fauna silvestre con ocasión al tráfico ilegal en el Departamento de Risaralda Colombia 2017. *Cuaderno de Investigaciones: Semilleros Andina*, 9(9), 142. <https://revia.areandina.edu.co/index.php/vbn/article/view/820/685>
- Patiño-Escobar, P. C.** (2020). *Tráfico ilegal de fauna silvestre en el sur de la Amazonia colombiana. Estrategias contextualizadas para su prevención y control* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional Javeriano. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/50990?locale-attribute=fr>
- R Core Team** (2021). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Racero-Casarrubia, J., & Reyes-Cogollo, K.** (2022). Mamíferos carismáticos emblemas de la conservación de Colombia. *Therya Ixmana*, 1(3), 111113. https://doi.org/10.12933/therya_ixmana-22-263.
- Ramírez-Chaves, H., Morales-Martínez, D., Rodríguez-Posada, M., Suárez-Castro, A.** (2022). Checklist of the mammals (Mammalia) of Colombia. *Mammalogy Notes*, 7(2), 253. <https://doi.org/10.47603/mano.v7n2.253>
- Restrepo-Rodas, D. C. & Pulgarín-Restrepo, P. C.** (2021). Dinámicas de los loros en cautiverio en Colombia: tráfico, mortalidad y liberación. *Ornitología Colombiana*, 16, 1-23. <https://asociacioncolombianadeornitologia.org/ojs/index.php/roc/article/view/373/390>
- Roberts, D.W.** (2023). labdsv: Ordination and Multivariate Analysis for Ecology. R package version 2.1-0, <<https://CRAN.R-project.org/package=labdsv>>.
- Ruiz, M., Leguizamón, N., Bello, A., Pinedo, M., Ortega, J., Jaramillo, M.** (2020). Determinación de los orígenes geográficos de los mamíferos silvestres decomisados por la Secretaría Distrital del Ambiente (SDA) en Bogotá (Colombia) mediante análisis moleculares durante 2017-2018. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 114, 111-136. <https://doi.org/10.29077/bol.114.e03>
- Santini, L., Benítez, A., Dormann, C., Huijbregts, M.** (2022). Population density estimates for terrestrial mammal species. *Global Ecology and Biogeography*, 31(5), 978-994. <https://doi.org/10.1111/geb.13476>
- Sas-Rolfes, M. 't, Challender, D. W., Hinsley, A., Veríssimo, D., Milner-Gulland, E. J.** (2019). Illegal wildlife trade: Scale, processes, and governance. *Annual Review of Environment and Resources*, 44(1), 201-228.
- Sollund, R.** (2017). The use and abuse of animals in wildlife trafficking in Colombia: Practices and injustice. En D. Rodríguez, H. Mol, A. Brisman y N. South (Eds.) *Environmental crime in Latin America: The theft of nature and the poisoning of the land* (pp. 215-243), Springer.
- Suárez-Giorgi, C. A.** (2016). *Diagnóstico del tráfico ilegal de fauna silvestre en jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), Departamentos de Cundinamarca y Boyacá, Colombia* [Tesis de especialización, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio UMNG. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/15235>
- IUCN.** (2024). Estadísticas de Resumen. IUCN Red List of Threatened Species. <https://www.iucnredlist.org/es/resources/summary-statistics>
- USAID.** (2021). *Tráfico ilícito de especies: Crimen organizado contra la vida silvestre*. <https://hdl.handle.net/20.500.14150/2743>
- Valencia-Parra, E. & De La Ossa, V. J.** (2016). Patrones de uso de fauna silvestre en el bajo río San Jorge, Sucre, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 8(s), 276-282. <https://doi.org/10.24188/recia.v8.n0.2016.382>
- Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M., Umaña A. M.** (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Wickham, H.** (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer. <https://ggplot2.tidyverse.org>.