

TRÁFICO ILEGAL DE ANFIBIOS COLOMBIANOS ENTRE 2018-2022: TENDENCIAS, ESPECIES AFECTADAS E IMPLICACIONES PARA LA CONSERVACIÓN

ILLEGAL TRAFFICKING OF COLOMBIAN AMPHIBIANS BETWEEN 2018-2022: TRENDS, AFFECTED SPECIES AND IMPLICATIONS FOR CONSERVATION

Marislayne Rojas-Trujillo^{1*}, Catalina Ortiz-Arias¹ & Edison D. Bonilla-Liberato²

¹Programa de Biología Ambiental, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Universidad de Ibagué, Tolima, Colombia.

²Fort Lauderdale Research and Education Center, Institute of Food and Agricultural Science, University of Florida, Davie, Florida, United States of America.

*Correspondence: 4220201007@estudiantesumbague.edu.co

Received: 2024-06-19. Accepted: 2024-12-03. Published: 2024-05-05.

Editor: Jenny Urbina, Colombia.

Abstract.— The illegal trafficking of wildlife is a major threat to amphibian conservation worldwide, with 41 % of amphibian species threatened, and 8.4 % involved in both legal and illegal trade. Colombia, which ranks second globally in amphibian diversity, faces significant information gaps that hinder understanding of which species are most impacted by illegal trade and extraction. To address this, data on voluntary surrenders and seizures from 2018 to 2022 were analyzed based on records from environmental authorities in the country. A total of 843 records were documented (40 voluntary surrenders, 718 seizures, and 85 cases without classification). The order Anura was the most trafficked, comprising 93.95% of reports, followed by Caudata (5.69%) and Gymnophiona (0.34 %). The most affected genera were *Oophaga* and *Xenopus*, accounting for 80.07 % of all reported individuals. Internationally (IUCN), 15 of these species are classified as Least Concern, while five are listed in a threat category (1 Near Threatened, 1 Vulnerable, and 3 Critically Endangered). Nationally, two species are Critically Endangered, and CITES Appendix II includes species such as *Oophaga histrionica*, *O. lehmanni*, *O. sylvatica*, *Ambystoma mexicanum*, and *Dendrobates truncatus*. Additionally, non-native species like *Aquarana catesbeiana*, *Xenopus laevis*, and *A. mexicanum* were reported, indicating importation of foreign species. The departments of Cundinamarca and Antioquia reported the highest number of cases. This information is essential to better understand the impact of illegal trafficking on Colombia's wildlife, supporting the development of targeted conservation, protection, and management measures for endangered species.

Keywords.— Anura, CITES, illegal possession, IUCN, wildlife trade.

Resumen.— El tráfico ilegal de especies silvestres es una práctica ilícita que a nivel mundial representa uno de los mayores peligros para la conservación de los anfibios. Puesto que el 41 % de sus especies se encuentran amenazadas, y el 8.4 % de estos anfibios son objeto de comercialización a nivel legal e ilegal. Colombia, ocupa el segundo puesto a nivel mundial por su diversidad de anfibios, sin embargo, presenta grandes vacíos de información que impiden determinar cuáles especies se están viendo afectadas por la extracción y comercialización ilegal. Por ello, se analizó el número de registros de entregas voluntarias e incautaciones entre los años 2018 y 2022 a partir de datos proporcionados por diferentes autoridades ambientales del país. Se reportaron 843 registros de anfibios (40 entregas voluntarias, 718 incautaciones y 85 sin clasificación). El orden Anura fue el grupo más traficado con un 93.95 %, seguido del orden Caudata (5.69 %) y, por último, el orden Gymnophiona (0.34 %). Los géneros más afectados fueron *Oophaga* y *Xenopus* con el 80.07 % de los individuos mencionados por las corporaciones. A nivel internacional (IUCN), 15 especies se encuentran en Preocupación Menor, y cinco se encuentran en alguna categoría de amenaza (Casi Amenazada: 1, Vulnerable: 1, y Peligro Crítico: 3). A nivel nacional, dos especies están en Peligro Crítico, y ante la CITES, las especies de género *Oophaga* (*O. histrionica*, *O. lehmanni* y *O. sylvatica*), *Ambystoma mexicanum* y *Dendrobates truncatus* se ubican en el apéndice II. Se encontró que en el país se importan especies de otros países, dado que se reportaron especies no nativas como *Aquarana catesbeiana*, *Xenopus laevis* y *A. mexicanum*. Los departamentos de Cundinamarca y Antioquia sobresalieron por la alta cantidad de registros. La información obtenida permite

conocer de mejor manera el impacto que está teniendo el tráfico ilegal de especies en el país, conocimiento necesario para plantear y desarrollar medidas de conservación, protección y manejo de especies amenazadas.

Palabras clave.— Anura, CITES, UICN, tenencia ilegal, tráfico de vida silvestre.

INTRODUCCIÓN

El tráfico ilegal de especies es una práctica criminal internacional que deteriora el recurso natural de los ecosistemas (Hughes, 2021; Rush et al., 2021), y genera daños y amenazas que están sujetas al bienestar animal e incluso a la extinción de especies (Phelps et al., 2016; Gore et al., 2021). Este tráfico, presenta distintos tipos de explotación, entre las que se destaca alimentación, decoración, uso medicinal, textil y cultural de la de fauna silvestre (Mellor et al., 2009; Izquierdo Páez, 2021; García Ramos & Pazmiño Zapata, 2024). América Latina es una de las regiones más afectadas por este tipo de actividad ilícita, ya que se estima que el 15 % de las incautaciones a nivel mundial se llevan a cabo en países de Latinoamérica (United Nations Office on Drugs and Crime-UNODC, 2016). Esta región presenta uno de los mayores depósitos de diversidad biológica en todo el mundo al poseer zonas tropicales y subtropicales, lo que la convierte en un reservorio de fauna y flora rentable para esta práctica delictiva (García Ramos & Pazmiño Zapata, 2024; Reuter et al., 2018).

Colombia es uno de los países con mayor diversidad biológica en el mundo debido a su localización geográfica y por sus condiciones topográficas y climáticas (Moreno et al., 2016). Sin embargo, por su diversidad biológica es un centro del tráfico ilegal de especies silvestres con fines comerciales (Pino Varón & Piedrahita Hincapié, 2023). Por ejemplo, este país ocupa el segundo puesto a nivel mundial por su diversidad de anfibios, y, entre 2005 a 2019 las autoridades ambientales del país reportaron 1,164 incautaciones de individuos de este grupo taxonómico (Izquierdo Páez, 2021). No obstante, estas cifras no reflejan el verdadero impacto sobre los anfibios del país (Baptiste et al., 2002; Mancera Rodríguez & Reyes García, 2008). Aunado a ello, los anfibios son el grupo de vertebrados más amenazados a nivel global, con el 41 % de sus especies amenazadas a nivel internacional (IUCN, 2023); y según los datos emitidos por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), el 8.4 % de estos anfibios que se encuentran en alguna categoría de amenaza son comercializados ilegalmente (Güiza Suárez et al., 2022).

En este contexto, conocer la situación en que se encuentran los anfibios en Colombia frente al tráfico ilegal de especies es un desafío debido a la carencia de información precisa y actualizada

(Corredor Londoño et al., 2010; Izquierdo Páez, 2021; Güiza Suárez et al., 2022). Es por esto, que, recopilando la información de incautaciones y entregas voluntarias de todo el país por parte de las autoridades ambientales, se analizó la situación que enfrentan los anfibios frente al delito de tráfico ilícito de fauna silvestre entre los años 2018 y 2022 en Colombia. Se analizaron las especies más afectadas y los departamentos más relevantes para su comercialización. Al mismo tiempo, se comparó en un rango de cuatro años la cantidad de registros reportados del país. Con este análisis se espera obtener un recurso técnico que sirva de insumo para las autoridades pertinentes con el fin de mejorar la comprensión de esta actividad ilícita, y con ello, permita el diseño de estrategias efectivas que apoyen la disminución en el número de especies e individuos que se trafican en el país.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

Colombia se localiza sobre la línea ecuatorial en la parte noroccidental de Suramérica, siendo este uno de los únicos países de esta parte del continente que cuenta con dos océanos; Pacífico y Atlántico. Se encuentra conformado por 32 departamentos y 6 regiones biogeográficas: Andina, Pacífico, Caribe, Insular, Amazonía y Oriental (Fig. 1). Siendo la región Andina la que presenta la mayor riqueza de anfibios, seguido por la Amazonia y el Pacífico (Galeano et al., 2006; Moreno et al., 2016). Todas las regiones se caracterizan por presentar características únicas en los ecosistemas gracias a su variada geografía y clima, lo que se refleja en la alta diversidad de fauna y flora (Arbeláez-Cortés, 2013; Rangel - Ch, 2015). Los cuales presentan una alta tasa de endemismo, por lo que se considera a Colombia como un hot-spot de biodiversidad a nivel mundial (Myers et al., 2000).

Obtención de datos

Los datos sobre tráfico ilegal de anfibios en Colombia—entiéndase el tráfico ilegal como el transporte, tenencia, comercialización y extracción de fauna silvestres sin la autorización pertinente por parte de las autoridades nacionales— fueron solicitados a todas de las corporaciones

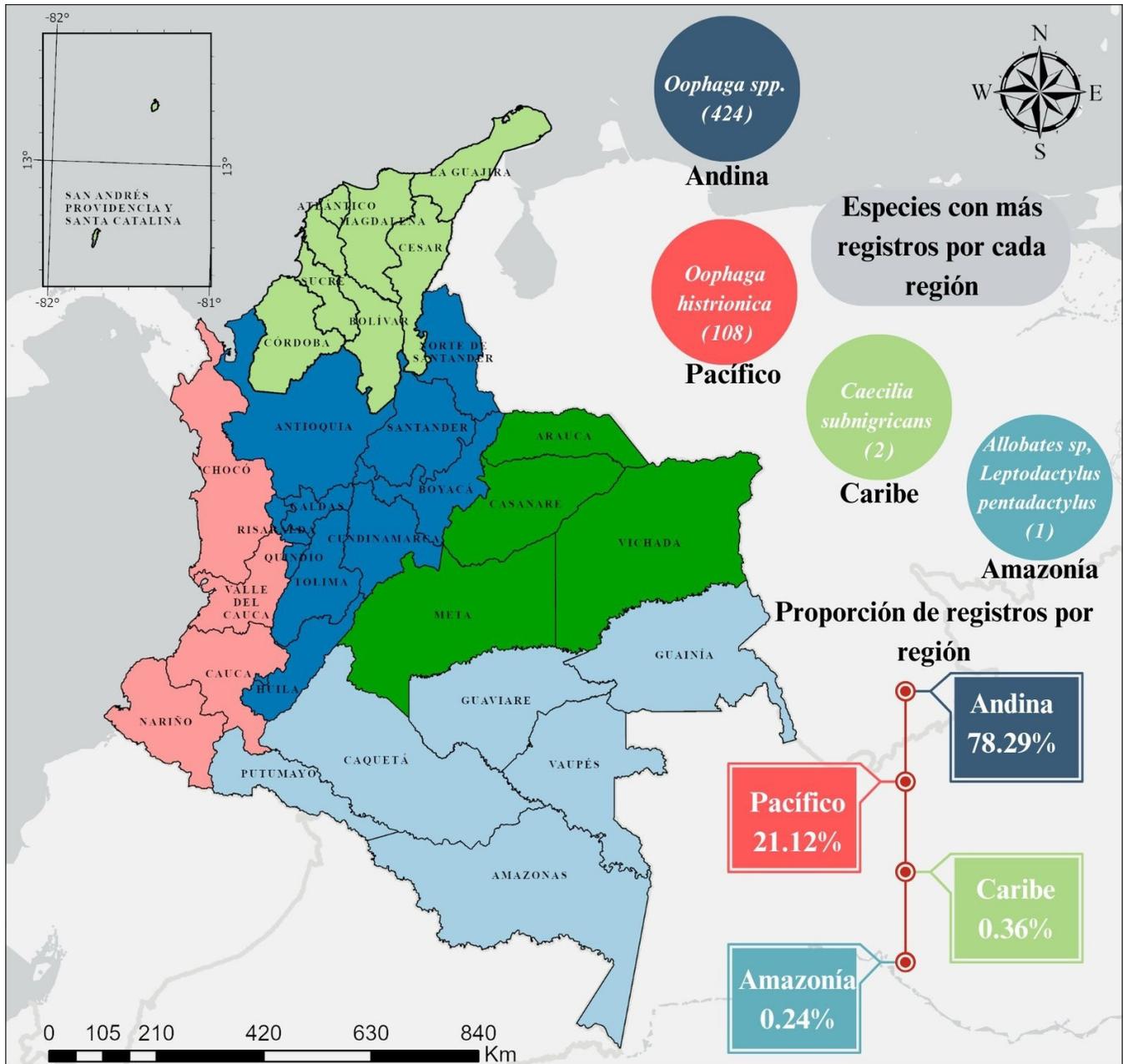


Figure 1. Map of the different departments that make up the country. The regions of the country with the greatest influence on the proportions of species records are highlighted.
Figura 1. Mapa de los distintos departamentos que conforman el país. Se destacan las regiones del país con mayor influencia de las proporciones de los registros de especies.

ambientales (33) del país y dos Distritos urbanos ambientales (Área Metropolitana del Valle de Aburrá y la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá). Dado que algunas corporaciones dispusieron de registros a partir del 2018, solo se analizó la información comprendida entre el 2018 al 2022. Los datos suministrados contenían información relacionada con la año, departamento y municipio del registro, clasificación taxonómica, cantidad de anfibios y tipo de registro en la cual fue clasificado

el reporte (entrega voluntaria e incautación). La categoría de entrega voluntaria puede presentar una alta incertidumbre relacionada a la correcta categorización del hecho, lugar donde el individuo fue colectado y recuperado por las autoridades (Izquierdo Páez, 2021; Güiza Suárez et al., 2022; Lozano-Suárez et al., 2024). No obstante, se tuvo en cuenta ya que esta podría subestimar el impacto real del tráfico ilegal a nivel nacional.



Clasificación taxonómica

Con el fin de corroborar y actualizar la clasificación taxonómica de cada anfibio reportado, se utilizaron las herramientas 'Name Parser' y 'Species matching' de GBIF (<https://www.gbif.org/>). Cabe mencionar, cinco anfibios solo fueron identificados hasta el nivel de orden (Anura), y, 480 individuos fueron clasificados hasta el nivel de género, siendo estos *Allobates* (1), *Boana* (5), *Caecilia* (1), *Eleutherodactylus* (2) y *Oophaga* (480), estos organismos se contaron como un taxón más debido a la incertidumbre sobre su clasificación taxonómica. Así mismo, se corroboró cuáles de los taxones reportados no son nativos del país por medio del listado de anfibios del país (Acosta-Galvis, 2023).

Posteriormente, a cada especie se le consultó la categoría de amenaza a nivel internacional, consultando la base de datos de la Unión Internacional para la conservación de la Naturaleza-UICN (<https://www.iucnredlist.org/>), la cual proporciona una lista exhaustiva de especies amenazadas a nivel global. Se revisó la resolución 126 del 2024 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, que identifica las especies amenazadas dentro del país (MADS, 2024). Además, examinó el listado de especies presentes en los diferentes apéndices generados por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres - CITES (<https://checklist.cites.org/#/en>).

Análisis de Datos

Todos los análisis estadísticos se realizaron usando el programa estadístico R (R Core Team, 2021) y se manejó como criterio de significancia un p-value de 0.05. La representación gráfica de los resultados se realizó por medio de la librería ggplot2 (Wickham, 2016). Se evaluó la normalidad y la homogeneidad de varianzas de los datos por medio de la prueba de Shapiro-Wilk y el test de Levene. Posteriormente, para determinar si había diferencias significativas entre la cantidad de registros reportados en los diferentes años analizados, por medio de la librería ggstatsplot (Patil, 2021) se ejecutó la prueba de Kruskal-Wallis y el test de Dunn, como prueba post hoc.

Análisis espacial

Se usó el programa ArcGIS pro versión 3.2.2 (ESRI, 2023) para la representación espacial de los datos a nivel nacional. Con el fin de determinar si la cantidad de reportes presentaban autocorrelación espacial, la cual se relaciona con la forma y tipo de distribución de los registros a una escala geográfica (Goodchild, 1986; Siabato & Guzmán-Manrique, 2019), se aplicó el

análisis de Moran, el cual facilita la identificación de la presencia y la dirección de la autocorrelación espacial en una escala general (Moran, 1948). Y se seleccionó "Contiguity Edges Only" como el método de conceptualización de relaciones espaciales elegido, ya que se ha hipotetizado que las rutas del tráfico de anfibio involucran departamentos colindantes (Güiza Suárez et al., 2022).

RESULTADOS

Durante el 2018-2022 las corporaciones del país reportaron 843 registros de anfibios (entregas voluntarias 4.74 %, incautaciones 85.18 % y no informan su clasificación 10.08 %) pertenecientes a 3 órdenes, 17 géneros y 26 especies (f1). El 93.48 % de los individuos, así como la mayor cantidad de familias, géneros y especies que se vieron afectadas por el comercio ilegal pertenecieron al orden Anura (Fig. 2a), siendo las especies *Oophaga histrionica* (13.17 %), *Xenopus laevis* (10.44 %) y *Dendropsophus molitor* (6.52 %) las especies con mayor cantidad de reportes (13.17 %). El orden Caudata solo conto con *Ambystoma mexicanum* (6.17 %). En tercer lugar, se encontró el orden Gymnophiona con el 0.36 % de los datos. *Oophaga* y *Xenopus* representaron el 80.07 % de los géneros mencionados por las corporaciones (Fig. 2b). El resto, solo comprendieron entre el 6.52 % y 0.12 % de los registros.

A nivel internacional, la IUCN reporta 15 especies en Preocupación Menor, una Casi Amenazada (*Oophaga sylvatica*), una Vulnerable (*Gastrotheca bufona*) y tres en Peligro Crítico (*A. mexicanum*, *O. histrionica* y *O. lehmanni*). A nivel nacional, *O. histrionica* y *O. lehmanni* están en Peligro Crítico. Ante la CITES, todas las especies de género *Oophaga* (*O. sylvatica*, *O. histrionica* y *O. lehmanni*) junto a *A. mexicanum* y *Dendrobates truncatus* se ubican en el apéndice II (Tabla 1). En relación con el rango de distribución, se reportaron cuatro especies que no son nativas en el país, de estas, *X. laevis* es originaria del sur de África, seguido por *A. mexicanum*, especie cuyo rango de distribución se limita a una pequeña área en México. La otra especie, *Aquarana catesbeiana*— 0.24 %, se distribuye en el noreste de México y Estados Unidos.

Por otro lado, el promedio de reportes a nivel anual fue de 168.6 ± 170 . En el 2018 y el 2019 se registraron la mayor cantidad de individuos (59.67 % y 16.01 % respectivamente). El 2021 (7.12 %) y 2022 (5.58 %) obtuvieron los más bajos porcentajes de representatividad. No obstante, pese a la disparidad de los reportes anuales, no se observaron diferencias significativas al tener en cuenta todas las categorías (Fig. 3). Respecto a las entregas voluntarias, el 2018 presentó la mayor cantidad de datos (35 %), el resto de los años presentaron entre el 15 % y el

17.5 %. A nivel de incautaciones, el 78.91 % fueron reportados en los primeros dos años estudiados (2018-16.85 % y 2019-62.12 %). Entre el 2020 y 2022 se observó una disminución de registros de incautaciones, que pasó del 12.53 % al 2.92 %. Así mismo, tanto las entregas voluntarias como las incautaciones no presentaron diferencias significativas ($p\text{-value} > 0.05$).

A nivel espacial, 12 de los 32 departamentos del país presentaron reportes de incautaciones y entregas voluntarias (Fig. 4), siendo Cundinamarca (62.75 %), Chocó (12.82 %), Antioquía (11.27 %), Cauca (5.58 %) y Valle del Cauca (2.73 %) los más representativos. No obstante, los resultados del análisis de Moran arrojaron que no hay autocorrelación espacial (Moran's Index: -0.03; $p\text{-value}$: 0.85; $z\text{-score}$: -0.17).

Table 1. Taxa with their respective figures reported by the different corporations. Abbreviations are as follows: EV-Voluntary Surrender, IN-Seizure, NI-Classification category not mentioned in the report.

Tabla 1. Taxones con sus respectivas cifras reportadas por las distintas corporaciones. Las abreviaciones hacen referencia a: EV-Entrega voluntaria, IN-Incautación, NI-No informan la categoría en la cual se clasificó el reporte.

Orden	Familia	Genero	Especie	IUCN	CITES	Resolución	EV	IN	NA
Anura	Aromobatidae	<i>Allobates</i>	<i>Allobates</i> sp.				1	0	0
Caudata	Ambystomatidae	<i>Ambystoma</i>	<i>Ambystoma mexicanum</i>	CR	II		6	36	10
Anura							5	0	0
Anura	Hylidae	<i>Boana</i>	<i>Boana platanera</i>	LC			7	1	0
Anura	Hylidae	<i>Boana</i>	<i>Boana pugnax</i>	LC			4	0	3
Anura	Hylidae	<i>Boana</i>	<i>Boana</i> sp.				0	5	0
Gymnophiona	Caeciliidae	<i>Caecilia</i>	<i>Caecilia</i> sp.				1	0	0
Gymnophiona	Caeciliidae	<i>Caecilia</i>	<i>Caecilia subnigricans</i>	LC			2	0	0
Anura	Ceratophryidae	<i>Ceratophrys</i>	<i>Ceratophrys calcarata</i>	LC			1	0	0
Anura	Dendrobatidae	<i>Dendrobates</i>	<i>Dendrobates truncatus</i>	LC	II		0	0	3
Anura	Hylidae	<i>Dendropsophus</i>	<i>Dendropsophus bogerti</i>	LC			1	0	0
Anura	Hylidae	<i>Dendropsophus</i>	<i>Dendropsophus molitor</i>	LC			0	55	0
Anura	Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus</i>	<i>Eleutherodactylus</i> sp.				1	1	0
Anura	Hemiphractidae	<i>Gastrotheca</i>	<i>Gastrotheca bufona</i>	VU			0	0	1
Anura	Leptodactylidae	<i>Leptodactylus</i>	<i>Leptodactylus pentadactylus</i>	LC			1	0	0
Anura	Ranidae	<i>Aquarana</i>	<i>Aquarana catesbeiana</i>	LC			2	0	0
Anura	Dendrobatidae	<i>Oophaga</i>	<i>Oophaga histrionica</i>	CR	II	CR	0	62	49
Anura	Dendrobatidae	<i>Oophaga</i>	<i>Oophaga lehmanni</i>	CR	II	CR	0	3	0
Anura	Dendrobatidae	<i>Oophaga</i>	<i>Oophaga</i> sp.				0	471	0
Anura	Dendrobatidae	<i>Oophaga</i>	<i>Oophaga sylvatica</i>	NT	II		0	2	0
Anura	Pipidae	<i>Pipa</i>	<i>Pipa pipa</i>	LC			0	1	0
Anura	Craugastoridae	<i>Pristimantis</i>	<i>Pristimantis achatinus</i>	LC			2	0	0
Anura	Bufoidea	<i>Rhinella</i>	<i>Rhinella horribilis</i>	LC			3	0	0

DISCUSIÓN

Las especies del género *Oophaga* fueron las más afectadas por el tráfico ilegal en Colombia durante el 2018-2022. Al mismo tiempo, presentan la mayor incertidumbre, puesto que el 69.63 % del total de los reportes corresponden a este género, pero, solamente al 13.76 % de los individuos fueron identificados hasta el nivel de especie (*O. histriónica* – 13.17 %, *O. lehmanni* – 0.36 % y *O. sylvatica* – 0.24 %). Colombia cuenta hasta la fecha con siete especies de este género (Acosta Galvis, 2023), por lo que se desconoce, si el 55.87 % restante corresponde a las otras especies reportadas (*O. solanensis*, *O. anchicayensis*, *O. andresi* y *O. occultator*). Esta situación, puede ser consecuencia de la falta de recursos y la ausencia de personal capacitado (Corredor Londoño et al., 2010; Cáceres-Martínez et al., 2017; Izquierdo

Páez, 2021), que repercuten en la precisión de la información al momento de identificar las especies incautadas. Situación que resulta alarmante, ya que todas estas especies se encuentran amenazadas a nivel internacional.

Los registros obtenidos para las especies *Pipa pipa*, *Boana pugnax*, *B. platanera*, *Dendropsophus bogerti*, *D. molitor*, *Gastrotheca bufona*, *Pristimantis achatinus* y *Caecilia subnigricans*, amplían la cantidad y tipo de amenazas que están sufriendo estos taxones. Siendo esta información relevante para la conservación, ya que hasta la fecha se desconocía que estos taxones estuvieran siendo afectados por el tráfico ilegal (IUCN SSC Amphibian Specialist Group 2017, 2018a, 2018b 2020c, 2020d, 2023b, 2023c). Conocimiento que podrá aportar a los esfuerzos y estrategias de preservación de los anfibios en el país.

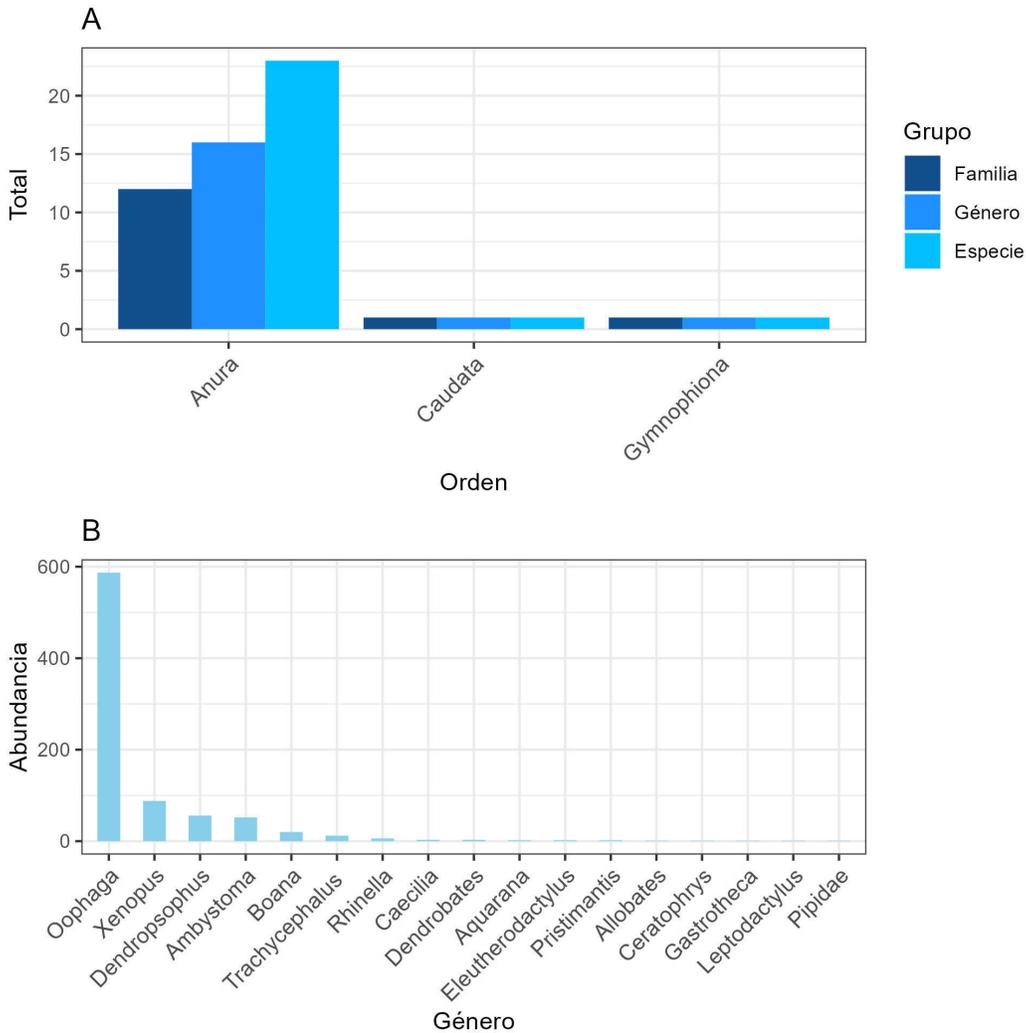


Figure 2. A) Number of families, genera and species reported for the different orders of amphibians in Colombia. B) Abundance of specimens for the different taxonomic genera. Figura 2. A) Número de familias, géneros y especies reportados para los distintos ordenes de anfibios en Colombia. B) Abundancia para los distintos géneros taxonómicos.



Una consideración importante es la presencia de especies no nativas, puesto que su hallazgo demuestra que, así como Colombia juega un papel relevante como área de origen de distintas especies que se trafican a nivel internacional (Sollund, 2017; Hagen, 2019; Morcatty, 2022), también sería un país de destino dentro de este mercado ilegal internacional. Al mismo tiempo, hay que destacar los reportes de *A. mexicanum*, ya que esta especie se encuentra fuertemente amenazada por su reducido rango de distribución, la modificación del paisaje y la pérdida de hábitat (AmphibiaWeb, 2024; IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2020). Además, esta especie ya ha sido reportada dentro del comercio ilegal de otros países (Kaczmarek & Kolenda, 2018; Maximo et al., 2021). Aspecto que refleja la necesidad de implementar una colaboración internacional con el fin de identificar y erradicar esas redes de comercio transnacionales. Situación que aplica para *X. laevis*, ya que presentó la máxima cantidad de registros dentro de este grupo de anfibios no nativos,

y aunado a ello, es una especie que ya se ha reportado como invasora en otros países (Measey et al., 2012) y cuya presencia puede afectar el estado poblacional de especies nativas (Lillo et al., 2011). En el caso de los reportes para el género *Rhinella* (*R. horribilis* y *R. marina*) generan ciertas interrogantes respecto al propósito por los cuales se están traficando, y podrían poner en duda la veracidad de los resultados observados, ya que son especies comunes por todo el territorio nacional. No obstante, son especies que presentan una relevancia sociocultural en distintas partes del continente, puesto que muchas comunidades las usan dentro de su gastronomía y medicina tradicional (Rojas et al., 2015; Schmeda-Hirschmann et al., 2015; Gallardo-Casas et al., 2023), aspectos que podrían soportar sus registros.

Ante la CITES, llama la atención que dentro del 2018-2022 Colombia exporto de manera legal más de 4,000 anfibios (CITES Secretariat & UNEP-WCMC, 2022) pertenecientes a 11 especies

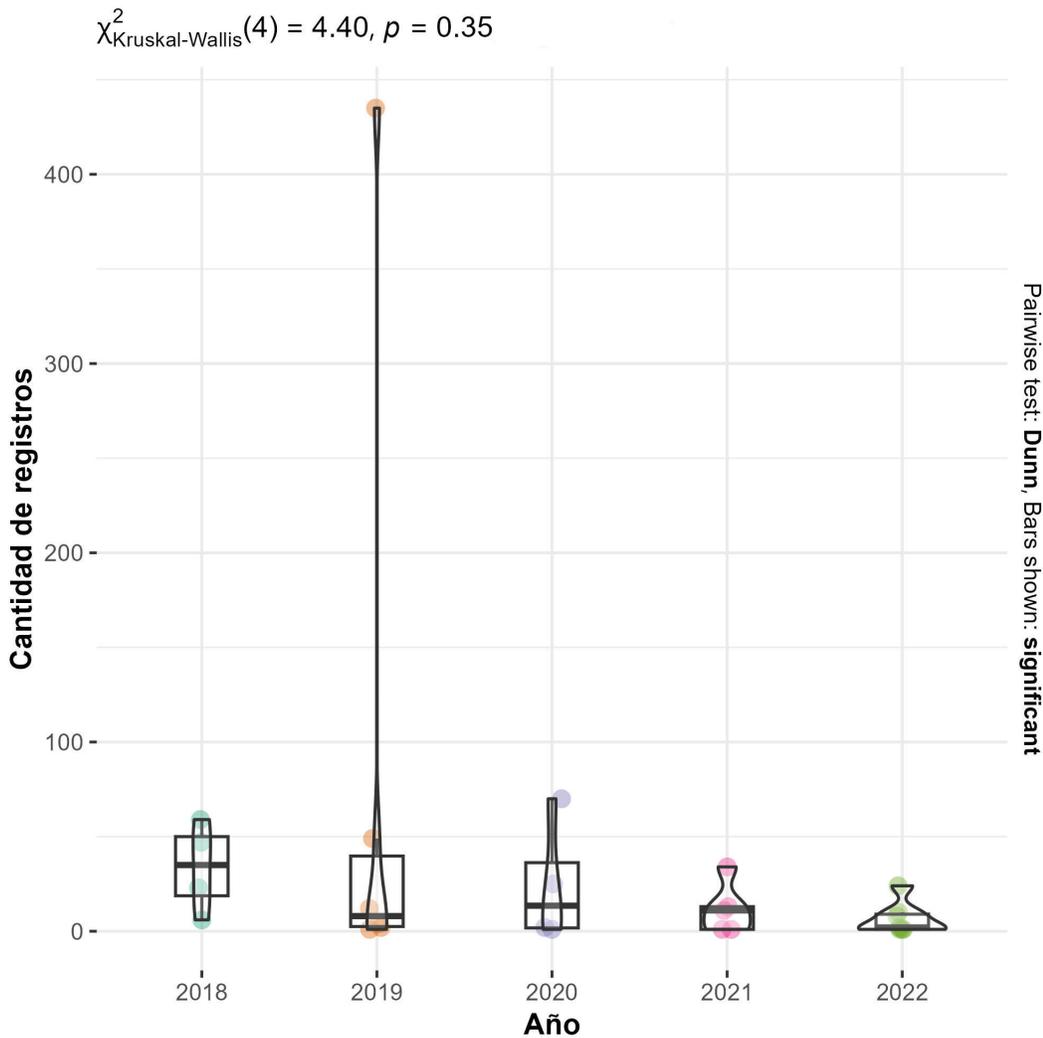


Figure 3. Box plot with the number of records for the different years analyzed with the result of the Kruskal Wallis analysis.

Figura 3. Diagrama de cajas con la cantidad de registros para los diferentes años analizados con el resultado del análisis de Kruskal Wallis.



(*Allobates femoralis*, *Ameerega hahneli*, *A. trivittata*, *Andinobates opisthomelas*, *Dendrobates auratus*, *D. truncatus*, *O. histrionica*, *O. lehmanni*, *Phyllobates aurotaenia*, *P. bicolor* y *P. terribilis*). De éstas, las autoridades ambientales solo reportaron tres (*D. truncatus*, *O. histrionica* y *O. lehmanni*), lo que podría indicar que, dado que la zootría y la comercialización legal al implementarse

correctamente pueden ayudar a proteger los anfibios al disminuir su demanda en los mercados ilegales internacionales (Güiza Suárez et al., 2022), estas medidas repercutieron positivamente sobre la demanda de las ocho especies no reportadas. No obstante, la cantidad de incautaciones y entregas voluntarias no logran representar en el mejor de los escenarios

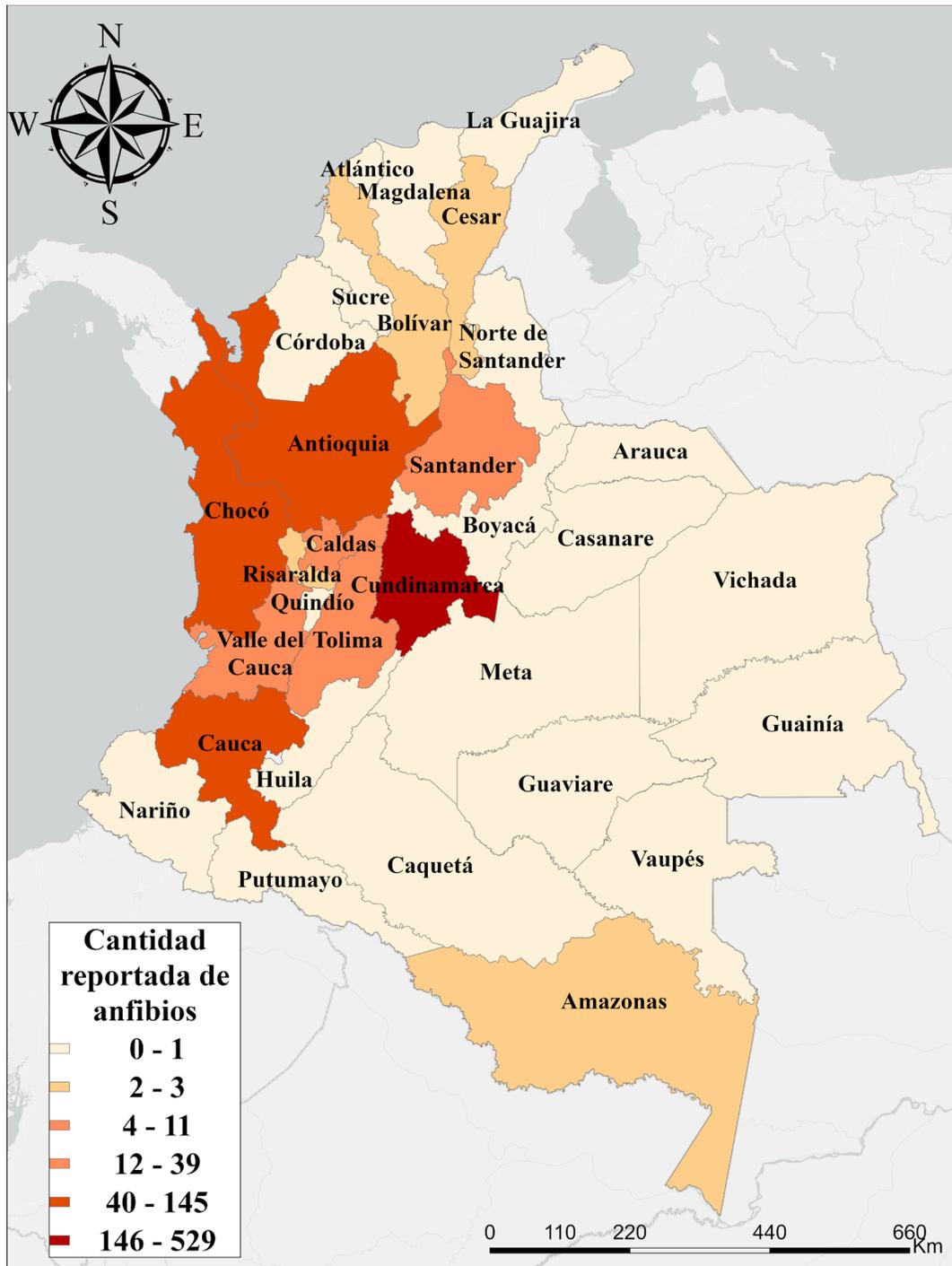


Figure 4. Number of amphibian reports for the different departments of the country during 2018-2022.

Figura 4. Cantidad de reportes de anfibios para los distintos departamentos del país durante 2018-2022.

más del 10 % del total de animales que se trafican en el país de manera ilícita (Baptiste et al., 2002), siendo factible que una o varias de las otras ocho especies este siendo afectada por la extracción ilegal de individuos para su tráfico. Por lo que se hace necesario la intensificación sobre las estrategias de control del tráfico en el país, y, realizar estudios futuros abarcando los datos de los últimos años con el fin de analizar si se sigue presentando el mismo comportamiento con los registros.

Entre el 2018-2022 se reportó una menor cantidad de especies e individuos traficados en comparación con el 2005-2019 (Izquierdo Páez, 2021), lo que podría indicar una atenuación del tráfico en otros anfibios. De igual manera, también dichas cifras pueden ser el reflejo de la efectividad de los planes de manejo y conservación de distintas especies que presentan una alta demanda en el mercado ilegal (Corredor et al., 2010; Gómez-Díaz et al., 2019), aspecto que ha permitido aumentar la recuperación de individuos a través de diferentes estrategias de control sobre la extracción ilícita. Ahora, el tráfico ilegal de fauna silvestre en Colombia por muchos años fue subestimado, pero en las últimas décadas las autoridades han empezado a prestarle mayor atención a esta problemática (Izquierdo Páez, 2021; Pino Varón & Piedrahita Hincapié, 2023) aspecto que podría explicar la disminución en las cantidades registradas.

Con relación a lo anterior, sobresale el caso del departamento del Chocó, ya que presenta reportes significativos para los años 2018 y 2019, sin embargo, para los años restantes (2020, 2021 y 2022) no hay ningún dato. Cabe mencionar, que este departamento presenta una alta diversidad de anfibios (Urbina-Cardona et al., 2011) y que varias especies de este grupo afectadas por el comercio ilegal están presentes en este departamento. Es por ello, que dicha situación pudo darse por distintos factores, ya sea que la falta de datos demuestra la ausencia de acción y control por parte de las entidades encargadas para poder lograr una presencia municipal, regional y nacional efectiva como menciona Güiza Suárez et al. (2022) con relación a las limitaciones sobre el control del mercado ilegal. También pudo ser una consecuencia de la pandemia del COVID-19, la cual se ha evidenciado que altero tanto positiva como negativamente la manera en que se extrae y se comercializa fauna silvestre (Cherkaoui et al., 2020; Morcatty et al., 2021; Quimbayo et al., 2022; Hübschle & Gore, 2024), hipótesis que también explicaría la disminución en las incautaciones entre el 2019-2022.

No obstante, la pandemia en Colombia tuvo fuertes impactos sobre los recursos públicos (Londoño-Vélez & Querubin, 2022; Vargas-Herrera et al., 2022), situación que pudo haber limitado los recursos disponibles en las distintas corporaciones, y al

mismo tiempo, limitar la presencia y control de las autoridades. Puesto que se ha evidenciado que la inversión presupuestal y los recursos disponibles afectan el desempeño de las corporaciones frente al tráfico de fauna silvestre (Izquierdo Páez, 2021). Sin embargo, no es posible establecer una relación clara que permita entender la causa sobre la disminución de registros en este departamento. Situación que demuestra la necesidad de realizar análisis más profundos que permitan comprender que variables están incidiendo en la cantidad de reportes de anfibios por parte de las autoridades ambientales del país.

A pesar de que este grupo taxonómico es uno de los menos traficados en el país (Izquierdo Páez, 2021; Güiza Suárez et al., 2022), los anfibios presentan la mayor cantidad de especies amenazadas (Cox et al., 2022; Luedtke et al., 2023), por lo que el impacto del comercio ilegal puede tener un efecto profundo sobre el estado de sus poblaciones. Adicionalmente, en Colombia se reportó un promedio de 168.6 ± 170 anfibios por año, pero este valor solo refleja lo que lograron registrar las autoridades ambientales, por lo que siguiendo las estimaciones de Baptiste et al. (2002), quienes plantean que las entidades ambientales del país solo logran reportar entre el 1% y el 10% del total de individuos traficados, la cifra real de anfibios traficados anualmente podría oscilar entre 8,430 y 84,300. Estas estimaciones pueden variar según el grupo taxonómico, pero suponer el mejor de los escenarios en el que anualmente se trafican 8,430 anfibios sigue siendo preocupante, dado que es una cifra elevada para especies con un alto grado de amenaza.

A nivel espacial, la baja y nula representatividad en las regiones de la Amazonia y Orinoquia podría deberse a dos situaciones. Primeramente, pese a que en estas regiones se distribuyen algunas especies, como *Dendrobates leucomelas*, que son traficadas como mascotas por el mercado ilegal en otros países (IUCN SSC Amphibian Specialist Group 2023), en Colombia gran parte de las especies con mayor demanda reportadas para el comercio ilícito se distribuyen solamente en las regiones del Pacífico y Andina. En segundo lugar, se ha evidenciado que las cifras en las Amazonia y Orinoquia colombiana subestiman la cantidad de especies que se están viendo afectadas por el tráfico ilegal, como consecuencia al área de extensión de los departamentos que componen estas regiones, lo cual limita las estrategias de control y prevención del tráfico de fauna por parte de las autoridades pertinentes (Bonilla-Liberato et al., 2024). Es por ello, que se hace necesario aumentar los esfuerzos de control, y a la par, robustecer la información temporal de individuos incautados y entregados voluntariamente por parte de las autoridades. Con el fin de esclarecer y comprender como es la dinámica del tráfico de anfibios en dichas regiones.

A pesar de que no se encontró un patrón en la distribución de los reportes, debido al análisis usado es sensible a los datos atípicos y a la escala espacial analizada (DeWitt et al., 2021), sí es evidente el papel relevante que tiene el departamento de Cundinamarca, más específicamente la Ciudad de Bogotá dentro del tráfico de anfibios en el país. Esta ciudad juega un papel relevante al ser un punto específico para la distribución de fauna silvestre a nivel nacional e internacional (Valencia González, 2018; Izquierdo Páez, 2021), por lo que los controles establecidos especialmente en el aeropuerto han permitido la incautación de gran parte de los registros en esta ciudad. Además, se ha evidenciado que gran parte de los departamentos en la región Andina son intermediarios y destino final de muchas especies que se comercializan en el país (Arroyave-Bermúdez et al., 2014). Sin embargo, dada la alta cantidad de reportes en este lugar se generan ciertas preguntas relacionadas a qué tan efectivas están siendo las medidas de control y prevención en los departamentos donde se extrajeron estos individuos. Ya que, al verificar los rangos de distribución de distintas especies, se puede observar la larga distancia que se presenta en relación a donde se generaron los reportes. Ejemplo de esto es el género *Oophaga*, que presentó un total de 432 reportes en esta ciudad, y el rango de distribución de estas especies se limitan en la cordillera occidental de la región del Pacífico.

Dentro de los tetrápodos, los anfibios son el grupo más amenazado en todo el mundo (Cox et al., 2022), y pese a los esfuerzos de conservación que se han implementado en los últimos años, aún no ha disminuido el nivel de amenaza para algunos taxones en específico (Löters et al., 2023). Especialmente en áreas en donde se concentra la mayor diversidad, y al mismo tiempo, la mayor cantidad de especies amenazadas, como lo es el neotrópico (Luedtke et al., 2023). Es por ello, que dada la relevancia de Colombia en términos de diversidad de anfibios (Acosta Galvis, 2023), los resultados obtenidos en la presente investigación permiten realizar una aproximación a la problemática que está enfrentando este grupo taxonómico por el tráfico ilegal, facilitando la identificación de las especies más afectadas, y al mismo tiempo, permitiendo la detección de los departamentos más relevantes dentro de la comercialización de anfibios. Información que es crucial dentro de las estrategias de control, mitigación y prevención del tráfico ilegal de especies por parte de las autoridades ambientales y de control del país. Ya que, pese a que los anfibios son el grupo menos atractivo dentro del mercado ilegal en Colombia (Izquierdo Páez, 2021; Güiza Suárez et al., 2022), se ha subestimado dicha problemática, y, los vacíos de información que presentan impiden generar un diagnóstico preciso sobre la cantidad de anfibios y especies afectadas por esta actividad ilícita.

Como consecuencia, el tráfico de anfibios debe abordarse urgentemente con una visión transdisciplinaria (Sas-Rolfes et al., 2019) que permita identificar los diferentes actores involucrados en esa actividad junto a sus motivadores. Ya que, en Colombia, estos actores presentan diferentes razones que los llevan a delinquir (Sollund, 2017), por lo que es necesario generar estrategias efectivas que se articulen con esas realidades con el fin de poder generar un impacto positivo sobre la conservación de estas especies. Aunado a ello, las diferentes comunidades que conviven diariamente con la fauna silvestre tienen un rol relevante dentro de la efectividad de las estrategias de conservación (Toledo, 2001; Adom, 2016; Hausmann et al., 2016; Freitas et al., 2020), planteando la posibilidad de establecer estrategias enfocadas en la zoonocria comunitaria (Güiza Suárez et al., 2022). Es por ello, que es una prioridad estudiar y analizar las relaciones etnozoológicas que presentan diferentes comunidades con diferentes anfibios con el fin de generar una participación de estas comunidades en la conservación de estas especies traficadas. Así mismo, el tráfico ilegal de anfibios en Colombia ha generado la implementación de diferentes estrategias con el fin de minimizar la demanda en el mercado ilegal internacional, como viene siendo la zoonocria y reintroducción. No obstante, dado que aún se mantiene la presión sobre ciertas especies de manera ilegal en los últimos años, se hace necesario implementar estrategias alternativas que permitan la disminución de individuos traficados.

CONCLUSIÓN

El tráfico ilegal de anfibios representa un gran desafío para la conservación de estos organismos, especialmente en las regiones que sobresalen por su alta diversidad, como es el caso de Colombia, país en donde en las últimas décadas se ha acrecentado el interés y la presión del comercio ilegal sobre este grupo. De esta manera, los resultados reportados en este estudio, pese a presentar varios desafíos, generan una aproximación que permite la identificación de las especies más vulnerables por estas actividades ilícitas y las áreas del país más afectadas. Aspecto que llevara a la planificación efectiva por parte de las autoridades competentes con el fin de disminuir el impacto sobre la vida silvestre. Así mismo, los resultados obtenidos demuestran la relevancia que puede estar teniendo Colombia como lugar de destino de especies traficadas de otros países, situación que recalca la necesidad de generar esfuerzos cooperativos entre diferentes países y organismos internacionales con el fin de dismantelar esas redes ilegales transnacionales. Del mismo modo, se hace necesario fortalecer la presencia y acción de las corporaciones y autoridades de control en departamentos que sobresalen por su rica diversidad, y que juegan un papel

importante como sitios de extracción o movilización de anfibios colectados ilegalmente. Finalmente, el abordar esta problemática implica abordar un enfoque multidisciplinario y colaborativo que permita comprender de mejor manera los contextos sociales, con el fin de generar estrategias prácticas que involucren a las comunidades.

Agradecimientos.- Gracias a la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial de La Macarena, Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare, Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena, Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, Corporación Autónoma Regional de Risaralda, Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique, Corporación Autónoma Regional de Sucre, Corporación Autónoma Regional de Santander, Corporación para el Desarrollo Sostenible del Norte y Oriente de la Amazonía, Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó, Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia, Corporación Autónoma Regional del Magdalena, Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonía, Corporación Autónoma Regional de Boyacá, Corporación Autónoma Regional de Caldas, Corporación Autónoma Regional del Cesar, Corporación Autónoma Regional de Chivor, Corporación Autónoma Regional de La Guajira, Corporación Autónoma Regional del Guavio, Corporación para el Desarrollo Sostenible de La Mojana y El San Jorge, Corporación Autónoma Regional de Nariño, Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental, Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia, Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá, Corporación Autónoma Regional del Tolima, Corporación Autónoma Regional del Atlántico, Corporación Autónoma Regional del Cauca, Corporación Autónoma Regional del Quindío, Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar, Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge, Secretaría de Medio Ambiente de Bogotá y Área Metropolitana del Valle de Aburrá, por haber proporcionado la información necesaria para desarrollar este estudio.

Aspectos éticos.- Declaramos no existe ningún conflicto de intereses con relación a los resultados, análisis y objetivos de la investigación. No contamos con afiliaciones financieras 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.

LITERATURA CITADA

- Acosta Galvis, A.R. 2023. Lista de los Anfibios de Colombia: Referencia en línea V.13.2023. Batrachia. <https://www.batrachia.com/sitemap/>. Villa de Leyva, Boyacá, Colombia. [Consultado en mayo 2024]
- Adom, D. 2016. Inclusion of local people and their cultural practices in biodiversity conservation: lessons from successful nations. *American Journal of Environmental Protection* 4:67-78.
- AmphibiaWeb. 2024. University of California, Berkeley, CA, USA. Accessed 11 Jun 2024. <https://amphibiaweb.org>. [Consultado en mayo 2024]
- Arbeláez-Cortés, E. 2013. Knowledge of Colombian biodiversity: published and indexed. *Biodiversity and Conservation* 22:2875-2906.
- Arroyave-Bermúdez, F.J., O.Y. Romero-Goyeneche, M.A. Bonilla-Gómez & R.G. Hurtado-Heredia. 2014. Tráfico ilegal de tortugas continentales (Testudinata) en Colombia: una aproximación desde el análisis de redes. *Acta Biológica Colombiana* 19:381-392.
- Baptiste, L.G., R. Polanco, S. Hernández & M.P. Quiceno. 2002. Fauna silvestre de Colombia: historia económica y social de un proceso de marginalización. Pp. 295-340. En A. Ulloa (Ed.), *Rostros Culturales de la Fauna. Las Relaciones Entre los Humanos y los Animales en el Contexto Colombiano* Instituto Colombiano de Antropología e Historia. Bogotá, Colombia.
- Bonilla-Liberato, E.D., T.E. Lozano-Suárez, M.F. Forero-Castellanos & E.O. López-Delgado. 2024. 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.
- Cáceres-Martínez, C.H., M.P. Villamizar & A. Arias-Alzate. 2017. Diagnóstico sobre el tráfico de fauna silvestre en el departamento de Norte de Santander, Colombia. *Revista Biodiversidad Neotropical* 7:189-199.
- Cherkaoui, S., M. Boukherouk, T. Lakhal, A. Aghzar & L.E. Youssfi. 2020. Conservation amid COVID-19 pandemic: ecotourism collapse threatens communities and wildlife in Morocco. *E3S Web of Conferences* 183:01003.

- CITES Secretariat & UNEP-WCMC. 2022. A Guide to Using the CITES Trade Database. Version 9. Geneva, Switzerland, and Cambridge, UK.
- Corredor Londoño, G., B. Velasquez Escobar, J.A. Velasco Vinasco, F. Castro Herrera, W. Bolívar García & M.L. Salazar Valencia. 2010. Plan de Acción para la Conservación de los Anfibios del Departamento del Valle del Cauca. CVC. Colombia.
- Cox, N., B.E. Young, P. Bowles, M. Fernandez, J. Marin, G. Rapacciuolo, M. Böhm, T.M. Brooks, S.B. Hedges, C. Hilton-Taylor, M. Hoffmann, R.K.B. Jenkins, M.F. Tognelli, G.J. Alexander, A. Allison, N.B. Ananjeva, M. Auliya, L.J. Avila, D.G. Chapple, D.F. Cisneros-Heredia, H.G. Cogger, G.R. Colli, A. de Silva, C.C. Eisemberg, J. Els, A.G. Fong, T.D. Grant, R.A. Hitchmough, D.T. Iskandar, N. Kidera, M. Martins, S. Meiri, N.J. Mitchell, S. Molur, C.C. Nogueira, J.C. Ortiz, J. Penner, A.G.J. Rhodin, G. Rivas, M-O. Rödel, U. Roll, K.L. Sanders, G. Santos-Barrera, G.M. Shea, S. Spawls, B.L. Stuart, Tolley, K.A., J-F. Trape, M.A. Vidal, P. Wagner, B.P. Wallace & Y. Xie. 2022. A global reptile assessment highlights shared conservation needs of tetrapods. *Nature* 605:285-290.
- DeWitt, T.J., J.I. Fuentes, T.R. Ioeberger & M.P. Bishop. 2021. Rectifying I: three point and continuous fit of the spatial autocorrelation metric, Moran's I, to ideal form. *Landscape Ecology* 36 10:2897-2918.
- Esri. 2023. ArcGIS Pro (Version 3.2.2) [Software]. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, Inc.
- Freitas, C.T., P.F. Lopes, J.V. Campos-Silva, M.M. Noble, R. Dyball & C.A. Peres. 2020. Co-management of culturally important species: A tool to promote biodiversity conservation and human well-being. *People and Nature* 2:61-81.
- Galeano, S.P., N. Urbina-Cardona, C.M. Rivera & V. Páez. 2006. Los Anfibios de Colombia, diversidad y estado de conocimiento. Pp. 106-118. En M.E. Chaves & M. Santamaría (Eds.). Informe Nacional Sobre el Avance en el Conocimiento y la Información de la Biodiversidad 1998 – 2004, Tomo II. Instituto de investigaciones Biológicas Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C.
- Gallardo-Casas, C.Á., I.M. González-García, H.A. Sánchez-Maldonado, N.G. Jiménez-Sánchez & J.D. Olea Vázquez. 2023. El Veneno de Sapo de la Caña Rhinella Marina, Anura: Bufonidae Provoca Daño en el Intestino Delgado en Ratones CD1. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* 7 5:10506-10514.
- García Ramos, E.P. & M.A. Pazmiño Zapata. 2024. El tráfico de animales en peligro de extinción: un delito transfronterizo. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria Pentaciencias* 6 1:150-158.
- Gómez-Díaz, M., C. Burbano-Yandi & W. Bolívar-García. 2019. Actualización del plan de manejo para la rana venenosa de Lehmann *Oophaga lehmanni* (Myers y Daly, 1976). Universidad del Valle. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca-CVC, Cali. Colombia.
- Goodchild, M.F. (1986). Spatial autocorrelation (Catmog 47). Geo Books, Norwich, England.
- Güiza Suárez, L., A. Balcázar Salazar & L.D. Acevedo Cendales. 2022. Tráfico ilegal de anfibios en Colombia: un análisis jurídico. Editorial Universidad del Rosario y Wildlife Conservation Society, Bogotá, Colombia.
- Hagen, H. K. L. 2019. Barriers to compliance with CITES: A Qualitative Study of Wildlife Crime in Colombia. Norwegian University of Life Sciences, Colombia.
- Hübschle, A. & M.L. Gore. 2024. Lessons in resilience from the illegal wildlife trade during COVID-19 lockdowns. *The Science of the total environment* 916:170365.
- Hausmann, A., R.O. Slotow, J.K. Burns & E. Di Minin. 2016. The ecosystem service of sense of place: benefits for human well-being and biodiversity conservation. *Environmental conservation* 43 2:117-127.
- Hughes, A.C. 2021. Wildlife trade. *Current Biology* 31:R1218-R1224.
- International Union for Conservation of Nature and Natural Resources-IUCN. 2023. Estadísticas de resumen.
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2017. *Gastrotheca bufona*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T55326A85896270. <https://www.iucnredlist.org/species/55326/85896270> [Consultado en octubre 2024].
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2018a. *Dendropsophus bogerti*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T55417A85900256. <https://www.iucnredlist.org/species/55417/85900256> [Consultado en octubre 2024].
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2018b. *Pristimantis achatinus*. The IUCN Red List of Threatened Species

- 2018: e.T56390A54349179. <https://www.iucnredlist.org/species/56390/54349179> [Consultado en octubre 2024].
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2020a. *Ambystoma mexicanum*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T1095A53947343. <https://www.iucnredlist.org/species/1095/53947343> [Consultado en mayo 2024].
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2020b. *Xenopus laevis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T110466172A3066881. <https://www.iucnredlist.org/species/110466172/3066881> [Consultado en mayo 2024].
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2020c. *Caecilia subnigricans*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T59528A85910814. <https://www.iucnredlist.org/species/59528/85910814> [Consultado en junio 2024].
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2020d. *Boana pugnax*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T55618A54347281. <https://www.iucnredlist.org/species/55618/54347281> [Consultado en octubre 2024].
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2021. *Dryophytes squirellus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T55662A118978652. <https://www.iucnredlist.org/species/55662/118978652> [Consultado en mayo 2024].
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2022. *Lithobates catesbeianus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2022: e.T58565A193396825. <https://www.iucnredlist.org/species/58565/193396825> [Consultado en mayo 2024].
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2023a. *Dendrobates leucomelas*. The IUCN Red List of Threatened Species 2023: e.T55191A61395501. <https://www.iucnredlist.org/species/55191/61395501> [Consultado en octubre 2024].
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2023b. *Pipa pipa*. The IUCN Red List of Threatened Species 2023: e.T58163A85900348. <https://www.iucnredlist.org/species/58163/85900348> [Consultado en junio 2024].
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2023c. *Boana platanera*. The IUCN Red List of Threatened Species 2023: e.T208081337A208081433. <https://www.iucnredlist.org/species/208081337/208081433> [Consultado en junio 2024].
- 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. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Kaczmarek, M. & K. Kolenda. 2018. Non-native Amphibian Pet Trade via Internet in Poland. *European Journal of Ecology* 4:30-40.
- Lillo, F., F.P. Faraone & M. Lo Valvo. 2011. Can the introduction of *Xenopus laevis* affect native amphibian populations? Reduction of reproductive occurrence in presence of the invasive species. *Biological Invasions* 13:1533-1541.
- Londoño-Vélez, J. & P. Querubin. 2022. The impact of emergency cash assistance in a pandemic: Experimental evidence from Colombia. *Review of Economics and Statistics* 104:157-165.
- Lötters, S., A. Plewnia, A. Catenazzi, K. Neam, A.R. Acosta-Galvis, Y. Alarcon Vela, J.P. Allen, J.O. Alfaro Segundo, A. de Lourdes Almendáriz Cabezas, G. Alvarado Barboza, K.R. Alves-Silva, M. Anganoy-Criollo, E. Arbeláez Ortiz, J.D. Arpi Lozano, A. Arteaga, O. Ballestas, D. Barrera Moscoso, J.D. Barros-Castañeda, A. Batista. ... & E. La Marca. 2023. Ongoing harlequin toad declines suggest the amphibian extinction crisis is still an emergency. *Communications Earth & Environment* 4:412-418.
- Lozano Suarez, T.E., E.D. Bonilla-Liberato, E.O. López-Delgado. 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* 48:94-108.
- Luedtke, J.A., J. Chanson, K. Neam, L. Hobin, A.O. Maciel, A. Catenazzi, A. Borzée, A. Hamidy, A. Aowphol, A. Jean, A. Sosa-Bartuano, G.A., Fong, A. de Silva, A. Fouquet, A. Angulo, A. Kidov, A. Muñoz Saravia, A. Diesmos, A. Tominaga, B. Shrestha... & S.N. Stuart. 2023. Ongoing declines for the world's amphibians in the face of emerging threats. *Nature* 622:308-314.
- Maximo, I., R. Brandao, J. Ruggeri & L.F. Toledo. 2021. Amphibian illegal pet trade and a possible new case of an invasive exotic species in Brazil. *Herpetological Conservation and Biology* 16:303-312.
- Morcatty, T.Q. 2022. Wildlife Trade in Latin America: People, Economy and Conservation. Doctoral dissertation, Oxford Brookes University, Oxford, England.



- Mancera Rodríguez, N.J. & O. Reyes García. 2008. Comercio de fauna silvestre en Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 61:4618-4645.
- Measey, G.J., D. Rödder, S. Green, R. Kobayashi, F. Lillo, G. Lobos, R. Rebelo & J. Thirion. 2012. Ongoing invasions of the African clawed frog, *Xenopus laevis*: a global review. *Biological Invasions* 14:2255-2270.
- Mellor, D., E. Patterson-Kane & K.J. Stafford. 2009. *The Sciences of Animal Welfare*. John Wiley & Sons, New York, USA.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible-MADS. 2024. Resolución No. 0126 de 2024 (p. 69). Colombia.
- Moran, P.A.P. 1948. The interpretation of statistical maps. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B* 10:243-251
- Morcatty, T.Q., K. Feddema, K.A. Nekaris & V. Nijman. 2021. Online trade in wildlife and the lack of response to COVID-19. *Environmental research* 193:110439.
- Moreno, L.A., G.I. Andrade & L.F. Ruíz-Contreras (Eds.). 2016. *Biodiversidad 2016. Estado y Tendencias de la Biodiversidad Continental de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.
- Myers, N., R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A. Da Fonseca & J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858.
- Patil, I. 2021. Visualizations with statistical details: The 'ggstatsplot' approach. *Journal of Open-Source Software* 6:3167.
- Phelps, J., D. Biggs & E.L. Webb. 2016. Tools and terms for understanding illegal wildlife trade. *Frontiers in Ecology and the Environment* 14 9:479-489.
- Pino Varón, J.A. & L.C. Piedrahita Hincapié. 2023. Tráfico ilegal de especies silvestres en Colombia: problemáticas emergentes y nuevas tendencias. *Universidad Libre* 1-32.
- Quimbayo, J.P., F.C. Silva, C.R. Barreto, C.B. Pavone, J.S. Lefcheck, K. Leite, A.C. Figueiroa, E.C. Correia & A.A. Flores. 2022. The COVID-19 pandemic has altered illegal fishing activities inside and outside a marine protected area. *Current Biology* 32:R765-R766.
- R Core Team 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Reuter, A., L. Kunen & S. Robertson. 2018. Tráfico de vida silvestre en Latinoamérica. *Medidas para evitar una crisis*. 22. WCS, New York, USA.
- Reyna Rojas, M.A., A. García Flores, E.E. Neri Castro, A. Alagón Cano & R. Monroy Martínez. 2015. Conocimiento etnoherpetológico de dos comunidades aledañas a la Reserva Estatal Sierra de Montenegro, Morelos, México. *Etnobiología* 13:37-48.
- Rush, E. R., E. Dale & A.A. Aguirre. 2021. Illegal wildlife trade and emerging infectious diseases: pervasive impacts to species, ecosystems and human health. *Animals* 11:1821.
- Schmeda-Hirschmann, G., C.V. Gomez, A. Rojas de Arias, A. Burgos-Edwards, J. Alfonso, M. Rolon, F. Brusquetti, F. Netto, F.A. Urra & C. Cárdenas. 2017. The Paraguayan *Rhinella* toad venom: Implications in the traditional medicine and proliferation of breast cancer cells. *Journal of Ethnopharmacology* 199:106-118.
- Siabato, W. & J. Guzmán-Manrique. 2019. La autocorrelación espacial y el desarrollo de la geografía cuantitativa. *Cuadernos de Geografía - Revista Colombiana de Geografía* 28:1-22.
- Sollund, R. 2017. The use and abuse of animals in wildlife trafficking in Colombia: Practices and injustice. *Environmental crime in Latin America: The theft of nature and the poisoning of the land*. Springer, New York, USA.
- Toledo, V.M. 2001. Indigenous peoples and biodiversity. *Encyclopedia of Biodiversity* 3:451-463.
- 't Sas-Rolfes, M., D.W. Challender, A. Hinsley, D. Veríssimo & E.J. Milner-Gulland. 2019. Illegal wildlife trade: Scale, processes, and governance. *Annual Review of Environment and Resources* 44:201-228.
- United Nations Office on Drugs and Crime-UNODC. 2016. *World Wildlife Crime Report. Trafficking in Protected Species*, USA.
- Urbina-Cardona J.N., P.A. Burrowes, M. Osorno, A.J. Crawford, J.A. Velasco, S.V. Flechas, F. Vargas-Salinas, V.F. Luna-Mora, C.A. Navas, M. Guayara-Barragán, G.W. Bolivar, P.D.A. Gutiérrez-Cárdenas & F. Castro-Herrera. 2011. Prioridades en la conservación de anfibios ante su crisis global: Hacia la construcción del Plan de Acción para la Conservación de los anfibios de Colombia



en Botero E. & M. I. Moreno (Eds.), *Creando un Clima para el Cambio: la Biodiversidad, Servicios para la Humanidad*. III Congreso Colombiano de Zoología, Libro de memorias. Asociación Colombiana de Zoología. Medellín, Colombia.

Valencia González, C. 2018. Fauna silvestre en Colombia: entre la ilegalidad y las oportunidades del comercio internacional en la CITES. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte* 55:128-145.

Vargas-Herrera, H., J.J. Ospina & J.V. Romero. 2022. The COVID-19 shock and the monetary policy response in Colombia. *BIS Papers* chapters 122:79-114.

Wickham, H. 2016. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer, New York, USA.

