

BIOTA COLOMBIANA

ISSN impreso 0124-5376
ISSN digital 2539-200X
DOI 10.21068/c001

Volumen 20 · Número 2 · Julio - diciembre de 2019

Polillas bomicóideas del parque Nacional Utría

Variación del fitoplancton
en el Caribe colombiano

Impacto del cambio climático sobre la
flora de las lagunas del volcán Chiles

Variación morfológica en
Heterophrynus boterorum

Dípteros acuáticos del Chocó

Hábitos alimenticios del pez
Trichirius lepturus

Mamíferos de la cuenca del río Planas

Mamíferos en áreas de conservación
del Quindío

Diagnóstico de la colección de anuros
del Museo de la Salle



Biota Colombiana es una revista científica, periódica-semestral, que publica artículos originales y ensayos sobre la biodiversidad de la región neotropical, con énfasis en Colombia y países vecinos, arbitrados mínimo por dos evaluadores externos. Incluye temas relativos a botánica, zoología, ecología, biología, limnología, conservación, manejo de recursos y uso de la biodiversidad. El envío de un manuscrito implica la declaración explícita por parte del (los) autor (es) de que este no ha sido previamente publicado, ni aceptado para su publicación en otra revista u otro órgano de difusión científica. El proceso de arbitraje tiene una duración mínima de tres a cuatro meses a partir de la recepción del artículo por parte de *Biota Colombiana*. Todas las contribuciones son de la entera responsabilidad de sus autores y no del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, ni de la revista o sus editores.

Biota Colombiana incluye, además, las secciones de Artículos de datos (*Data papers*), Notas y Comentarios, Reseñas y Novedades bibliográficas, donde se pueden hacer actualizaciones o comentarios sobre artículos ya publicados, o bien divulgar información de interés general como la aparición de publicaciones, catálogos o monografías que incluyan algún tema sobre la biodiversidad neotropical.

Biota Colombiana is a biannual, peer-reviewed, scientific journal. The journal publishes original articles and essays about biodiversity in the Neotropics, with emphasis on Colombia and neighboring countries. It includes topics related to botany, zoology, ecology, biology, limnology, conservation, natural resources management and use of biological diversity. The submission of a manuscript implies the authors' explicit statement that the paper has not been published before nor accepted for publication in another journal or other means of scientific diffusion. Contributions are entire responsibility of the authors and not the Research Institute of Biological Resources Alexander von Humboldt, or the journal and their editors.

Biota Colombiana also includes Data Papers, Notes and Comments, Reviews and Bibliographic News, where already published content may be commented or updated and information of general interest such as recent publications, catalogues or monographs that involve topics related with Neotropical biodiversity may be presented.

Biota Colombiana actualmente se encuentra indexada en Redalyc, Latindex, Biosis: Zoological Record, Ulrich's, Ebsco, DOAJ y SciELO.

Biota Colombiana is currently indexed in Redalyc, Latindex, Biosis: Zoological Record, Ulrich's, Ebsco, DOAJ and SciELO.

Contáctenos para mayor información. / For further information please contact us.

revistas.humboldt.org.co
biotacol@humboldt.org.co
www.sibcolombia.net

Comité Directivo / Steering Committee

Hernando García	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
M. Gonzalo Andrade	Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia
Francisco A. Arias Isaza	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andrés" - Invemar
Charlotte Taylor	Missouri Botanical Garden

Editor / Editor

Rodrigo Bernal	Independiente
-----------------------	---------------

Editor de artículos de datos / Data papers Editor

Dairo Escobar	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
----------------------	--

Gestor editorial / Editorial manager

Camilo Angulo	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
----------------------	--

Comité Científico - Editorial / Editorial Board

Adriana Prieto C.	Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia
Ángela Cano	Cambridge University Botanical Garden, Inglaterra
Arturo Acero	Universidad Nacional de Colombia, sede Caribe, Colombia
Blanca Huertas	Natural History Museum, Inglaterra
Carlos Lasso	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Colombia
Carmen Ulloa	Missouri Botanical Garden, Estados Unidos
Dimitri Forero	Pontificia Universidad Javeriana, Colombia
Donald Taphorn	Universidad Nacional Experimental de los Llanos, Venezuela
Fernando Vargas	Universidad del Quindío, Colombia
Francisco de Paula Gutiérrez	Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Colombia
Francisco Pando	Real Jardín Botánico, Madrid, España
Gabriel Roldán	Universidad Católica de Oriente, Colombia
Germán I. Andrade	Universidad de los Andes, Colombia
Germán Forero-Medina	WCS Colombia
Giuseppe Colonnello	Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Venezuela
Hugo Mantilla Meluk	Universidad del Quindío, Colombia
José Murillo	Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia
Juan Armando Sánchez	Universidad de los Andes, Colombia
Juan José Neiff	Centro de Ecología Aplicada del Litoral, Argentina
Néstor García	Pontificia Universidad Javeriana, Colombia
Óscar Laverde	Pontificia Universidad Javeriana, Colombia
Pablo Tedesco	Muséum National d'Histoire Naturelle, Francia
Sergio Solari	Universidad de Antioquia, Colombia
Victor Hugo García-Merchán	Universidad del Quindío, Colombia

Foto de portada	Polilla Pandora Esfinge, <i>Eumorpha pandorus</i> (Familia Sphingidae, Bombycoidea). Fotografía: Ian Lindsay, Fuente: Pixabay (https://pixabay.com/es/photos/polilla-hawkmoth-lavida-silvestre-1811504/)
------------------------	---

Diseño y diagramación	Journals & Authors
------------------------------	--------------------

Editorial

Biota Colombiana ha iniciado una nueva fase en el proceso de acelerar la publicación de sus artículos. A partir del presente número, los manuscritos aceptados para publicación, ya debidamente evaluados por pares y corregidos por los autores, van siendo subidos a la plataforma virtual de la revista, con su respectiva fecha de publicación y su correspondiente DOI, antes de que salga publicado completamente el número entero. Esta modalidad de vista temprana (early view), implementada ya por muchas revistas en el mundo, permite que las investigaciones de nuestros colaboradores lleguen lo antes posible a los demás investigadores. Algunos de los manuscritos del presente número tienen ya casi 150 visitas en su versión de vista temprana.

El otro gran paso que hemos dado a partir del presente número, en concordancia con las actuales tecnologías y los códigos de nomenclatura biológica, es la publicación de la revista únicamente en formato virtual. El requerimiento de una versión impresa para que los nombres de nuevas especies de plantas y animales fueran aceptados por las normas oficiales vigentes dejó de regir desde el 2012, y desde entonces en *Biota* hemos venido evaluando la conveniencia de dar este paso. Por fin lo hemos dado.

Como ya es usual en nuestra revista, este número cubre un amplio espectro de temas, desde morfología funcional del fitoplancton hasta mamíferos de algunas áreas, y desde los hábitos alimenticios del pez sable hasta el diagnóstico del estado de la colección de ranas en uno de los museos más antiguos del país. Hemos seleccionado como tema de nuestra portada el inventario de tres familias de polillas del Parque Nacional Natural Ensenada de Utría, en el departamento del Chocó. Las polillas no han recibido hasta ahora en Colombia la importancia que merecen, y es mucho lo que todavía tenemos que aprender sobre este enorme grupo de organismos, como lo muestra el artículo en cuestión.

Rodrigo Bernal
Editor

Variación temporal de la morfología funcional del fitoplancton en una planicie inundable del Caribe Colombiano

Temporal variation of phytoplankton functional morphology in a Colombian Caribbean floodplain system

Ana María Zabala Agudelo , Esneddy Hernández , Diana María Agudelo , Nestor Jaime Aguirre , Fabio de Jesús Vélez 

Resumen

Analizamos la variación temporal de los grupos funcionales basados en la morfología del fitoplancton (GFBM) en el sistema inundable de Ayapel a través de la comparación de dos muestreos previos realizados entre los 2005 y 2007 y uno nuevo hecho en el 2015. Se estimó el biovolumen ($\text{mm}^3 \cdot \text{l}^{-1}$) y los rasgos morfológicos como volumen, relación superficie/volumen (S/V) y dimensión lineal máxima (DLM). El análisis temporal fue realizado acorde con los niveles de precipitación pluvial, y mediante un análisis de agrupamiento se definieron dos períodos previos (época seca y época de transición) y uno nuevo correspondiente al año 2015 (msENSO: época seca con influencia ENSO). En las épocas seca y de transición, el grupo predominante fue el GFBM III con altas DLM ($108.77 \mu\text{m}$) y relaciones S/V ($1.44 \mu\text{m}$), mientras que en el msENSO se observaron bajos biovolúmenes ($0.016 \text{mm}^3 \cdot \text{l}^{-1}$) y la predominancia del GFBM V. La comparación de la morfología funcional entre los años evidenció la transición de formas filamentosas a formas flageladas del fitoplancton, permitiéndole un mejor ajuste ante las presiones ambientales del área de estudio.

Palabras clave. Biovolumen. Fitoplancton. Inundación y sequía. Rasgos morfológicos.

Abstract

We analyzed temporal variation of morphology-based functional groups of phytoplankton (MBFG) in the Ayapel floodplain system, through the comparison of two previous samplings carried out between 2005 and 2007 and a new one made in 2015. The biovolume ($\text{mm}^3 \cdot \text{l}^{-1}$) and morphological features such as volume, surface area: volume ratio (S/V) and maximum linear dimension (MLD) were performed. Temporal analysis was carried out according to pluvial precipitation levels, and by means of a grouping analysis two previous periods (dry season and transition period) and a new one corresponding to 2015 (msENSO: dry season with ENSO influence) were defined. In the dry and transition seasons, the predominant group was GFBM III with high MLD ($108.77 \mu\text{m}$) and S/V ratios ($1.44 \mu\text{m}$), while in msENSO low biovolumes ($0.016 \text{mm}^3 \cdot \text{l}^{-1}$) and the predominance of GFBM V were observed. The comparison of functional morphology between years showed a transition from filamentous forms to flagellated forms of phytoplankton, allowing a better fit to the environmental pressure of the study area.

Keywords. Biovolume. Flood and drought. Morphological features. Phytoplankton.

Introducción

El empleo de las estrategias funcionales es un concepto inicialmente propuesto por Grime (1979) con base en estudios de plantas y posteriormente fue transferido y adaptado al fitoplancton por Reynolds (1980). Luego, Reynolds *et al.* (2002), introdujeron a la clasificación funcional asociaciones entre la morfología del fitoplancton y las condiciones ambientales.

Las estrategias morfofuncionales son definidas por Margalef (1993) como la respuesta de las formas del fitoplancton frente a las características ambientales, y donde la coocurrencia de los organismos depende de las diferencias en los procesos biológicos, crecimiento, estrategias de adquisición de recursos, capacidad de inhibir los procesos de pérdida, regulación de la flotabilidad y migración vertical (Mihaljevic *et al.*, 2015).

La clasificación morfofuncional empleada en el presente estudio es la propuesta por Kruk *et al.* (2010), la cual resume las características funcionales y la variabilidad morfológica de los organismos en siete grupos funcionales (GFBM I-VII) que reflejan las diferentes habilidades para absorber luz y nutrientes, destrezas en el crecimiento y mecanismos para prevenir la sedimentación y la depredación (Pacheco *et al.*, 2010; tabla 1). Además, considera la interacción entre las características limnológicas del cuerpo de agua y el condicionamiento de las formas biológicas, definiendo tolerancias y vulnerabilidades en el ambiente, ya sea desde los rasgos numéricos basados en el tamaño, como la dimensión lineal máxima (DLM), el volumen (V), la relación superficie volumen (S/V) o por rasgos especializados como aerótopos (Aer), flagelos (Fla), mucílago (Muc), heterocitos (Het) y sílice (Si). Dicha agrupación resulta en que determinados grupos de especies pueden predominar en un momento particular, compartiendo rasgos morfológicos y garantizando un mejor ajuste a las condiciones ambientales del sistema. Constituyen así un soporte para el monitoreo de los ecosistemas acuáticos, por medio de la predicción de la composición

de la comunidad y su relación con las condiciones ambientales (Kruk *et al.*, 2011; Kruk & Segura, 2012).

Diversos autores han concluido que el empleo de la morfología funcional permite revelar cambios asociados a la ecología del fitoplancton en ecosistemas acuáticos con diferentes tensores y características ambientales (Lins *et al.*, 2017; Segura *et al.*, 2018; Amorim *et al.*, 2019; Kruk *et al.*, 2017; Muñoz-López *et al.*, 2017). Algunos estudios realizados en sistemas inundables han sido desarrollados en el lago de inundación brasileiro 'Batata' y en la planicie de inundación del río Danubio, los cuales han concluido que las propiedades físicas del medio, así como su dinámica pulsátil son altamente determinantes sobre las estrategias o asociaciones de los grupos funcionales encontrados (Mihaljević *et al.*, 2015; Muñoz-López *et al.*, 2017). En lagos de inundación con una columna de agua mezclada, somera y turbia, como la Ciénaga de Ayapel, predominan organismos de mayor tamaño, altos volumen y razón S/V, adaptados a muchas perturbaciones físicas y tolerantes a poca luz (Hernández-Atilano *et al.*, 2012).

Esta planicie de inundación es un ecosistema estratégico debido a los servicios ecosistémicos que ofrece, como la regulación hidrológica de los ríos San Jorge y Cauca, así como el control del microclima, la mitigación de inundaciones, sustento alimentario, transporte fluvial, turismo y recreación (Aguilera, 2011), y fue declarado Distrito de Manejo Integrado en el 2009 y posteriormente sitio Ramsar en el 2018. Presenta también una serie de tensores ambientales como el aprovechamiento forestal, la deforestación para la adecuación de potreros destinados a la ganadería, la sobrepesca y captura de peces por debajo de las tallas mínimas, la explotación de fauna y flora endémicas y la contaminación del agua producto de las actividades agrícolas y ganaderas. Así mismo, la práctica de minería extensiva e informal de oro y níquel que se realiza sobre las cuencas de los ríos San Jorge y Cauca (García *et al.*, 2010), inciden en la calidad ecológica, la conectividad y la biodiversidad acuática y terrestre del ecosistema (Junk & Wantzen, 2004).



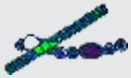

Adicionalmente, el pulso de la ciénaga ha estado influenciado por fenómenos naturales como La Niña, en 2010 (CEPAL, 2012) y El Niño, en 2015 (IDEAM, 2015); y por factores antrópicos como el rompimiento de un dique en el río Cauca en 2010, que generó un aumento prolongado del nivel medio de la ciénaga (Correa, 2013).



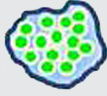
Bajo dicho contexto, la pregunta de éste estudio es ¿tienen incidencia los tensores ambientales que se

presentan en la ciénaga de Ayapel sobre la expresión de la ecología funcional del fitoplancton?

Se plantea como hipótesis que, si la morfología funcional está condicionada por las características limnológicas y éstas a su vez por los aspectos tensionantes a los que se ha sometido el ecosistema, entonces el uso de la clasificación morfofuncional permitirá identificar las estrategias ecológicas que los organismos han adecuado para lograr un mejor desempeño, en respuesta a los cambios en el entorno.

Tabla 1. Características morfológicas de los grupos funcionales de fitoplancton basados en la morfología, su filiación taxonómica, el valor medio y los rangos de variación de los rasgos morfológicos como volumen (V), superficie (S), relación superficie volumen (S/V), dimensión linear máxima (DLM) y de los rasgos especializados como aerótopos (Aer), flagelos (Fla), mucílago (Muc), heterocitos (Het) y sílice (Si). Modificado de Kruk *et al.* (2010).

Grupo	Descripción	Grupos taxonómicos	Rasgos morfológicos				Rasgos especializados				
			V μm^3	S μm^2	S/V μm^{-1}	DLM μm	Aer	Fla	Muc	Het	Si
I 	Pequeños, alta S/V: unicelulares y algunas pequeñas colonias o filamentos	Chlorococcales, Chroococcales (pico y nanoplacton), Oscillatoriales, Xanthophyceae, Ulothricales	12.9	134	5.1	7.8	0.02	0.03	0.06	0.00	0.00
			0.3 -120	2.3 -8191	1.5 -28.7	0.8 -43.6	0-1	0-1	0-1	0	0
II 	Chrysophytaes, Estructuras silíceas con exoesqueleto y flagelo	Chrysophytaes	626	308	1.6	17.1	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
			1.0 -10469	4.7 -2783	0.3 -6.8	2.0 -164	0	1	0	0	1
III 	Filamentos grandes de Cyanobacteria con aerótopos y heterocistos	Nostocales, Oscillatoriales	1541	1553	1.7	95.7	1.00	0.00	0.27	0.64	0.00
			8.1 -8708	19.6 -4598	0.4 -4.3	2.5 -259	1	0	0-1	0-1	0
IV 	Grandes unicelulas, colonias y filamentos	Chlorococcales, Oscillatoriales, Xanthophyceae, Zygnematophyceae	1543	791	1.6	37.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			12.7 -48255	29.1 -18200	0.1 -5.1	4.6 -700	0	0	0	0	0

	V Flagelados unicelulares	Cryptophytaes, Dinoflagellataes, Euglenophytaes, Volvocales, Chlorococcales	2444	764	1.2	17.5	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
			2.4	8.9	0.1	2.1	0	1	0	0	0
	VI Diatomeas no flageladas, con exoesqueleto de sílice	Diatomeas Centrales y Pennales	3143	1344	1.1	44.1	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
			7.8	19.2	0.2	2.8	0	0	0	0	1
	VII Colonias, algunas de gran tamaño con mucílago o lípidos	Chlorococcales, Chroococcales, algunas Oscillatoriales	43152	3062	1.0	30.1	0.04	0.00	1.00	0.00	0.00
			10.9	24.	0	3.5	0-1	0	1	0	0

Materiales y métodos

Área de estudio. El sistema cenagoso de Ayapel está localizado en el noroccidente de Colombia, en la cuenca media inferior del río San Jorge, a 25 km de la zona minera con la más alta producción de oro en el país (sur de Bolívar y noreste de Antioquia). Es parte de la planicie aluvial de la depresión Momposina, sobre la cual confluyen los ríos Cauca, Magdalena y San Jorge (Zapata *et al.*, 2013). Comprende un cuerpo de agua principal y varios cuerpos menores conectados a través de una red de caños de variable magnitud (CVS, 2014). Según el sistema de clasificación de tipos de humedales de la Convención Ramsar, es un complejo de humedales continentales que forma parte del macrosistema de humedales y zonas anegables de la depresión Momposina (Figura 1).

De acuerdo con la clasificación del sistema de Holdridge, la ciénaga corresponde a un ecosistema de bosque húmedo tropical. La elevación media es de 22 m s.n.m., el promedio anual de lluvias fluctúa entre 2000 y 2500 mm, con una temperatura ambiente promedio anual superior a los 25 °C (Aguirre *et al.*, 2005; Rangel-Ch. & Arellano, 2010). El régimen de precipitación está enmarcado en una época de lluvias de abril a noviembre y una época seca de diciembre a marzo, asociado al desplazamiento latitudinal de la zona de convergencia intertropical

(Aguilera, 2009). Así mismo, se presentan dos periodos de transición de aguas bajas en ascenso entre abril y mayo y de aguas altas en descenso entre diciembre y enero.

Diseño del muestreo. Con el fin de obtener el mayor contraste temporal posible, se analizó la información de dos investigaciones previas hechas entre 2005 y 2007; adicionalmente se incluye un muestreo realizado en 2015, influenciado por el fenómeno Niño-Oscilación del Sur (ENSO). Las investigaciones previas incluyeron el análisis de variables limnológicas, así como variables morfológicas del fitoplancton (Hernández *et al.*, 2008, 2012).

Para el monitoreo del 2015 se realizaron tres muestreos, en septiembre, octubre y diciembre, en siete estaciones ubicadas en el espejo de agua principal del sistema y correspondientes con la localización y método de muestreo de las estaciones incluidas en las investigaciones previas.

A partir de los niveles de precipitación mensuales y por medio de un análisis de conglomerados con el método Ward, se establecieron tres épocas hidrológicas correspondientes a bajas precipitaciones (promedio 42 mm): época seca (mS); transición a lluvias (promedio 350 mm): época de transición (mT); y bajas precipitaciones con influencia ENSO (promedio 54 mm): msENSO,

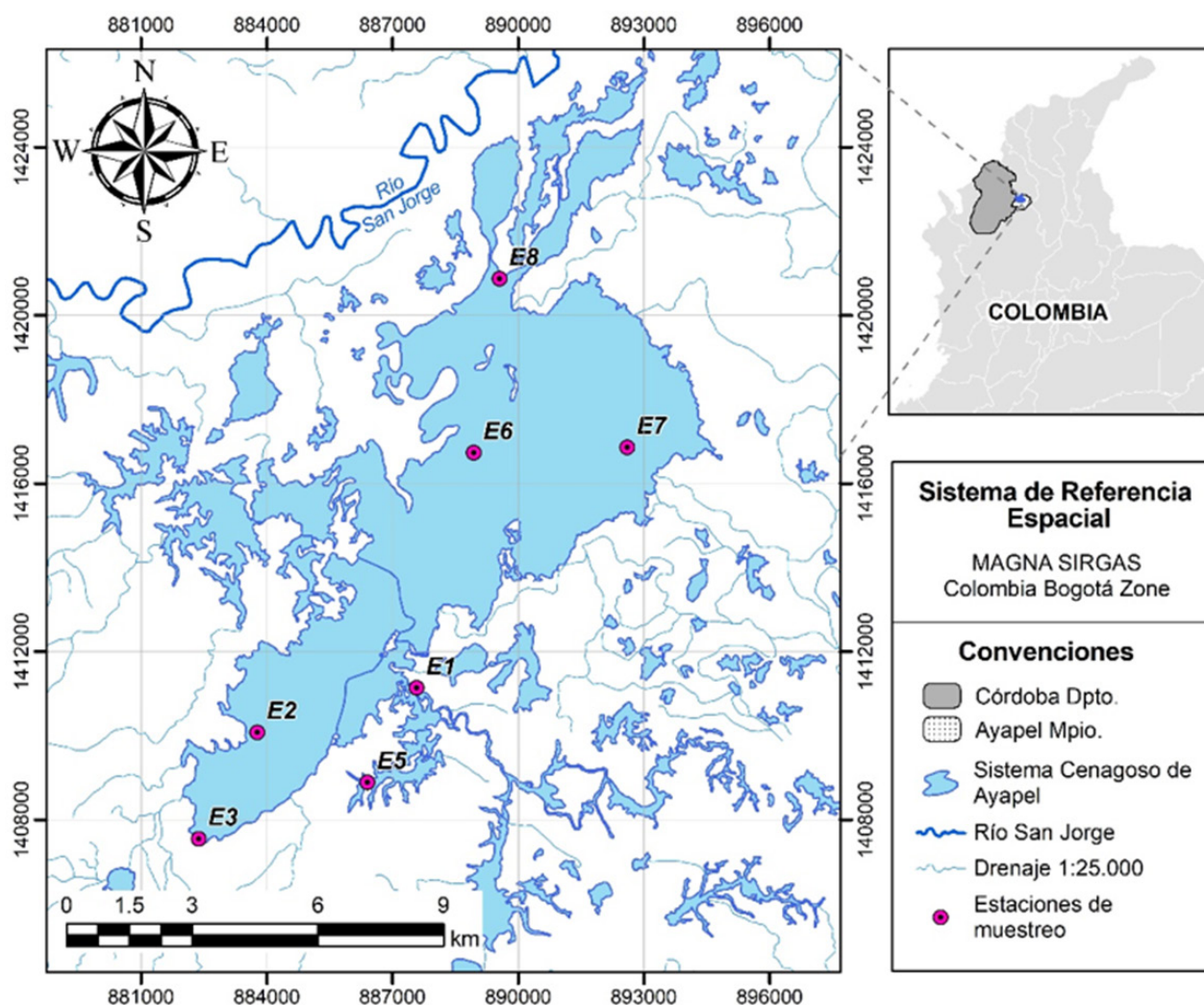


Figura 1. Ubicación geográfica de la Ciénaga de Ayapel y de las estaciones de muestreo (Córdoba, Colombia).

la cual agrupó todos los muestreos realizados durante el 2015.

Los datos de precipitación pluvial correspondientes a los meses de los muestreos fueron obtenidos del banco de datos del Instituto de Hidrobiología y Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2015) de la regional Atlántico. Las estaciones meteorológicas consideradas fueron Cecilia y Ayapel.

Análisis de las variables ambientales. Por medio de un equipo multiparamétrico HACH HQ40d se midieron *in situ* la temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$), el oxígeno di-

suelto (mg.l^{-1}), el pH, el potencial redox (mV) y la conductividad eléctrica ($\mu\text{S/cm}$); adicionalmente, con un disco Secchi se midió la transparencia (m). Por su parte, las variables de turbiedad (FNU) y alcalinidad (mg.l^{-1}) se midieron únicamente durante el 2015 (m2015) por medio de un Turbidímetro y un Test Visocolor, respectivamente.

Para la determinación de las concentraciones de ortofosfatos (PO_4^{3-}), nitratos (NO_3^-), amonio (NH_4^+), dureza total (mg.l^{-1}) y alcalinidad (mg.l^{-1}) se tomaron en cada una de las siete estaciones, muestras integradas en la columna de agua por medio de una botella tipo

Kemmerer. Las concentraciones de nutrientes fueron establecidas con un fotómetro compacto PF-12, mientras que la dureza total y la alcalinidad fueron determinadas a través de un Test Visocolor.

Análisis del fitoplancton. La determinación y conteo del fitoplancton se realizó en un microscopio invertido con un aumento de 400X, provisto de un software para la medición y toma de fotos de los organismos. Cada muestra fue tratada y cuantificada siguiendo la técnica de [Utermohl \(1958\)](#).

El volumen (V), la superficie (S) y la dimensión lineal máxima (DLM) de cada organismo se determinaron por medio de las ecuaciones geométricas propuestas por [Hillebrand *et al.* \(1999\)](#). El biovolumen individual ($\mu\text{m}^3 \cdot \text{l}^{-1}$) se estimó multiplicando el volumen (μm^3) por la densidad de individuos ($\text{ind} \cdot \text{l}^{-1}$). En cada una de las muestras recolectadas se midieron hasta 10 individuos de cada morfotipo para obtener las medidas promedio de DLM, S y V.

La clasificación de los organismos en los grupos funcionales basados en la morfología (GFBM) se realizó a partir de las dimensiones morfológicas medias y de la presencia de rasgos especializados de cada taxón, siguiendo la clave dicotómica de [Kruk *et al.* \(2010\)](#).

Análisis estadístico. Se realizó un análisis descriptivo con medidas de tendencia central y dispersión para las variables ambientales, biovolumen y rasgos morfológicos. Para determinar diferencias estadísticamente significativas a nivel espacial y temporal, y debido a la ausencia de normalidad en los datos, se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis, empleando el software Statgraphics Centurion.

Con el objetivo de determinar el modelo estadístico que mejor se ajusta a la respuesta de la variación de los GFBM con respecto a las variables ambientales, se hizo un análisis de correspondencia sin tendencia (DCCA), el cual estima el gradiente ambiental de acuerdo con la respuesta del conjunto de variables biológicas. Dado que la longitud del gradiente ambiental fue de 1.56 des-

viaciones estándar, se hizo un análisis de redundancia canónica (RDA).

Todas las variables incluidas en el RDA registraron un factor de inflación menor a 20 y sólo los ortofosfatos y la profundidad total mostraron ser significativas ($p < 0.05$) para el test de Monte Carlo con 499 permutaciones. Esta prueba se realizó con los datos previamente estandarizados y se empleó el programa de lenguaje de programación R.

Resultados

Variables ambientales. El análisis de agrupamiento para establecer las épocas hidrológicas definió dos grandes grupos con rangos similares ([Figura 2](#)). El primer grupo, correspondiente a menores niveles de precipitación, comprende la época seca (mS) y la época seca con influencia ENSO (msENSO). Por su parte, el segundo grupo abarca las mayores precipitaciones que corresponden a la época de transición (mT).

Las principales diferencias significativas de las variables ambientales entre épocas fueron los rangos de conductividad, las concentraciones de la dureza, los nitratos y los ortofosfatos ([Tabla 2](#)). En general las aguas de la ciénaga de Ayapel son aguas blandas, con valores entre 10-25 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1} \text{CaCO}_3$, a excepción de los muestreos realizados en el 2015, cuyos valores sugieren aguas semiblandas (40.4 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1} \text{CaCO}_3$). La conductividad en las épocas seca y de transición (mS y mT) osciló entre 47-54 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$, mientras que en el msENSO el valor medio fue de 112.3 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$, indicando un aumento en la mineralización de las aguas y por lo tanto en la productividad del sistema ([Roldán & Ramírez, 2008](#)).

Las moderadas concentraciones de oxígeno disuelto (4-6 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$) corresponden con los rangos de temperatura característica de las regiones, las cuales generan mayor consumo de oxígeno en la columna de agua ([Roldán & Ramírez, 2008](#)). El pH osciló entre 6.8 y 6.9 unidades, mostrando un comportamiento homogéneo y con valores cercanos a la neutralidad. Las concentraciones

Tabla 2. Estadígrafos de tendencia central de las variables físicas y químicas de la ciénaga de Ayapel, Colombia, por muestreo, teniendo en consideración los registros de las siete estaciones (estudios previos: mS, época seca y mT, época de transición; estudio nuevo 2015: msENSO, época seca con influencia ENSO). Valores p derivados de la prueba de Kruskal-Wallis (valores $p < 0.05$ indican diferencias estadísticamente significativas).

Época hidrológica	Estadígrafo	Profundidad total (m)	Transparencia Secchi (m)	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Dureza ($\text{mg.l}^{-1} \text{CaCO}_3$)	Oxígeno disuelto (mg.l^{-1})	Potencial redox (mV)	pH	Nitritos ($\text{NO}_2, \text{mg.l}^{-1}$)	Amonio ($\text{NH}_4, \text{mg.l}^{-1}$)	Ortofosfatos ($\text{PO}_4, \text{mg.l}^{-1}$)	Precipitaciones (mm)
mS	media	1.903	0.211	52.956	20.077	6.639	235.923	6.854	1.054	0.195	0.361	42.33
	desv.	0.94	0.112	18.082	5.090	0.873	29.619	1.453	0.447	0.155	0.222	2.517
	CV%	48.34	52.94	34.140	25.35	13.150	12.550	21.21	45.27	79.5	61.46	5.945
mT	media	3.743	0.419	47.538	22.286	4.737	226.429	6.831	0.609	0.12	0.101	362.5
	desv.	1.061	0.227	21.611	5.736	0.803	51.117	0.418	0.781	0.059	0.096	43.493
	CV%	28.34	54.24	45.46	25.740	16.95	22.58	6.12	128.21	49.88	95.05	11.998
msENSO	media	2.623	0.58	112.308	40.417	4.618		6.918	5.857	0.123	0.807	181.61
	desv.	1.242	0.444	49.146	17.315	1.732		0.251	4.832	0.064	0.390	124.985
	CV%	47.34	76.5	43.76	42.84	37.51		3.62	82.51	52.43	48.34	68.82
valor p	época	0.001	0.003	0.001	0.001	0.004	0.001	0.002	0.002	0.009	0.001	0.03
	estación	0.030	0.171	0.010	0.098	0.007	0.575	0.486	0.774	0.621	0.347	0.001

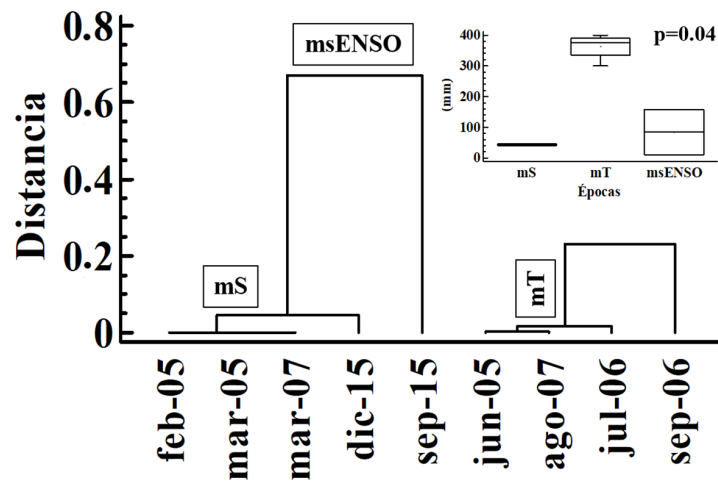


Figura 2. Análisis de conglomerados por el método de Ward de los muestreos de fitoplancton de la ciénaga de Ayapel, Colombia, a partir de los niveles de precipitación, y sus cajas esquemáticas. Valores p obtenidos de la prueba Kruskal-Wallis.

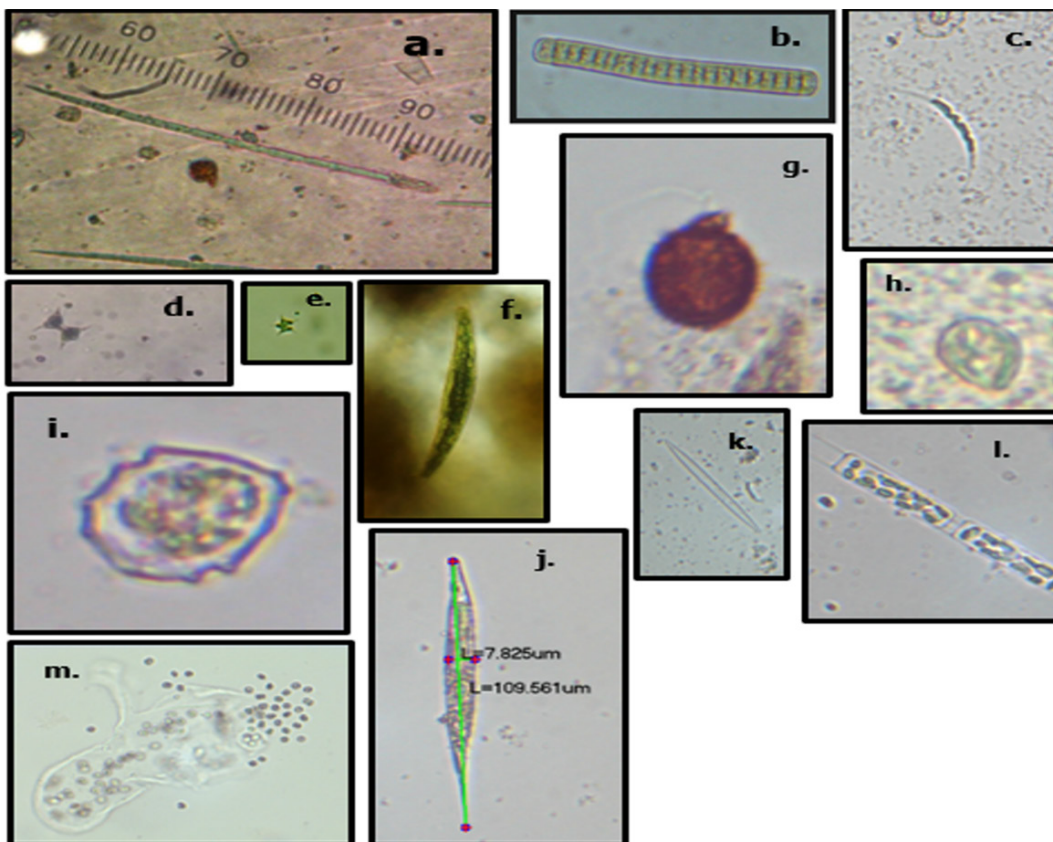


Figura 3. Organismos dominantes en la ciénaga de Ayapel, Colombia, por grupo morfo funcional. GFBM III: a. *Cylindrospermopsis* sp., b. *Oscillatoria* sp. GFBM IV: c. *Monoraphidium* sp., d. *Staurastrum* sp., e. *Tetraedron* cf., f. *Closterium* sp. GFBM V: g. *Trachelomonas* sp., h. *Cryptomonas* sp., i. *Paroodinium* cf., j. *Lepocinclis* cf. GFBM VI: k. *Fragilaria* sp., l. *Aulacoseira* sp. GFBM VII: m. *Aphanocapsa* cf.

medias de los nutrientes en las dos épocas previas se consideran bajas ($0.8 \text{ mg.l}^{-1} - \text{NO}_3^-$); no obstante, en el monitoreo del 2015, correspondiente a una época seca con influencia ENSO, se observaron mayores concentraciones de nitratos (5.8 mg.l^{-1}) y ortofosfatos (0.8 mg.l^{-1}).

En relación con la clasificación morfofuncional, se encontraron seis de los siete grupos (GFBM II-VII) propuestos por [Kruk *et al.* \(2010\)](#) y sus principales variaciones se observaron a nivel temporal. En la [figura 3](#) se muestran los organismos más representativos por grupo morfofuncional. La distribución de los grupos fue la siguiente:

El **GFBM II** (pequeños flagelados con estructuras silíceas: Chrysophyceae) estuvo presente únicamente en la época de transición (mT), aunque con bajo biovolumen. El **GFBM III** (grandes filamentos con aerótopos: Cyanobacteria) fue uno de los grupos más importantes en términos de biovolumen y de recurrencia durante el estudio; no obstante, sus mayores valores tuvieron lugar en la época seca (mS). Por su parte el **GFBM IV** (tamaño medio y ausencia de rasgos especializados) se observó en baja frecuencia y el **GFBM V** (flagelados unicelulares de tamaño medio a grande) estuvo presente con bajos biovolúmenes en las tres épocas; sin embargo, fue frecuente en todos los muestreos. El **GFBM VI** (organismos no flagelados y con exoesqueletos de sílice: diatomeas) fue más abundante en las épocas de transición y seca con influencia ENSO, mientras que el **GFBM VII** (colonias mucilaginosas con lípidos y aerótopos) presentó biomásas muy bajas en las tres épocas de estudio ([figura 4](#)).

Los mayores valores de la relación S/V y DLM se observaron en el GFBM III, con valores promedio de $2.66 \mu\text{m}$ y $263.3 \mu\text{m}$, respectivamente. Dichos valores corresponden a formas pequeñas y filamentosas. En contraste, en el GFBM V se observaron valores promedio de la DLM correspondientes a $50.4 \mu\text{m}$ y una relación S/V de $0.74 \mu\text{m}$; medidas relativamente bajas, correspondientes a morfotipos grandes o deformados. Una alta relación S/V y baja DLM fue observada en el GFBM IV, mientras que en los GFBM VI y VII se observaron

valores medios de la relación S/V y bajos de la DLM durante las tres épocas ([Figura 5](#)).

Las variaciones de los rasgos morfológicos también se evidenciaron a nivel temporal con respecto a las características de cada grupo ([Figura 6](#)). En general, los valores medios, tanto de la relación S/V como de la DLM de los **GFBM: II, III, IV, V y VI**, disminuyeron notablemente en el muestreo del 2015 (msENSO).

Los resultados del RDA ([Figura 7](#)) para explicar la distribución de los seis grupos funcionales basados en la morfología (**GFBM: II, III, IV, V, VI, VII**), en relación con las variables ambientales (nitratos, conductividad, potencial redox, oxígeno disuelto, dureza total, transparencia, ortofosfatos, profundidad total, amonio, pH) generaron un porcentaje de explicación de la varianza total del 61% ($p=0.02$). Todos los muestreos correspondientes al año 2015 (msENSO) tuvieron altas concentraciones de ortofosfatos, conductividad, nitratos y dureza y ningún GFBM asociado. Por su parte, a los muestreos previos (mS y mT) estuvieron relacionados los mayores biovolúmenes de los diferentes GFBM, de los cuales los grupos III y IV estuvieron asociados al potencial redox y el OD. Al msENSO no estuvo asociado ningún GFBM.

Discusión

La ciénaga de Ayapel corresponde a un sistema oligotrófico con tendencia mesotrófica, según los valores medios de nitritos ($5.9 \text{ mg.l}^{-1} - \text{NO}_3^-$) y ortofosfatos ($\text{PO}_4^{3-} > 0.9 \text{ mg.l}^{-1}$) medidos durante el año 2015 ([Esteves, 1998](#); [Vollenweider, 1968](#)). Así mismo, los valores de dureza y turbiedad medidos durante dicho año, están asociados a aguas semiduras ($\text{mg.l}^{-1} \text{ CaCO}_3 > 25 \text{ mg.l}^{-1}$) y altos valores de la turbiedad (59.0 FNU).

Los sistemas acuáticos ubicados a bajas elevaciones sobre el nivel del mar tienden a ser naturalmente más turbios por el arrastre de material alóctono y su dinámica pulsátil ([Roldán & Ramírez, 2008](#)).

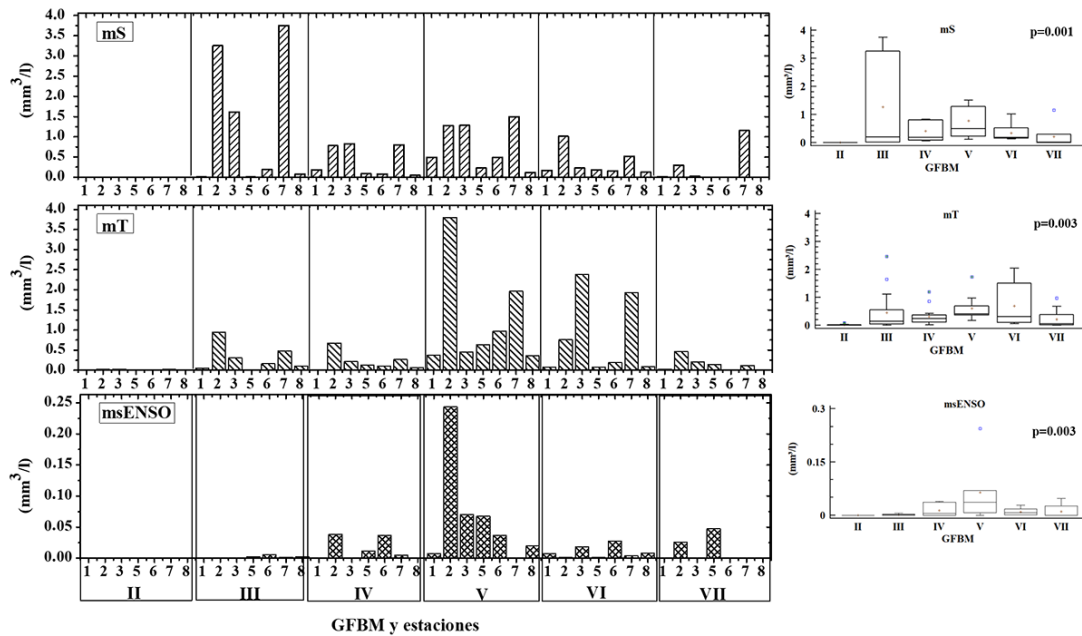


Figura 4. Comparación del biovolumen de los grupos funcionales basados en la morfología para las diferentes épocas de muestreo en la ciénaga de Ayapel, Colombia (estudios previos: mS, época seca y mT, época de transición; estudio nuevo 2015: msENSO, época seca con influencia ENSO). Valores p obtenidos de la prueba Kruskal-Wallis.

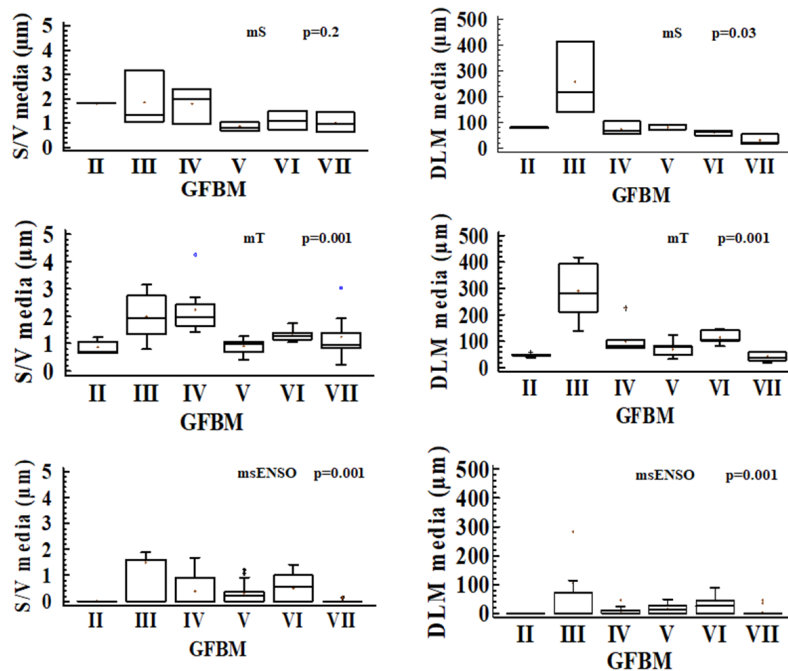


Figura 5. Comparación de los rasgos morfológicos de relación superficie volumen (S/V) y dimensión lineal máxima (DLM) de los grupos morfofuncionales de fitoplancton para las diferentes épocas de muestreo en la ciénaga de Ayapel, Colombia (estudios previos: mS, época seca y mT, época de transición; estudio nuevo 2015: msENSO, época seca con influencia ENSO). Los rasgos presentaron diferencias significativas entre los grupos ($p < 0.05$). Valores p derivados de la prueba Kruskal-Wallis.

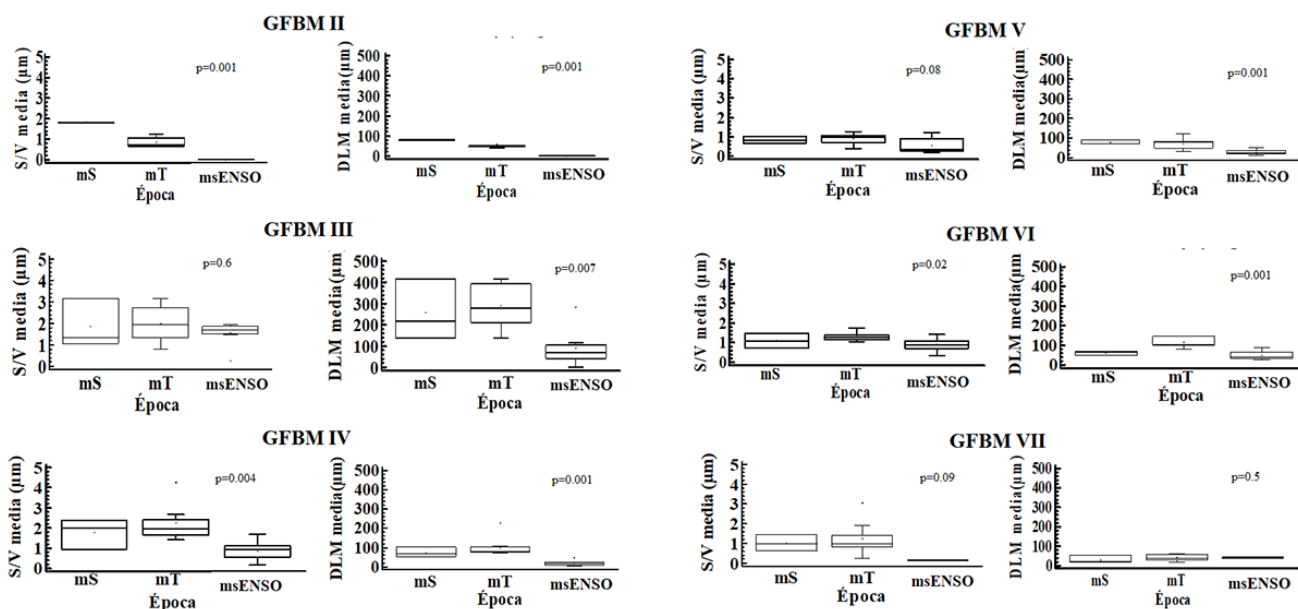


Figura 6. Variación temporal de los rasgos morfológicos de los GFBM II-VI del fitoplancton en la ciénaga de Ayapel, Colombia. Valores p obtenidos de la prueba de Kruskal-Wallis.

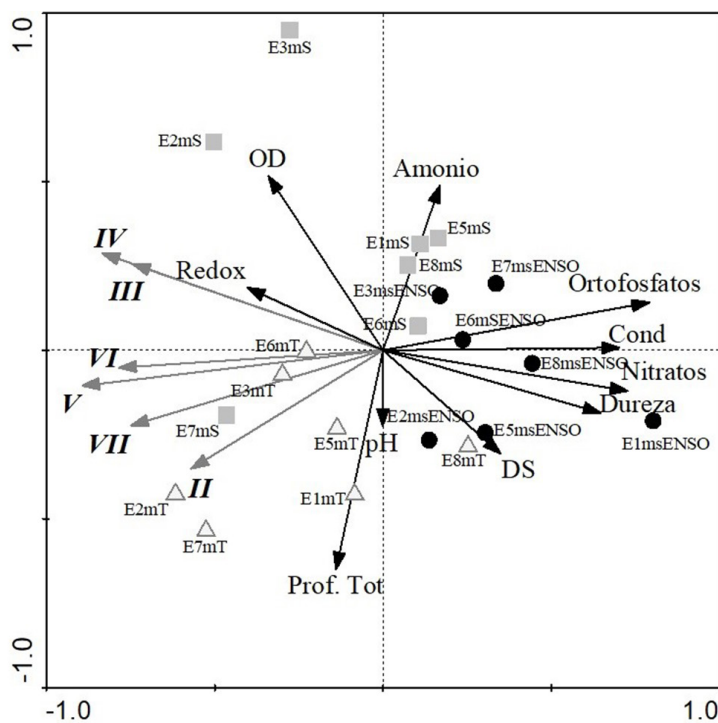


Figura 7. RDA biplot entre épocas, GFBM y variables ambientales para el fitoplancton de la ciénaga de Ayapel, Colombia. Los íconos representan las tres épocas de muestreo (cuadrados: época seca (mS); triángulos: época de transición (mT); círculos: muestreo 2015 (msENSO), las líneas negras simbolizan las variables ambientales y líneas grises los GFBM.

Sin embargo, desde el año 2010, actividades económicas como la minería y la adecuación de las áreas inundables para diferentes usos han aumentado, lo cual podría incidir en la turbiedad natural del sistema cenagoso de Ayapel.

En general, la turbiedad se relaciona con la productividad de los ecosistemas acuáticos, debido a que interfiere con la transmisión de la luz, aspecto que incide directamente en la productividad primaria del fitoplancton y en el flujo de energía del ecosistema (Amorim *et al.*, 2019). Lo anterior explica la mayor densidad de organismos mixotróficos (GFBM V) durante los muestreos del año 2015, dado que esta cualidad les confiere ventaja en la adaptación frente a unas condiciones poco favorables como la turbiedad, la turbulencia en una columna de agua somera y las variaciones de los nutrientes, factores que habitualmente son limitantes para los organismos estrictamente autótrofos.

De acuerdo con los criterios de Wurts & Durborow (1992), los valores medios de alcalinidad (0.8 mg.L⁻¹) observados durante los últimos diagnósticos llevados a cabo en el 2015 indican que la ciénaga es bastante vulnerable a posibles cambios bruscos de pH, dada la poca capacidad que tiene para neutralizar el ingreso de compuestos ácidos al sistema.

Según Mihaljević *et al.* (2015) las condiciones bióticas y abióticas de las planicies de inundación están estrechamente ligadas a los períodos hidroclimáticos. En el presente estudio, la variación de las condiciones físicas y químicas durante el período comprendido resultó en cambios en la distribución temporal de los organismos y biovolumen representado en los diferentes GFBM, lo cual vislumbra cambios importantes en el sistema y en la respuesta de la comunidad del fitoplancton (Muñoz-López *et al.*, 2017).

El biovolumen del fitoplancton en un ecosistema está relacionado con la interacción de varios factores, como sus características fisiológicas y morfológicas, la disponibilidad de nutrientes y luz, la tasa de absorción de nutrientes y la tasa de pérdida de biomasa (Amorim *et al.*, 2019). En el presente estudio, el biovolumen mostró

una disminución considerable para el año 2015, para el cual se registraron las mayores concentraciones de nutrientes. Al respecto, Reynolds (1980, 1984, 1997) argumenta que no sólo la escasez, sino también el exceso de ciertos factores inciden en la adecuación de un organismo; en consecuencia, amplias variaciones en las condiciones ambientales pueden afectar el rango de tolerancia del organismo y su desempeño ecológico.

Los cambios que se evidenciaron en la ciénaga en el 2015 son el resumen de las perturbaciones naturales y antrópicas que se dieron en franjas temporales precedentes y que para este estudio son representadas por la información disponible de los dos estudios previos realizados (época seca y época de transición). De esta forma las comparaciones generadas en los niveles de tolerancia del fitoplancton expresadas a través de las variaciones morfológicas se describen a continuación.

La comunidad fitoplanctónica de la época previa seca estuvo dominado principalmente por la especie *Cylindrospermopsis raciborskii*, la cual también fue reportada por Jaramillo & Aguirre (2012) al evaluar la variación temporal del plancton en la ciénaga de Ayapel. *C. raciborskii*, pertenece al GFBM III, es un representante de los estrategas r, presenta baja herbivoría y una alta capacidad de suspensión debido a la presencia de aerótopos (Mur *et al.*, 1999), lo que genera una baja sedimentación y que sus poblaciones sean constantes una vez estén establecidas en un ambiente turbio y turbulento.

La dominancia del GFBM III ha sido reportada en otros lagos tropicales por Bortolini *et al.* (2016) y Amorim *et al.* (2019) en ecosistemas eutróficos y someros. Este grupo presenta además una rápida respuesta al estrés ambiental generado por los cambios en el ambiente, los cuales en el caso de la ciénaga de Ayapel corresponden a las perturbaciones naturales de estiaje y llenado del sistema, otorgándoles cierta ventaja en un sistema inundable (Hernández *et al.*, 2008). Las características geométricas de dicho grupo durante la época seca, como un bajo biovolumen y las altas relaciones S/V son la respuesta a las limitaciones de luz, sugiriendo que rasgos morfológicos correspondientes a formas

alargadas y filamentos cilíndricos en la comunidad son el ajuste más eficiente para la captación de luz.

La baja ocurrencia de los GFBM II y IV evidencia el efecto que tiene la turbidez de la ciénaga sobre las adecuaciones morfológicas del fitoplancton, pues éstos grupos requieren de altas transparencias para su desarrollo y en general son favorecidos por condiciones oligotróficas a mesotróficas (Kruk & Segura, 2012; Izaguirre *et al.*, 2012).

Para la época previa de transición se observó que las especies más abundantes fueron *Aulacoseira granulata* y *Peridinium* sp., pertenecientes a los GFBM VI y V, respectivamente. Las especies del género *Aulacoseira* presentan una amplia variabilidad morfológica intra-específica, debido a la facultad que tienen para adaptarse a diversas condiciones hidráulicas (O'Farrell *et al.*, 2001). Respecto al género *Peridinium*, éstos dinoflagelados no requieren turbulencia para permanecer en las capas superficiales de la columna de agua, debido a su movilidad y a la habilidad de formar quistes que les confiere resistencia a condiciones ambientales desfavorables o cambiantes (Oda & Bicudo, 2006). Otros rasgos morfológicos que caracterizan al GFBM V, como células de mayor tamaño y un aparato locomotor, les confiere una mayor ventaja adaptativa por poder regular su posición vertical y disminuir la presión por herbivoría (Reynolds, 1997). Adicionalmente, la mayoría de los organismos pertenecientes a este grupo tienen una estrategia ecológica primariamente adquisitiva, denominados estrategas k y con un crecimiento lento como consecuencia de una relación S/V moderada.

Dentro de los seis grupos encontrados, los biovolúmenes de los GFBM III y V presentaron mayor variación entre las tres épocas consideradas, con la dominancia del GFBM III en los muestreos previos al año 2015 y la particular prevalencia del GFBM V durante los muestreos del año 2015. La transición del ensamblaje fitoplanctónico de la ciénaga a través de la morfología funcional demuestra que las condiciones ambientales han generado una transformación en la franja de tiempo estudiada, y por lo tanto el empleo

de esta metodología fue una herramienta útil para diagnosticar los efectos de los tensores ambientales que se dan en el área de estudio a través del tiempo.

En el muestreo del 2015, el género *Trachelomonas*, perteneciente al GFBM V, registró los mayores biovolúmenes entre todos los muestreos; en contraste, ya no se encontró *C. raciborskii* registrada como dominante en la época previa seca. Al respecto, Garduño *et al.* (2011) encontraron una importante asociación entre la mayor riqueza de especies de *Trachelomonas* y el aumento de la turbidez en un cuerpo de agua monomítico. Este género perteneciente al GFBM V se determina principalmente por la presencia de flagelos, característica que permitiría evadir por medio de la locomoción la baja transparencia en la columna de agua, aspecto que caracterizó los muestreos del año 2015. Es posible entonces que la adecuación morfológica de este grupo, además de beneficiarse por la presencia de flagelo y de la capacidad de desarrollar mixotrofia (Kruk *et al.*, 2010), le otorgue habilidades para tolerar ecológicamente el aumento de la turbiedad y las concentraciones de nutrientes, lo cual podría explicar la permanencia y sobre todo la predominancia del GFBM V durante dicho año.

Los GFBM VI y VII mostraron baja incidencia durante las épocas estudiadas. Al respecto, la baja proporción del GFBM VI se puede explicar por las altas tasas de sedimentación debido a su exoesqueleto silíceo y por la ubicación de las estaciones de muestreo consideradas, ubicadas en el espejo de agua principal lejos de la región litoral, aspectos que no favorecen la presencia de diatomeas perifíticas y meroplanctónicas (Bortolini *et al.*, 2016). Estos mismos autores reportaron que la dominancia del GFBM VII en el Lago Osmar, en el sur de Brasil, estuvo principalmente asociada a la alta disponibilidad de luz, lo que sugiere que la baja presencia de dicho grupo en la ciénaga de Ayapel puede ser el resultado de un efecto fotoinhibidor que tiene la resuspensión de sedimentos en la columna de agua y la consecuente disminución en la transparencia.

La transición de los GFBM y sus rasgos morfológicos sugiere que las condiciones ambientales de la ciénaga

han presentado cambios en la franja de tiempo considerada y que la adaptación morfológica ha dado paso a la alternancia de grupos con una mayor tolerancia ecológica y estrategias de supervivencia que evaden la alta turbiedad, la turbulencia en la columna de agua y posiblemente la fotoinhibición.

Uno de los principales factores que recientemente han alterado las condiciones de la ciénaga está asociado a las actividades mineras (El Colombiano, 2016). Los efectos de ésta actividad no han sido dimensionados claramente en Ayapel; sin embargo, la resuspensión de sedimentos que dicha actividad implica afecta la productividad del fitoplancton, debido al aumento de sólidos suspendidos y a la forma en la que la luz se atenúa en la columna de agua. En consecuencia, una alta turbiedad resulta en una menor biomasa del fitoplancton debido a las condiciones que impone la limitación de luz (Chaffin *et al.*, 2012).

Dicho factor limitante fue evaluado por Naselli-Flores *et al.* (2007) en el Lago Arancio, en Sicilia, encontrando que las formas cilíndricas logran desarrollarse bien en un ambiente con disponibilidad de nutrientes y donde la relación de la profundidad de mezcla y la profundidad de la zona eufótica (Z_{mix}/Z_{eu} , 1.5-3.0) es baja, ya que para maximizar la exposición de los cloroplastos a la luz y garantizar su recolección, dicha forma alargada es la más eficiente. Sin embargo, en el mismo estudio, estos autores observaron que ante una alta relación de la profundidad de mezcla y la profundidad de la zona eufótica ($Z_{mix}/Z_{eu} > 5$), la morfología más eficiente corresponde a formas unicelulares grandes con aparato locomotor. Estos organismos logran explotar los recursos por encima del límite impuesto por las concentraciones de nutrientes (Naselli-Flores & Barone, 2007) y en teoría, deberían beneficiarse de una irradiación alta y de una baja disponibilidad de nutrientes. Lo anterior concuerda con lo encontrado en el presente estudio e invita a indagar profundamente sobre cómo los tensores naturales y antrópicos inciden sobre el ambiente lumínico y la dinámica de los nutrientes.

Conclusiones

La comparación entre los estudios previos (mS y mT) y el último año de monitoreo (msENSO) muestra claramente dos aspectos relevantes que reflejan a través de los rasgos funcionales del fitoplancton el cambio de las condiciones de la ciénaga de Ayapel durante la franja de tiempo estudiada. El primero está asociado a la disminución del biovolumen y el segundo, al cambio de las estrategias morfológicas relacionadas específicamente con el cambio de la predominancia del GFBM III al V, que evidencia una adecuación de formas filamentosas a formas flageladas, así como el cambio de una estrategia ecológica r a una primariamente adquisitiva como la k.

Agradecimientos

Los autores agradecen al grupo de investigación Geolimna de la Universidad de Antioquia y a CORPOA-YAPEL por el apoyo logístico y experimental en la realización de este estudio.

Referencias

- Aguilera Díaz, M. M. (2009). *Ciénaga de Ayapel: Riqueza en biodiversidad y recursos hídricos*. Bogotá D.C.: Banco de la República de Colombia. <https://doi.org/10.32468/dtseru.112>
- Aguilera Díaz, M. M. (2011). *La economía de las ciénagas del Caribe colombiano*. Bogotá D.C.: Banco de la República de Colombia.
- Aguirre, N., Palacio, J. A., Flórez, M. T., Wills, A., Caicedo, O., Jiménez, L. F. & Vélez, J. L. (2005). *Análisis de la relación río-ciénaga y su efecto sobre la producción pesquera en el sistema cenagoso de Ayapel, Colombia*. (Informe técnico). Medellín, Colombia: Grupo de Investigación en Gestión y Modelación Ambiental.
- Amorim, C. A., Valença, C. R., de Moura-Falcão, R. H. & do Nascimento Moura, A. (2019). Seasonal variations of morpho-functional phytoplankton groups

- influence the top-down control of a cladoceran in a tropical hypereutrophic lake. *Aquatic Ecology*, 8, 1-12. <https://doi.org/10.1007/s10452-019-09701-8>
- Bortolini, J. C., Moresco, G. A., De Paula, A. C. M., Jati, S. & Rodrigues, L. C. (2016). Functional approach based on morphology as a model of phytoplankton variability in a subtropical floodplain lake: a long-term study. *Hydrobiologia*, 767(1), 151 - 163. <https://doi.org/10.1007/s10750-015-2490-z>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. -CEPAL- (2012). *Valoración de daños y pérdidas. Ola invernal en Colombia 2010-2011*. Bogotá D.C.: Misión BID.
- Chaffin, J. D., Bridgeman, T. B., Heckathorn, S. A. & Krause, A. E. (2012). Role of suspended sediments and mixing in reducing photoinhibition in the bloom-forming cyanobacterium *Microcystis*. *Journal of Water Resource and Protection*, 4(12), 1029 - 1041. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2012.412119>
- Correa, M. V. (2013). La Mojana: tres años bajo el agua. https://www.elcolombiano.com/historico/la_mojana_tres_anos_bajo_el_agua-GCec_250521
- Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge - CVS. (2014). *Plan de acción para la temporada invernal en el departamento Córdoba*. San Jorge, Colombia: Subdirección de gestión ambiental CVS, Grupo gestión del riesgo.
- El Colombiano. (2016, September). S.O.S para salvar 160 Km2 de la ciénaga de Ayapel. <https://www.elcolombiano.com/colombia/sos-para-salvar-160-km2-de-la-cienaga-de-ayapel-FE5042263>
- Esteves, F. A. (1998). *Fundamentos de limnología*. Rio de Janeiro: Interciencia Ltda.
- Garcia, L., Marrugo, J. L. & Alvis, E. M. (2010). Contaminación por mercurio en humanos y peces en el municipio de Ayapel, Córdoba, Colombia. *Revista de la Facultad Nacional de Salud Pública*, 28(2), 118-124.
- Garduño, G., Oliva, M. G., Lugo, A., Mendoza, M. B., Quintanar, R. E. & Conforti, V. (2011). Trachelomonas (Euglenophyta) from a eutrophic reservoir in Central Mexico. *Journal of Environmental Biology*, 32, 463 - 471.
- Grime, J. (1977). Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *The American Naturalist*, 111(982), 1169-1194. <https://doi.org/10.1086/283244>
- Hernández, E., Aguirre, N. J., Palacio, J. A. & Ramírez, J. J. (2008). Variación espacio temporal de la asociación fitoplanctónica en diferentes momentos del pulso hidrológico en la cienaga de Ayapel (Córdoba), Colombia. *Actualidades Biológicas*, 30(88), 67-81.
- Hernández-Atilano, E., Aguirre, N. J., Palacio, J., Ramírez-Restrepo, J., Duque, S., Guisande-González, C. & Mogollón, M. (2012). Rasgos morfológicos del fitoplancton en seis sistemas leníticos de las regiones Amazónica, Andina y Caribe de Colombia. *Actualidades Biológicas*, 34(96), 67-83.
- Hillebrand, H., Dürselen, C., Kirschtel, D., Pollinger, U. & Zohary, T. (1999). Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *Journal of Phycology*, 35(2), 403-424. <https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.1999.3520403.x>
- IDEAM. (2015). El Niño continúa presente y se intensifica. Recuperado de [http://www.ideam.gov.co/web/Izaguirre, I., Allende, L., Escaray, R., Bustingorry, J., Pérez, G. & Tell, G. \(2012\). Comparison of morpho-functional phytoplankton classifications in human-impacted shallow lakes with different stable states. *Hydrobiologia*, 698\(1\), 203 - 216. <https://doi.org/10.1007/s10750-012-1069-1>](http://www.ideam.gov.co/web/Izaguirre, I., Allende, L., Escaray, R., Bustingorry, J., Pérez, G. & Tell, G. (2012). Comparison of morpho-functional phytoplankton classifications in human-impacted shallow lakes with different stable states. Hydrobiologia, 698(1), 203 - 216. https://doi.org/10.1007/s10750-012-1069-1)
- Jaramillo, J. C. & Aguirre, N. J. (2012). Spatio-temporal changes in plankton in the Ciénaga de Ayapel (Córdoba-Colombia), during the period of lower water level. *Caldasia*, 34(1), 213 - 26.
- Junk, W. J. & Wantzen, K. M. (2004). *The flood pulse concept: new aspects, approaches and applications - an update*. Proceedings of the Second International Symposium on the Management of Large Rivers for Fisheries, 117 - 149.
- Kruk, C., Huszar, V. L. M., Peeters, E. T. H. M., Bonilla, S., Costa, L., Lürling, M., Reynolds, C. & Scheffer, M. (2010). A morphological classification capturing functional variation in phytoplankton. *Freshwater Biology*, 55(3), 614 - 627. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02298.x>
- Kruk, C., Peeters, E.T. H. M., Van Nes, E. H., Huszar, V. L. M., Costa, L. S. & Scheffer, M. (2011). Phytoplankton community composition can be predicted best in terms of morphological groups. *Limnology and Oceanography*, 56(1), 110 - 118. <https://doi.org/10.4319/lo.2011.56.1.0110>
- Kruk, C. & Segura, A. M. (2012). The habitat template of phytoplankton morphology-based

- functional groups. *Hydrobiologia*, 698(1), 191 - 202. <https://doi.org/10.1007/s10750-012-1072-6>
- Kruk, C., Devercelli, M., Huszar, V.L.M., Hernández, E., Beamud, G., Diaz, M., Silva, L.H.S. & Segura, A.M. (2017). Classification of Reynolds phytoplankton functional groups using individual traits and machine learning techniques. *Freshwater Biology*, 62(10), 1681-1692. <https://doi.org/10.1111/fwb.12968>
- Lins, R. P. M., Ovruski de Ceballos, B. S., Serramo Lopez, L. C. & Gomes Barbosa, L. (2017). Phytoplankton functional groups in a tropical reservoir in the Brazilian semiarid region. *Revista de Biología Tropical*, 65(3), 1129 - 1141. <https://doi.org/10.15517/rbt.v65i3.29446>
- Margalef, R. (1993). *Limnología*. Barcelona: Editorial Omega
- Mihaljevic, M., Stevic, F., Spoljaric, D. & Zuna pfeiffer, T. (2015). Spatial pattern of phytoplankton based on the Morphology- Based Functional approach along a river floodplain gradient. *River Research and Applications*, 31(2), 228 - 238. <https://doi.org/10.1002/rra.2739>
- Mur, R. L., Skulberg, O. M. & Utkilen, H. (1999). Cyanobacteria in the Environment. En: Chorus, I. & Bartram, J. (Eds). *Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences*.
- Muñoz-López, C. L., Aranguren-Riaño, N. J. & Duque, S. R. (2017). Functional morphology of phytoplankton in a tropical high mountain lake: Tota Lake (Boyacá-Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 65(2), 669 - 684. <https://doi.org/10.15517/rbt.v65i2.23903>
- Naselli-Flores, L. & Barone, R. (2007). Pluriannual morphological variability of phytoplankton in a highly productive mediterranean reservoir (Lake Arancio, Southwestern Sicily). *Hydrobiologia*, 578(1), 87 - 95. <https://doi.org/10.1007/s10750-006-0436-1>
- Naselli-Flores, L., Padisák, J. & Albay, M. (2007). Shape and size in phytoplankton ecology: Do they matter?. *Hydrobiologia*, 578(1), 157 - 161. <https://doi.org/10.1007/s10750-006-2815-z>
- O'Farrell, I., Tell, G. & Podlejski, A. (2001). Morphological variability of *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Simonsen (Bacillariophyceae) in the Lower Paraná River (Argentina). *Limnology*, 2(2), 65 - 71. <https://doi.org/10.1007/s102010170001>
- Oda, A. C. R. & Bicudo, C. E. M. (2006). Ecology of *Peridinium gatunense* and *Peridinium umbonatum* (Dinophyceae) in a shallow tropical oligotrophic reservoir (IAG Pond), São Paulo, southeast Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 18(2), 165 - 180.
- Pacheco, J. P., Iglesias, C., Meerhoff, M., Fosalba, C., Goyenola, G., Teixeira-de Mello, F., García, S., Gelós, M. & García-Rodríguez, F. (2010). Phytoplankton community structure in five subtropical shallow lakes with different trophic status (Uruguay): a morphology-based approach. *Hydrobiologia*, 646(1), 187-197. <https://doi.org/10.1007/s10750-010-0180-4>
- Roldán, G. & Ramírez, J. J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Rangel-Ch, J. O. & Arellano, H. (2010). Diversidad Biótica IX: Ciénagas de Córdoba. Biodiversidad, Ecología y Manejo ambiental. En: Rangel-Ch, J.O. (ed). *Clima*. Bogotá D.C.: Instituto de Ciencias Naturales.
- Reynolds, C. S. (1980). Phytoplankton assemblages and their periodicity in stratifying lake systems. *Ecography*, 3(3), 141-159. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1980.tb00721.x>
- Reynolds, C. S. (1984). *The ecology of freshwater phytoplankton*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Reynolds, C. S. (1997). Vegetation processes in the pelagic: a model for ecosystem theory. *The quarterly review of biology*, 73(2), 228. <https://doi.org/10.1086/420250>
- Reynolds, C. S., Huszar, V., Kruk, C., Naselli-Flores, L. & Melo, S. (2002). Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research*, 24(5), 417 - 428. <https://doi.org/10.1093/plankt/24.5.417>
- Segura, A. M., Sarthou, F. & Kruk, C. (2018). Morphology-based differences in the thermal response of freshwater phytoplankton. *Biology Letters*, 14(5), 1 - 4. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2017.0790>
- Utermohl, H. (1958). Zur Vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodik. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, 9, 1 - 38. <https://doi.org/10.1080/05384680.1958.11904091>
- Vollenweider, R. A. (1968). *Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing water, with particular reference to phosphorus and nitrogen as factors in eutrophication*. (Tech. Rep). Paris, Francia: OECD. 159 pp.

Wurts, W. A. & Durborow, R. M. (1992). *Interactions of pH, carbon dioxide, alkalinity and hardness in fish ponds*. Ames, USA: Southern Regional Aquaculture Center Publication, Iowa State University.

Zapata, G., Bermúdez, J. G., Rodríguez, G. & Arango, M. I. (2013). Cartografía Geológica de la Plancha 83 Nechí (Departamento de Antioquia). Bogotá D.C.: Ministerio de Minas y Energía-Servicio Geológico Colombiano.

Ana María Zabala Agudelo

Universidad de Antioquia

Medellín, Colombia

ana.zabala@udea.edu.co

<https://orcid.org/0000-0002-7424-8936>

Esnedy Hernández

Universidad de Antioquia

Medellín, Colombia

esnedy.hernandez@udea.edu.co

<https://orcid.org/0000-0003-2380-1436>

Diana María Agudelo

Universidad de Antioquia

Medellín, Colombia

diana.agudelo@udea.edu.co

<https://orcid.org/0000-0003-2068-2902>

Nestor Jaime Aguirre

Universidad de Antioquia

Medellín, Colombia

nestor.aguirre@udea.edu.co

<https://orcid.org/0000-0003-0047-3807>

Fabio de Jesús Vélez

Universidad de Antioquia

Medellín, Colombia

fabio.velez@udea.edu.co

<https://orcid.org/0000-0001-6348-6405>

Variación temporal de la morfología funcional del fitoplancton en una planicie inundable del Caribe Colombiano

Citación del artículo: Zabala, A.A., Henández, E., Agudelo, D.A., Agurre, N.J. & Vélez, F.J. (2019). Variación temporal de la morfología funcional del fitoplancton en una planicie inundable del caribe Colombiano. *Biota Colombiana*, 20(2), 2-19. DOI: [10.21068/c2019.v20n02a01](https://doi.org/10.21068/c2019.v20n02a01).

Recibido: 2 de septiembre de 2018

Aceptado: 29 de julio de 2019

Impactos del cambio climático sobre la flora acuática de las Lagunas Verdes, volcán Chiles, Ecuador

Impacts of climate change on the aquatic flora of Lagunas Verdes, Chiles Volcano, Ecuador

Esteban Terneus Jácome^{id}, Berenice Vallejo^{id} y Mateo Gómez de la Torre^{id}

Resumen

Evaluamos los impactos del cambio climático sobre la estructura y composición florística de las plantas acuáticas en cinco lagunas altoandinas (3900 m s. n. m.), al pie del volcán Chiles. Utilizamos transectos y cuadrantes de profundidad para evaluar riqueza y patrones de cobertura vegetal, y evaluamos la físicoquímica de agua con equipos electrónicos de medición *in situ*. Esta información fue comparada con la generada hace 17 años. Registramos 15 especies de plantas acuáticas, de las cuales se evidenció reducción en las poblaciones de *Isoetes* sp., *Crassula venezuelensis* y *Elatine ecuadoriensis*. Al parecer, *Lilaeopsis schaffneriana* y *Juncus stipulatus* son remplazadas por *Lachemilla nivalis*, y una Poaceae del género *Agrostis* como colonizadora. Las características abióticas de las lagunas evidencian cambios en el pH y la conductividad de sus aguas, generando condiciones particulares para un posible establecimiento de especies distintas a los registros históricos. Evidenciamos perjuicios sobre la naturaleza del ecosistema acuático, por la pérdida o reemplazo de especies hidrófitas por helófitas, como indicadoras de un potencial proceso de transformación de ambientes naturales, y un inminente riesgo de la permanencia y la funcionalidad ecológica de los ecosistemas acuáticos del lugar.

Palabras clave. Ecosistema Acuático. Helófitas. Hidrófitas. Plantas acuáticas. Poblaciones. Vulnerabilidad.

Abstract

We evaluated the impact of climate change on the structure and floral composition of the aquatic plants occurring in five Andean lakes (3900 m a. s. l.) at the foot of the Chiles Volcano. We obtained field information using transects and depth quadrants to evaluate richness and cover vegetation patterns, whereas physical chemistry of water was evaluated using electronic measuring equipment *in situ*. Part of the information from the same lakes 17 years ago was used as a basis for comparison. We recorded fifteen species of aquatic plants, with evidence of a reduction in the populations of *Isoetes* sp., *Crassula venezuelensis* and *Elatine ecuadoriensis*. Apparently, *Lilaeopsis schaffneriana* and *Juncus stipulatus* were replaced by *Lachemilla nivalis* and a Poaceae of the genus *Agrostis* as a colonizer. The abiotic characteristics of the lakes show changing trends in pH and conductivity of the waters, turning them more neutral than acidic. This leads to conditions that may allow for the establishment of species other than those of historical records, increasing the general variety, implying the possibility that climate change effects are not necessarily negative in this situation. However, there is evidence of damage to the natural aquatic ecosystem, through the loss or replacement of hydrophilic for halophile plants. This potential transformation process of the natural environment jeopardizes the ecological functioning of the aquatic ecosystems in the area.

Keywords. Aquatic Ecosystems. Aquatic Plants. Helophytes. Hydrophytes. Populations. Vulnerability.

Introducción

Uno de los factores para medir los impactos del cambio climático sobre las especies es la vulnerabilidad de las mismas a los cambios ambientales (Dawson *et al.*, 2011). En los ecosistemas acuáticos en particular, esta vulnerabilidad se presenta con mayor fuerza por la sensibilidad de las especies a las variaciones del medio, lo cual puede producir cambios en la estructura poblacional, en los patrones de asociación a nivel de comunidad, hasta el reemplazo y desaparición de especies locales (Dawson *et al.*, 2011).

La vulnerabilidad, entendida como la susceptibilidad del sistema a los impactos negativos, se expresa en tres componentes: exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa de las especies a los cambios en su hábitat (Foden *et al.*, 2013). Estos componentes tienen efectos a escala local, regional y global.

La exposición hace referencia a la magnitud del cambio climático (temperatura, precipitación, variaciones de nivel de agua y otros) en hábitats y ecosistemas ocupados por las especies. Mientras tanto, la sensibilidad está determinada por factores intrínsecos, incluyendo límites de tolerancia ecológica a los que se hace referencia en este estudio (Williams *et al.*, 2008). Finalmente, la capacidad adaptativa hace referencia a la capacidad de las especies de subsistir en el lugar, y está condicionada a factores intrínsecos como plasticidad fenotípica, diversidad genética, factores evolutivos, ciclos de vida y habilidades de dispersión y colonización de ambientes (Dawson *et al.*, 2011).

Investigaciones recientes demuestran los impactos del cambio climático sobre las poblaciones de peces (Kwon *et al.*, 2015; Pandit *et al.*, 2017) y bentos marinos (Jiao *et al.*, 2015; Göransson, 2017), particularmente sobre los patrones de distribución y migración.

Sin embargo, no existe información suficiente relacionada al impacto del cambio climático sobre especies de agua dulce y sobre todo en aquellos gremios de productividad primaria, como la vegetación acuática de las lagunas altoandinas, asentadas en los trópicos,

donde el impacto del cambio climático se manifiesta con mayor fuerza hacia las zonas altoandinas de la línea ecuatorial (Thomas *et al.*, 2004).

Si bien es cierto que la capacidad adaptativa de las especies frente a los cambios ambientales puede manifestarse a mediano y largo plazo, existen especies cuyo umbral de sensibilidad responde de forma más acelerada, dependiendo de la estructura física y fisiológica del organismo hacia las condiciones del medio (Fjerdinstad *et al.*, 2007). Este es el caso particular del medio acuático, donde las especies son más sensibles a este tipo de cambios (Dos Santos Fonseca *et al.*, 2015), y las primeras manifestaciones se reflejan en la estructura y composición de las comunidades acuáticas. Varias especies en este contexto muestran limitaciones de dispersión de semillas, bajos umbrales de adaptabilidad a las nuevas condiciones del medio, razones que conducen a una potencial reducción de las poblaciones e inclusive a la desaparición de especies en un ambiente particular (Göransson, 2017). Las proyecciones del cambio climático en los altos Andes para el presente siglo pronostican variaciones fuertes de temperatura, con los consecuentes efectos sobre la biodiversidad (Urrutia & Vuille, 2009; Pounds *et al.*, 1999).

En las Lagunas Verdes ubicadas al pie del volcán Chiles, en el límite entre Ecuador y Colombia, está evidenciándose un fenómeno particular ligado a las variaciones de las condiciones ambientales de estos cuerpos de agua, posiblemente atribuibles al cambio climático, manifiestos en la composición química del agua y en la estructura y composición florística de la vegetación acuática de las especies que habitan en estos ecosistemas naturales.

La comparación de estudios previos (Terneus, 2001; Terneus, 2002) con la presente investigación, pretenden demostrar algunos cambios estructurales en las especies, a pesar de los bajos niveles de intervención e impacto humano en el lugar. Estos cambios se reflejan en la reducción de poblaciones, trastornos en las condiciones del hábitat y aparición de nuevas especies, dejando al descubierto la gran vulnerabilidad de estos

ambientes, con la consecuente transformación ecológica y la potencial desaparición de los mismos.

Materiales y métodos

Área de estudio. Las Lagunas Verdes se hallan ubicadas al pie del volcán Chiles (00°47'50"N - 77°55'46"O) a 3900 m s. n. m., en la frontera con Colombia, en la ruta que conecta los poblados de Tufiño con Maldonado, en la provincia del Carchi (Figura 1 y 2).

Las lagunas forman parte de un ecosistema de páramo, se asientan sobre suelos de origen volcánico, con altos contenidos de ceniza y arena volcánica, su pH es ácido y con un alto contenido de materia orgánica, rodeadas de vegetación de pajonal y frailejones (Coello, 1994). La temperatura ambiente oscila entre los 9 y 11 °C pero en días soleados puede subir hasta los 22 °C al medio día. La precipitación es variable y depende de la época del año. Sin embargo, registros históricos señalan un rango de variación entre los 1500 y 3000 mm anuales (INAMHI, 2010).

Método de muestreo. Para determinar los patrones de cobertura de las especies de plantas acuáticas, utilizamos la técnica de transectos de profundidad en línea, propuesta por Terneus (2001), la cual consiste en demarcar una línea recta superficial, desde la orilla hacia el centro de la laguna, la misma que se subdivide en cuadrantes de vegetación de 1 m², para tomar los datos del porcentaje de cobertura relativa de cada especie y su frecuencia de aparición en el transecto, y establecer los patrones de dominancia de especies en cada laguna.

Datos fisicoquímicos. Complementariamente, tomamos datos básicos fisicoquímicos de agua (conductividad, pH y temperatura) para correlacionarlos con los patrones de cobertura y dominancia de especies y detectar cambios en las condiciones ambientales, en referencia a la información histórica registrada (Terneus, 2001; Terneus, 2002). Levantamos la información en campo, con un equipo multiparámetros marca Hanna (HI98194).

Análisis de la información. Aplicamos un análisis de conglomerados de Bray & Courtis (1957), para detectar similitudes en los patrones de cobertura de especies, mientras que para los datos abióticos utilizamos un análisis de escalamiento multidimensional (NMDS) en base a distancia euclidiana, como una metodología que mide las distancias de una variable a otra, en función de la disposición de polígonos dentro de una red o cuadrícula. Hicimos una comparación de datos para establecer diferencias entre los patrones abióticos de los ambientes y los patrones de cobertura y dominancia de las especies de plantas acuáticas registradas entre el 2000 y en el 2017. Estos resultados permitieron evidenciar cambios entre los datos históricos (2000) y los actuales (2017) y establecer el probable impacto del cambio climático sobre las comunidades de plantas acuáticas de las Lagunas Verdes, al pie del volcán Chiles.

Resultados

Registramos 15 especies de plantas acuáticas entre tolerantes y estrictas, de las cuales 12 son fanerógamas, 1 pteridofita y 2 hepáticas. La Laguna Verde 2 fue la que presentó mayor riqueza de especies y un porcentaje de cobertura cercano al 100 % de la superficie total de muestreo (Tabla 1).

El porcentaje de frecuencia promedio hace relación a la frecuencia relativa de las especies tanto en cuadrantes, como en transectos y en lagunas. Se observa que *Isolepis inundata* y *Sphagnum* sp., son las especies que se presentan con mayor frecuencia en el sistema lagunar, tanto en los registros históricos como en los actuales.

Observamos la presencia de *Agrostis* sp., *Lachemilla nivalis* y *Lilaea scilloides*, especies helófitas que no se registraron en el año 2000 en las zonas litorales y de ribera y que en la actualidad se encuentran colonizando aquellos espacios anegados que están expuestos a variaciones de los niveles de agua.

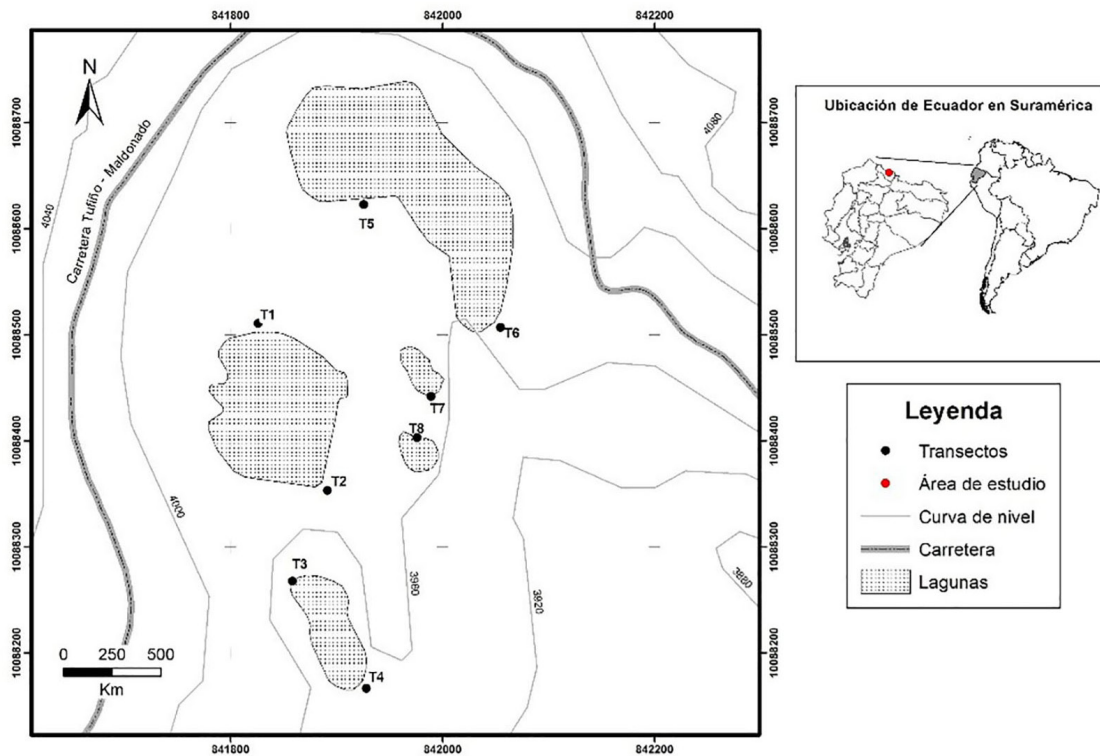


Figura 1. Localización de transectos de vegetación y ubicación geográfica de las lagunas Verdes en la provincia del Carchi, al pie del volcán Chiles, Ecuador.



Figura 2. Laguna Verde 5, ubicada al pie del volcán Chiles, Ecuador. Fotografía: Berenice Vallejo.

Por el contrario, especies de hábitos hidrófitos como *Juncus stipulatus*, *Lilaeopsis schaffneriana* y una especie de hepática, cuya presencia se registró en el año 2000, actualmente ya no se reportan para las lagunas de estudio.

En definitiva, quedan tan solo siete especies en común entre los dos períodos de estudio, lo que representa aproximadamente una transformación del 40 % de la flora vascular acuática original y una reducción del 17 % de las especies en 17 años (Tabla 1).

Actualmente, las poblaciones potencialmente sensibles a los cambios en la calidad ambiental de las lagunas son *Isoetes lechleri* y *Elatine ecuadoriensis*, ya que experimentan una reducción de sus poblaciones en términos de cobertura y frecuencia de aparición superior al 50 % en relación a los registros históricos, e inclusive la única hepática registrada en aquellos tiempos, ahora ya no existe.

Tabla 1. Registros de los patrones de cobertura y frecuencia de especies de plantas acuáticas observadas en las lagunas Verdes al pie del volcán Chiles, Ecuador.

2000 - 2017 Especies	Especies compartidas *	Frecuencia promedio (%)						Cobertura Promedio (%) 2000	2017
		Lagunas 2000	Lagunas 2017	Transectos 2000	Transectos 2017	Cuadrantes 2000	Cuadrantes 2017		
<i>Agrostis</i> sp.	2017		80		88		44		26
<i>Lachemilla nivalis</i>	2017		80		75		34		0.2
<i>Isolepis inundata</i>	*	86	100	70	100	20	81	7	28
<i>Juncus stipulatus</i>	2000	14		20		10		2	
<i>Callitriche heteropoda</i>	2017		40		38		17		0.2
<i>Crassula venezuelensis</i>	*	43	40	30	50	22	24	8	1.1
<i>Plantago tubulosa</i>	2017		60		38		14		0.1

<i>Ranunculus limoselloides</i>	*	57	60	50	50	15	26	8	2
<i>Lilaea scilloides</i>	2017		20		25		0.3		0.1
<i>Lilaeopsis schaffneriana</i>	2000	14		10		1		0.3	
<i>Isoetes lechleri</i>	*	43	20	40	13	17	11	2	1.4
<i>Elatine ecuadoriensis</i>	*	43	20	30	25	20	16	8	0.4
<i>Werneria pygmaea</i>	*	14	20	20	13	14	4	5	0.1
<i>Sphagnum</i> sp.	*	29	80	20	50	10	70	7	21
Hepática sp.	2000	71		70		37		27	

Adicionalmente, hay un remanente de especies de rangos tolerantes a los cambios ambientales, como *Isolepis inundata*, *Sphagnum* sp. y *Ranunculus limoselloides*, cuyos cambios estructurales son menores, reflejando altas capacidades de adaptación al cambio climático.

En referencia a los patrones de cobertura de las especies, el análisis de similitud de Bray-Courtis no refleja valores de similitud entre los dos años de muestreo, lo cual corrobora que los patrones de cambio estructurales se mantienen en todas las lagunas analizadas, a excepción de la laguna Verde 5, la cual refleja cierta similitud entre los años 2000 y 2017 (Figura 3).

Las variables abióticas también experimentaron cambios en el transcurso de los últimos 17 años, arrojando variaciones en los valores de pH, conductividad y temperatura del agua (Tabla 2).

Las lagunas Verde 2 y Verde 5 son las que mayores cambios han experimentado en estos últimos 17 años, al reflejar conductividades menores en la actualidad, que evidencian cambios en la dureza del agua y marcando tendencias del pH hacia la neutralidad. Este fenómeno es particularmente notorio en la laguna Verde 2, que registró un pH de 6.5 en el último muestreo.

El análisis de escalamiento multidimensional (NMDS) en base a distancias euclidianas expresa diferencias en las condiciones ambientales entre las lagunas V1, V3 y V4, durante los registros de los años 2000 y 2017 (Figura 4).

Las lagunas V2 y V5 son similares entre sí, respecto de las variables abióticas. Sin embargo, estas difieren del resto de lagunas, mostrando condiciones distintas en los valores de conductividad (Tabla 2). Los resultados del análisis NMDS evidencian además diferencias en las condiciones abióticas entre los dos muestreos (2017 y 2000).

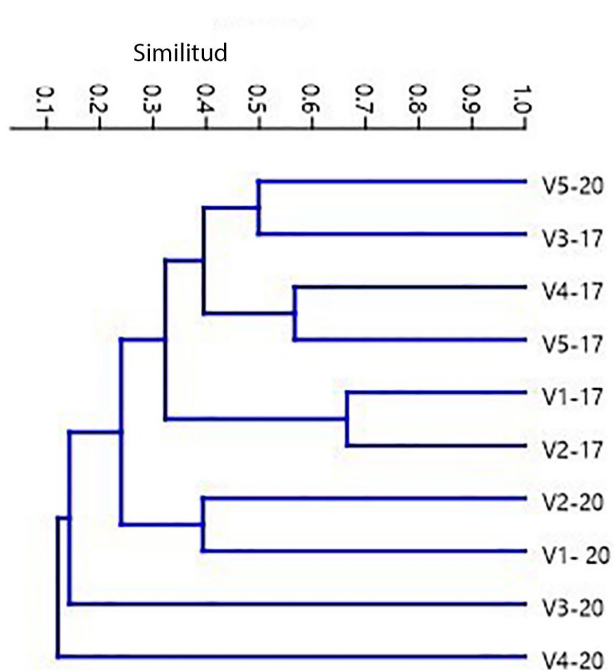


Figura 3. Grado de similitud en los patrones de cobertura de las especies de plantas acuáticas en las lagunas Verdes, volcan Chiles, Ecuador. La simbología de la figura responde al nombre de la laguna (v= verde) y al año en el que fue realizado el estudio (2017 - 2000).

Tabla 2. Variables fisicoquímicas del agua registradas durante los años 2000 y 2017 en las lagunas Verdes al pie del Volcán Chiles, Ecuador.

Lagunas	2000 pH	2017 pH	2000 Conductividad (μS)	2017 Conductividad (μS)	2000 Temperatura (°C)	2017 Temperatura (°C)
Verde 1	6.0	6.2	5.4	5	16.7	10.2
verde 2	5.5	6.5	30.5	15.5	13.4	12.1
Verde 3	5.5	5.4	6.3	5	18.6	12.8
Verde 4	5.5	5.3	8.8	8	19.3	12
Verde 5	5.5	5.7	56.5	40.6	17.8	9.2

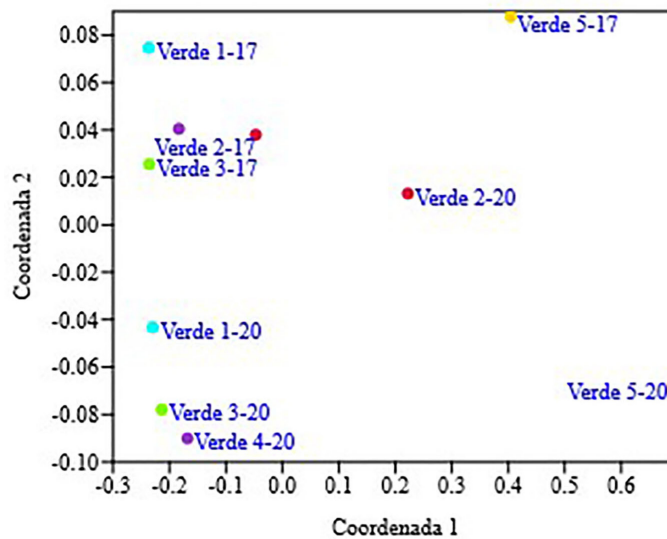


Figura 4. Análisis de escalamiento multidimensional (NMDS) respecto de las variables abióticas de las lagunas Verdes. La simbología de la figura responde al nombre de la laguna y al año en el que fue realizado el estudio (2017, 2000).

Discusión

Los resultados obtenidos muestran cambios en los patrones de cobertura y dominancia de especies durante los últimos 17 años, posiblemente atribuibles a los impactos del cambio climático en la zona altoandina norte del Ecuador. Las variaciones del pH y la conductividad del agua en las lagunas han restado la condición de dureza a las mismas, propiciando ambientes más neutros que ácidos. Estos cambios han promovido la aparición de tres especies helófitas y la desaparición de tres especies hidrófitas del sistema, marcando indicios de transformación ecológica en las lagunas.

Aunque la influencia volcánica del Chiles podría tener incidencia directa sobre la físicoquímica del agua de las lagunas Verdes, su actividad está catalogada como un volcán potencialmente activo, de baja repercusión, por el momento (IGEPN, 2018), condición que sugiere que no necesariamente la influencia volcánica es la causa principal para el cambio en la estructura y composición florística de las especies de plantas acuáticas de las Lagunas Verdes.

La aparición de especies helófitas en un ecosistema acuático es un indicador de cambio ecológico que marca tendencias hacia la transformación de un ambiente acuático en terrestre, con la consecuente pérdida de diversidad original y la inminente desaparición de las especies hidrófitas, propias de los ambientes acuáticos (Rial *et al.*, 2016). Estos manifiestos se evidencian en los patrones de cobertura y abundancia de las especies, como lo menciona Thomas *et al.* (2004) a consecuencia de los cambios de temperatura que se están produciendo en la tierra a nivel global.

Por otro lado, los patrones de cobertura y abundancia de las especies de plantas acuáticas también se ven afectados en mayor o menor magnitud por las variaciones de las fluctuaciones de agua en sus zonas riparias (Renöfält *et al.*, 2005; Rial *et al.*, 2016). Este escenario está provocando que especies sensibles como *Isoetes lechleri* y *Elatine ecuadoriensis* experimenten reducciones en sus poblaciones, condicionando su permanencia en estas lagunas.

Las fluctuaciones del nivel de agua de las lagunas, han dejado al descubierto, por tiempos prolongados, las zonas litorales de estos cuerpos de agua, afectando las condiciones naturales de los ciclos de vida de las plantas acuáticas (Villaroel *et al.*, 2014). Esta transformación es aprovechada por las especies helófitas, las cuales toleran zonas de anegación, pero que en determinadas épocas del año pueden llegar a secarse por completo, ganando cada vez más el espacio de los litorales lacustres (Salinas *et al.*, 2018).

La desaparición de las especies hidrófitas y la presencia de helófitas no está condicionada únicamente a la presencia del agua y sus nutrientes: hay también otros cambios que se pueden presentar en la composición química del suelo, en cuanto a disponibilidad de nutrientes (Bui, 2013; Maire *et al.*, 2015), por la prolongada exposición al sol en época de estiaje, ocasionando variaciones del pH y conductividad de los ambientes acuáticos por variaciones de salinidad (Nackley & Kim, 2015).

Las variaciones en la temperatura del agua también pueden ocasionar cambios en la concentración de nutrientes usados por las plantas (San Martín *et al.*, 2011), condiciones que son aprovechadas por especies colonizadoras con altos grados de adaptabilidad y tolerancia como *Agrostis* sp., establecidas en las zonas riparias de los cuerpos de agua del volcán Chiles.

Uno de los métodos más utilizados para determinar cambios en la biodiversidad por el impacto de cambio climático es el uso de modelos matemáticos predictivos de georreferenciación de especies (Franklin, 2009; Hernández *et al.*, 2006). Lastimosamente, estas herramientas informáticas tienen validez siempre y cuando se disponga de información meteorológica histórica de larga data y los resultados sean validados en campo.

Si bien es cierto que la temperatura ambiental y la precipitación son las macrovariables ambientales que demuestran con mayor claridad los impactos del cambio climático sobre la biodiversidad (Tejedor *et al.*, 2015), existen otras variables a escala local y particulares de los ambientes acuáticos que aportan con información

importante para detectar cambios en las condiciones abióticas de hábitats específicos. La temperatura del agua, variaciones en el pH y la conductividad, demuestran que sus cambios y variaciones a una escala local son determinantes sobre los patrones de estructura y composición de la flora acuática de las lagunas (Terneus, 2002).

Los altos valores de conductividad de las lagunas Verde 2 y Verde 5, en relación a las demás lagunas, reflejan condiciones distintas en la fisicoquímica del agua, lo que lleva a una diferenciación en su composición florística. Esta diferenciación también podría estar marcada por la relación directa de estas dos lagunas a la actividad volcánica.

Algunas investigaciones señalan además el efecto que puede tener la ubicación altitudinal sobre las especies de alta especificidad de condiciones, poniendo en riesgo su permanencia en estos ambientes (Raxworthy *et al.*, 2008; Sekercioglu *et al.*, 2008) y en particular las limitaciones que presentan las especies acuáticas que crecen en lagunas, en cuanto a mecanismos de dispersión y movilidad, por estar conformando ambientes de aislamiento geográfico (Jetz *et al.*, 2007), como es el caso de las especies mencionadas de crecimiento prostrado hacia el lecho de los cuerpos de agua de las Lagunas Verdes.

Conclusión

Los resultados ponen de manifiesto la gran vulnerabilidad al cambio climático, tanto de los ecosistemas acuáticos como de las especies de plantas que en ellos habitan. También reflejan la capacidad adaptativa de nuevas especies y la sensibilidad de las originales, cuyo umbral de tolerancia a la exposición de condiciones extremas, modifican la estructura de sus poblaciones, iniciando un proceso de transformación ecológica en la zona.

Referencias

- Bray, J. R. & Curtis, J. T. (1957). An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27, 325-349. <https://doi.org/10.2307/1942268>
- Bui, E. (2013). Soil salinity: A neglected factor in plant ecology and biogeography. *Journal of Arid Environments*, 92, 14-25. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2012.12.014>
- Coello, F. (1994). *Plan de manejo de la Reserva Ecológica "El Ángel", Provincia de El Carchi, Quito*. Quito, Ecuador: Convenio MBS- INEFAN - IICA.
- Dawson, T., Jackson, S., House, J., Prentice, I. & Mace, G. (2011). Beyond predictions: Biodiversity conservation in a changing climate. *Science*, 332, 53-58. <https://doi.org/10.1126/science.1200303>
- Dos Santos Fonseca, A., Marinho, C. & Esteves, F. (2015). Aquatic macrophytes detritus quality and sulfate availability shape the methane production pattern in a dystrophic coastal lagoon. *American Journal of Plant Sciences*, 6, 1675-1684. <https://doi.org/10.4236/ajps.2015.610167>
- Fjerdinstad, E., Schtickzelle, N., Manjes, P., Gutierrez, A. & Clobert, J. (2007). Evolution of dispersal and life history strategies. Tetrahymena ciliates. *BMC. Evolutionary Biology*, 7, 133. <https://doi.org/10.1186/1471-2148-7-133>
- Foden, W., Butchart, S., Stuart, S. & Akcakaya, H. (2013). Identifying the world's most climate change vulnerable species: a systematic trait-based assessment of all birds, amphibians and corals. *Plos One*, 8(06), e65427. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0065427>
- Franklin, J. (2009). *Mapping species distributions: spatial inference and prediction*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511810602>
- Göransson, P. (2017). Changes of benthic fauna in the Kattegat—An indication of climate change at mid-latitudes? *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 194, 276-285. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.06.034>
- Hernández, P., Graham, C., Master, L. & Albert, D. (2006). The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography*, 29(5), 773-785. <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2006.04700.x>
- INAMHI. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (2010). *Anuarios meteorológicos 2010*, Quito, Ecuador. Quito: INAMHI.
- IGEPN . Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (2018). *Informe especial Volcán Chiles, Cerro Negro, N1-2018*. Quito, Ecuador. Quito: IGEPN.
- Jetz, W., Wilcove, D. & Dobson, A. (2007). Projected impacts of climate and land-use change on the global diversity of birds. *PLOS Biology*, 5, 1211-1219. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0050157>
- Jiao, N., Chen, D., Luo, Y., Huang, X., Zhang, R., Zhang, H., Jiang, Z. & Zhang, F. (2015). Climate change and anthropogenic impacts on marine ecosystems and countermeasures in China. *Advances in Climate Change Research*, 6, 118-125. <https://doi.org/10.1016/j.accr.2015.09.010>
- Kwon, Y., Bae, J., Hwang, S., Kim, S. & Park, Y. (2015). Predicting potential impacts of climate change on freshwater fish in Korea. *Ecological Informatics*, 29, 156-165. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2014.10.002>
- Maire, V., Wright, I., Prentice, I., Batjes, N., Bhaskar, R. & Bodegom, P. (2015). Global effects of soil and climate on leaf photosynthetic traits and rates. *Global Ecology Biogeography*, 24, 706-717. <https://doi.org/10.1111/geb.12296>
- Nackley, L. & Kim, S. (2015). A salt on the bioenergy and biological invasions debate: Salinity tolerance of the invasive biomass feedstock *Arundo donax*. *GCB Bioenergy*, 7, 752-762. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12184>
- Pandit, S., Maitland, B., Pandit, L., Poesch, M. & Enders, E. (2017). Climate change risks, extinction debt, and conservation implications for a threatened freshwater fish: Carmine shiner (*Notropis percobromus*). *Science of the Total Environment*, 598, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.228>
- Pounds, J., Fogden, M. & Campbell, J. (1999). Biological response to climate change on a tropical mountain. *Nature*, 398, 611-615. <https://doi.org/10.1038/19297>
- Ramsay, P. (2001). *The ecology of Volcán Chiles, high altitude ecosystem on the Ecuador-Colombia border*. Plymouth, UK: University of Plymouth.
- Raxworthy, C., Pearson, R., Rabibisoa, N., Rakotondrazafy, A. & Ramanamanjato, J. (2008). Extinction vulnerability of tropical montane endemism from warming and upslope displacement: a preliminary appraisal for the highest massif in Madagascar. *Global Change Biology*, 14, 1703-1720. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01596.x>

- Renöfält, B., Nilsson, C. & Jansson, R. (2005). Spatial and temporal patterns of species richness in a riparian landscape. *Journal of Biogeography*, 32, 2025-2037. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01328.x>
- Rial, A., Terneus, E., Leon, B. & Tognelli, M. (2016). Estado de conservación y distribución de las plantas acuáticas. En Tognelli, M., Lasso, C., Bota-Sierra, C., Jiménez-Segura, L. & Cox, N. (Eds.). *Estado de conservación y distribución de la biodiversidad de agua dulce en los Andes tropicales*. Gland, Suiza, Cambridge, UK y Arlington, USA: UICN. 199 pp.
- Salinas, M., Casas, J., Rubio-Ríos, J., López-Carrique, E., Ramos-Miras J. & Gil, C. (2018). Climate-driven changes of riparian plant functional types in permanent headwater streams. Implications for stream food webs. *PLoS ONE*, 13(6), e0199898. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199898>
- San Martín, C., Pérez, Y., Montenegro, D. & Álvarez, M. (2011). Diversidad, hábito y hábitat de macrófitos en la Patagonia occidental (región de Aisén, Chile). *Anales Instituto Patagonia (Chile)*, 39(1), 23-41. <https://doi.org/10.4067/S0718-686X2011000100002>
- Sekercioglu, C., Schneider, S., Fay, J. & Loarie, S. (2008). Climate change, elevational range shifts, and bird extinctions. *Conservation Biology*, 22, 140-150. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2007.00852.x>
- Tejedor, N., Newton, A., Golicher, D. & Oldfield, S. (2015). The relative impact of climate change on the extinction risk of tree species in the montane tropical Andes. *PLoS ONE*, 10(7), e0131388. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0131388>
- Terneus, E. (2001). Aquatic plant communities of the páramo lakes of Volcán Chiles, Ecuador. En Ramsay (Ed.) *The ecology of Volcán Chiles High altitude ecosystems on the Ecuador – Colombia border*. Pp. 55-63. Plymouth: Pebble & Shell.
- Terneus, E. (2002). Comunidades de plantas acuáticas en las lagunas de los páramos del norte y sur del Ecuador. *Caldasia*, 24(02), 379-391.
- Thomas, C.D, Cameron, A., Green, R.E., Bakkenes, M., Beaumont, L.J., Collingham, Y.C., Erasmus, B.F., De Siqueira, M.F., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., Van Jaarsveld, A.S., Midgley, G.F., Miles, L., Ortega-Huerta, M.A., Peterson, A.T., Phillips, O.L. & Williams, S.E. (2004). Extinction risk from climate change. *Nature*, 427(6970), 145-8. <https://doi.org/10.1038/nature02121>
- Urrutia, R. & Vuille, M. (2009). Climate change projections for the tropical Andes using a regional climate model: Temperature and precipitation simulations for the end of the 21st century. *Journal of Geography Research*, 114(D2), D02108. <https://doi.org/10.1029/2008JD011021>
- Villarroel, E., Pacheco Mollinedo, P., Domic, A., Capriles, J. & Espinosa, M. (2014). Local management of Andean wetlands in Sajama National Park, Bolivia. *Mountain Research and development*, 34, 356-368. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-14-00024.1>
- Williams, S., Luke, P., Joanne, L. & Langham, G. (2008). Towards an integrated framework for assessing the vulnerability of species to climate change. *Plos Biology*, 6(12), 2621- 2626. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0060325>

Esteban Terneus Jácome

Universidad Internacional del Ecuador
Quito, Ecuador
hterneus@uide.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-4351-483X>

Berenice Vallejo

Universidad Internacional del Ecuador
Quito, Ecuador
berenic1992@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8584-9545>

Mateo Gómez de la Torre

Universidad Internacional del Ecuador
Quito, Ecuador
teo.gt92@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-1823-5126>

Impactos del cambio climático sobre la flora acuática de las Lagunas Verdes, volcán Chiles, Ecuador

Citación del artículo: Terneus, E., Vallejo, B. & Gómez, M. (2019). Impacto del cambio climático sobre la flora acuática de las Lagunas Verdes, volcán Chiles, Ecuador. *Biota Colombiana*, 20(2), 20-31. DOI: [10.21068/c2019.v20n02a02](https://doi.org/10.21068/c2019.v20n02a02).

Recibido: 8 de noviembre de 2018

Aceptado: 29 de julio de 2019

Variación morfológica en *Heterophrynus boterorum* (Arachnida: Amblypygi: Phrynidae)

Morphological variation in *Heterophrynus boterorum* (Arachnida: Amblypygi: Phrynidae)

Sebastián Vásquez Palacios , Daniel Andrés Chiriví Joya , Andrea Lorena García Hernández , Hugo Mantilla-Meluk  y Jhon Deiber Torres Carrera 

Resumen

Se evaluó la variación morfológica de *Heterophrynus boterorum* con relación a su distribución geográfica, comparando poblaciones de las vertientes oriental y occidental de la cordillera Central y una población de la cordillera Oriental de los Andes, en los departamentos de Tolima y Quindío, Colombia. Mediante técnicas de estadística univariada y multivariada, (ACP, ANOVA y Kruskal-Wallis), se compararon poblaciones presentes en municipios de ambas vertientes y cordilleras. Se encontró variación entre poblaciones en 15 de 33 caracteres morfológicos examinados. La mayor variación se encontró en el tamaño de palpos, número de espinas y tubérculos. La población del municipio de Lérída se diferenció notablemente de las demás poblaciones del análisis. El resto de poblaciones formaron un grupo morfológico con amplia variabilidad, principalmente en tamaño. *Heterophrynus boterorum* podría considerarse como modelo de estudio para el efecto del gradiente ambiental y altitudinal de los Andes en la diversificación morfológica de los Amblypygi.

Palabras clave. Caracteres morfológicos. Poblaciones. Variabilidad ambiental. Variación fenotípica. Variación poblacional.

Abstract

We assessed the morphological variation of *Heterophrynus boterorum* in relation to its distribution, by comparing populations of the eastern and western slopes of the Central mountain range and a population of the Eastern Andes, in the departments of Tolima and Quindío, Colombia. Populations located in both slopes and mountain ranges were compared using univariate and multivariate statistical techniques (ACP, ANOVA, Kruskal-Wallis). Variation among populations was found in 15 out of 33 morphological characters examined. The greatest variation was in the size of palps, number of spines and tubers. The population of the municipality of Lérída differed notably from those of other populations in the analysis. The rest of the populations formed a morphological group with wide variability, particularly in size. *Heterophrynus boterorum* could be considered as a model species for studying the effect of the environmental and altitudinal gradient of the Andes in the morphological diversification of Amblypygi.

Keywords. Environmental variability. Morphological characters. Phenotypic variation. Population. Population variation.

Introducción

Los Amblypygi son un orden de Arachnida que se distribuye principalmente en la región tropical. Se caracterizan por presentar un cuerpo dorsoventralmente aplanado, pedipalpos ornamentados con espinas y un primer par de patas largas y delgadas (Weygoldt, 2000). En Colombia se han registrado las familias Charinidae (género *Charinus*) y Phrynidae (géneros *Heterophrynus*, *Phrynosy*, *Paraphrynosy*) (Armas *et al.*, 2012; Chiriví & Armas, 2012). La familia Phrynidae se distribuye ampliamente en Colombia, encontrándose especies desde zonas secas hasta bosques húmedos montañosos. Sin embargo, pocas especies son simpátricas (Giupponi & Kury, 2013; Viquez *et al.*, 2014; Álvarez-García *et al.*, 2015; Armas *et al.*, 2015). El género *Heterophrynus* está representado en Colombia por siete especies: *H. armiger* (Isla Gorgona), *H. batesii* (Amazonas y Meta), *H. caribensis* (Sucre), *H. cervinus* (Putumayo), *H. silviae* (Valle del Cauca), *H. yarigui* (Santander), y *H. boterorum*. *Heterophrynus boterorum* se distribuye en los Andes de Colombia, entre los departamentos del Quindío y Tolima, entre 900 y 1973 m s.n.m. (Armas *et al.*, 2013; Giupponi & Kury, 2013).

El sistema montañoso de los Andes se originó aproximadamente hace 10 millones de años. Por su altura y extensión, ha dado origen a una gran cantidad de hábitats con condiciones ambientales únicas, favoreciendo procesos de aislamiento y diversificación entre las especies (De-Silva *et al.*, 2017; Díaz *et al.*, 2014; Salgado-Roa *et al.*, 2018). Actualmente, no se tiene certeza sobre el efecto de la cordillera de los Andes en las poblaciones de *H. boterorum*; sin embargo, podría estar actuando como barrera para el flujo genético (Miller *et al.*, 2008). Se han documentado procesos de aislamiento que dan origen a la diversificación de otros géneros de ambliopígididos en sistemas de arenas en el desierto del Kalahari (*Damon*), y en sistemas de islas y cavernas del Caribe (*Phrynosy*) (Esposito *et al.*, 2015; Futuyama, 1998; Prendini *et al.*, 2005; Punzo & Reeves, 2001; Quintero, 1981; Suzuki, 1974; Torres *et al.*, 2018). Los procesos de aislamiento genético también suelen estar acompañados de procesos de diferenciación morfológica (Hedin & Thomas, 2010). Bajo esta premisa,

en este estudio se caracterizó la variación morfológica presente en poblaciones de *H. boterorum* en diferentes localidades de los Andes de Colombia, utilizando la morfología como indicador de procesos de divergencia interespecífica.

Materiales y métodos

Zona de estudio. Los especímenes fueron categorizados, según su distribución, en regiones correspondientes a la cordillera Central y Oriental de los Andes de Colombia, en la región del Tolima (vertiente oriental de los Andes Centrales y vertiente occidental de los Andes Orientales) y la región del Quindío (vertiente occidental de los Andes Centrales). Las regiones presentan condiciones ambientales contrastantes en temperatura, precipitación y humedad (Gentry, 1982; van der Hammen, 1995; Lobo-Guerrero, 1999; Gómez-Cuervo *et al.*, 2015; Holdridge, 1947, 1967; Duran, 1956), ya que la región del Tolima tiene una mayor temperatura y ambientes más secos, mientras que la región del Quindío presenta mayor precipitación y humedad relativa (IDEAM, 2018).

Material analizado. Se revisó material museológico, y se realizaron algunas recolecciones en campo, de individuos machos y hembras, entre octubre del 2010 y junio del 2015. De la vertiente oriental de la cordillera Central y la vertiente occidental de la cordillera Oriental (Tolima) se obtuvieron 17 individuos, entre los 591 y 1247 m s.n.m., distribuidos en las localidades de Chaparral [n= 7], Cunday [n= 3], Ibagué [n= 2] y Lérica [n= 5]; de la vertiente occidental de la cordillera Central (Quindío) se encontraron 23 individuos entre los 1457 y 1935 m s.n.m., en las localidades de Armenia [n= 5], Calarcá [n=4], Circasia [n=2], Córdoba [n= 5], Filandia [n= 2] y Salento [n= 5] (Figura 1).

El material fue preservado en etanol al 70 %. Los ejemplares se encuentran depositados en la Colección de Insectos de la Universidad del Quindío (CIUQ), Colección de Ictiología Universidad del Quindío

(IUQ) y en el Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia (ICN), Colección Aracnológica (Anexo 1).

Se incluyeron en el análisis ejemplares machos y hembras, aunque no existen diferencias determinadas por el sexo en las variables morfológicas analizadas. Se compararon machos y hembras en cada característica evaluada, utilizando pruebas T de Student, y Chi cuadrado ($p > 0.05$), dependiendo de si los datos presentaban o no variancias homogéneas; la homogeneidad de varianzas se evaluó utilizando el test de Levene.

La terminología de pedipalpos y patas usada en este trabajo sigue a Quintero (1981), con los cambios correspondientes a la nomenclatura de cada segmento según Schultz (1999). No se sigue la terminología propuesta por Weygoldt (2000), ya que no se presentan todos

los segmentos de los pedipalpos. Además, se sigue la numeración de espinas para algunos segmentos propuesta por Weygoldt (2000). Se examinaron solo ejemplares adultos, determinados como tal según el desarrollo gonadal.

Caracteres morfológicos. Se incluyeron medidas corporales reportadas en Weygoldt (1974) y en Giupponi & Kury (2013), como: longitud trocánter derecho e izquierdo (L_tr_de, L_tr_iz), longitud tibia derecha e izquierda (L_Tb_de, L_Tb_iz), ancho y largo del prosoma y opistosoma (A_pro, L_pro, A_op, L_op), longitud borde frontal del prosoma (B_fr), distancia entre el punto medio y los dos grupos de ojos laterales y el margen frontal (DOL), longitud ocular a la línea media (DOM), longitud línea ocular (Lin_O), longitud total del cuerpo (L_to_cu) y longitud del opérculo genital (L_op_ge) (Figura 2).

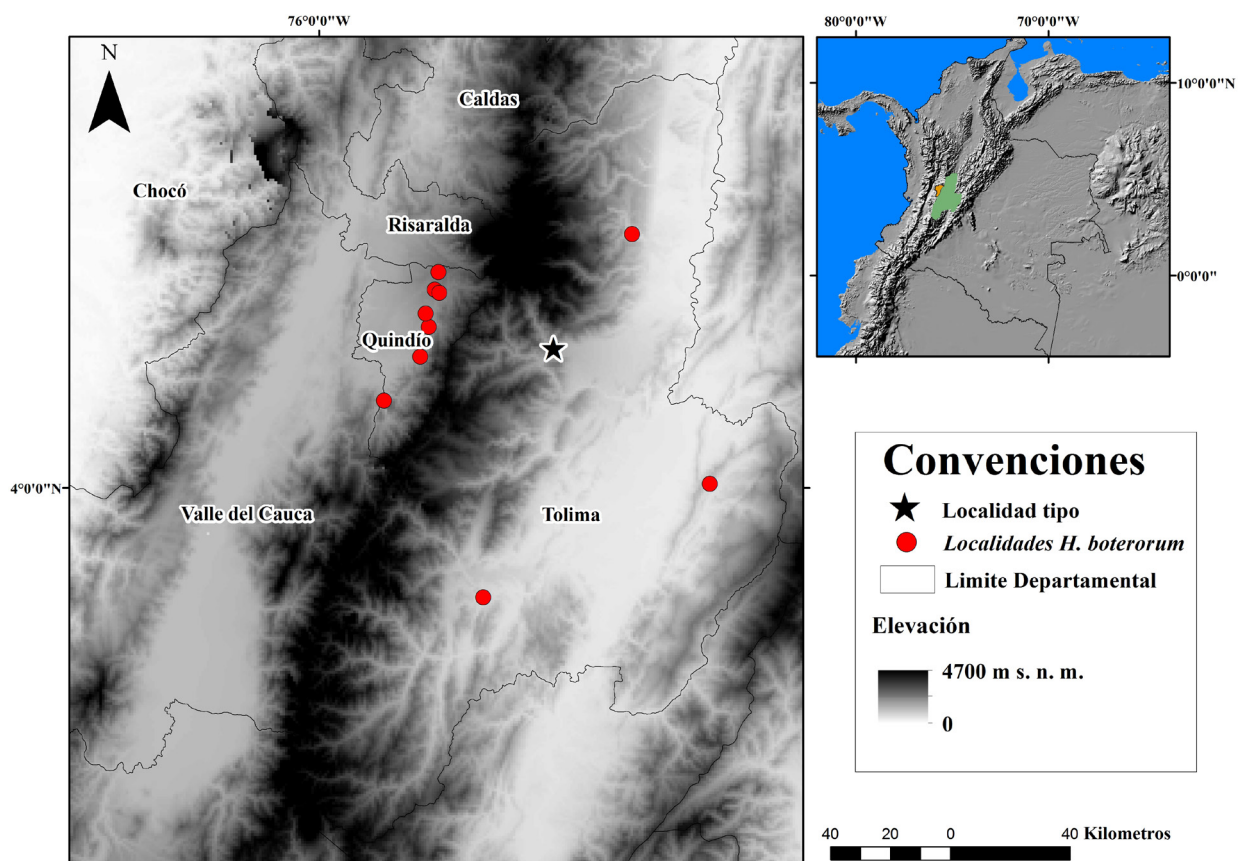


Figura 1. Área geográfica de registros poblacionales de *Heterophrynus boterorum* en Colombia.

Para todas las mediciones se utilizó un calibrador digital Stanley y la unidad de medida fue el milímetro (mm) (Electronic Digital Calliper, error ± 0.02 mm).

Igualmente, se incluyeron caracteres discretos del tipo conteos, como: número de tubérculos ventrales y dorsales en el trocánter derecho e izquierdo (**Tr_vde**, **Tr_viz**, **Tr_dde**, **Tr_diz**), número de espinas ventrales y dorsales en fémur derecho e izquierdo (**Fd_de**, **Fd_iz**, **Fv_de**, **Fv_iz**), número de espinas ventrales y dorsales en patela derecha e izquierda (**Pd_de**, **Pd_iz**, **Pv_de**, **Pv_iz**), número de dentículos en el quelícero móvil (**Den_CheMov**). Estos caracteres son frecuentemente usados en descripciones de especies, y suelen presentar

variación (Quintero, 1981; Weygoldt, 2000; Vasconcelos *et al.*, 2013) (Figura 2 y Anexo 2). Todos los caracteres morfológicos se observaron bajo un estereoscopio Zeiss modelo STEMI DV4 32Z de 4X a 40X.

Análisis de datos

Variabilidad morfológica.

Con la finalidad de explorar la variación en caracteres morfológicos e identificar potenciales patrones fenotípicos por localidad, se realizó un Análisis de Componentes

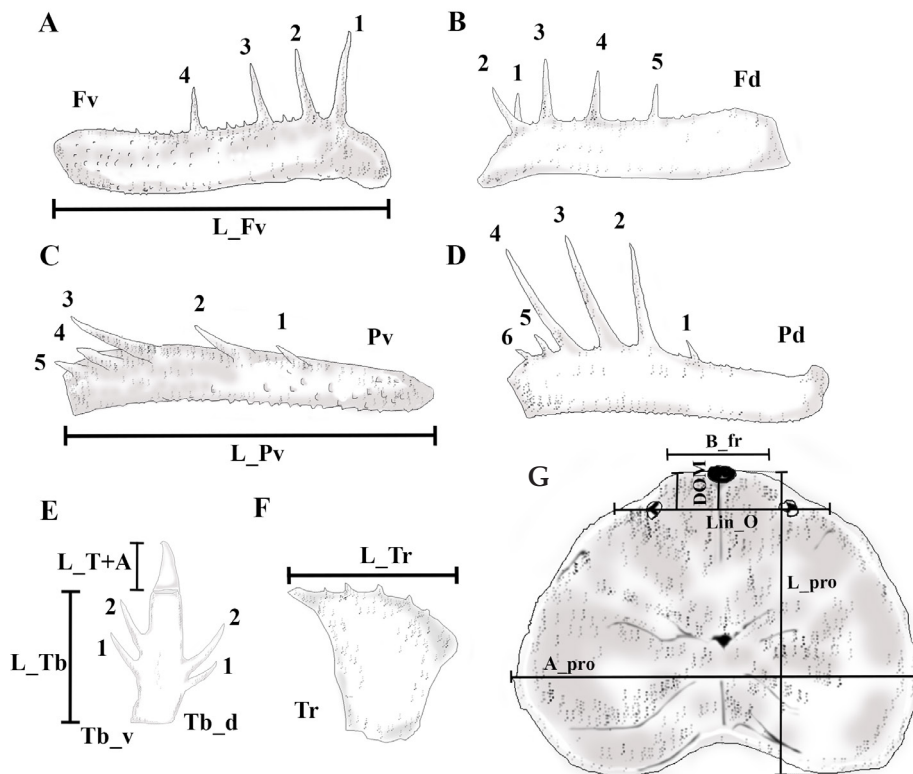


Figura 2. Mediciones realizadas sobre los ejemplares de *Heterophrynus boterorum*: A, longitud del fémur, vista ventral. B, fémur, vista dorsal. C, longitud de la patela, vista ventral. D, patela, vista dorsal. E, longitud tibia, vista ventral, longitud tarsos más apórtete. F, longitud trocánter, vista ventral. G, dimensiones del prosoma: ancho, largo, longitud línea ocular, longitud borde frontal del prosoma, longitud ocular a la línea media. Se sigue la numeración en espinas de basal a distal, puesto que en otros géneros de Phryniidae se cuenta de esta manera.

Principales (ACP), evaluando la variación morfológica entre municipios de muestreo (Williams, 2011; Fox, 2016). A partir de este, se tomaron las variables morfológicas que presentaron mayor variación, aplicando análisis de varianza y comparación de medias (ANOVA, t-test) en caso de distribuciones normales y Kruskal-Wallis (Wilcoxon) en casos contrarios (Hollander & Wolfe, 1973; Fox & Weisberg, 2011), para así detectar variaciones morfológicas entre poblaciones ($\alpha = 0.05$). Todos los datos se analizaron con ayuda del software R, utilizando los paquetes "cmdr, Vegan y ggplot2 (Fox, 2016; Oksanen, 2013; Wickham, 2016; R Development Core Team, 2015). Para el análisis morfológico no se incluyeron el número de segmentos en el primer par de patas y cerdas en el sternum, ya que es normal que se produzca aumento o disminución considerable cuando se rompe y posteriormente se regenera el exoesqueleto (Igelmund, 1987).

Resultados

En el morfoespacio del ACP, se encontró que entre el primer y segundo componente se acumula el 68.9% de la varianza en los datos morfológicos (Figura 3). En general, se encontraron altas correlaciones entre las variables morfológicas, como longitudes corporales, pero baja correlación de estas con variables discretas, como el número de espinas y tubérculos. Por otra parte, los ejemplares de Lérida (Figura 3) se agruparon en relación a variables del tipo conteos (caracteres discretos).

Las variables morfológicas que tuvieron mayor variación en el CP1 y CP2 para *H. boterorum* fueron: número de tubérculos ventrales y dorsales en el trocánter derecho e izquierdo, longitud fémur derecho e izquierdo, longitud patela derecha e izquierda, largo del opistosoma, ancho del prosoma y longitud total del cuerpo (Tabla 1). Estos caracteres morfológicos fueron importantes en la diferenciación de *H. boterorum* en Lérida (Figura 3).

En el análisis de varianza o Kruskal-Wallis, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en 15 caracteres morfológicos relacionados con conteos (11 caracteres discretos) y mediciones corporales (cuatro caracteres continuos), al comparar las poblaciones de cada localidad (Tabla 2). Se observó que en el número de espinas en el fémur y patela, la población de Lérida se diferencia del resto, presentando siempre una espina más en estos segmentos en vista dorsal y ventral (Tabla 2). En el caso del número de denticulos en el segmento móvil queliceral, las poblaciones de Cunday, Lérida e Ibagué presentan un denticulo más que la mayoría de los especímenes, diferenciándose de las poblaciones de Calarcá, Circasia y Filandia, pero compartiendo esta misma condición con algunos individuos de poblaciones de Armenia, Chaparral, Córdoba y Salento.

En cuanto a la longitud del trocánter, se encontró que los individuos de Cunday se diferenciaron del resto de individuos en la cordillera Central por su mayor tamaño (Tabla 2). La distancia ocular a la línea media de los individuos de las poblaciones de Armenia, Chaparral, Lérida y Salento fue mayor que la del resto de los individuos analizados. Igualmente, se observó en la distancia entre el punto medio y los dos grupos de ojos laterales y el margen frontal, que los individuos de las poblaciones de Calarcá, Filandia, Ibagué, Lérida y Salento fueron significativamente diferentes del resto de individuos, por presentar longitudes mayores. El número de tubérculos en el trocánter dorsal derecho fue mayor en los individuos de Calarcá, Cunday, Filandia y Salento. Finalmente, el número de tubérculos en el trocánter dorsal izquierdo de los individuos de Armenia, Calarcá, Chaparral, Cunday, Ibagué y Lérida fue mayor que en el resto de poblaciones (Tabla 2).

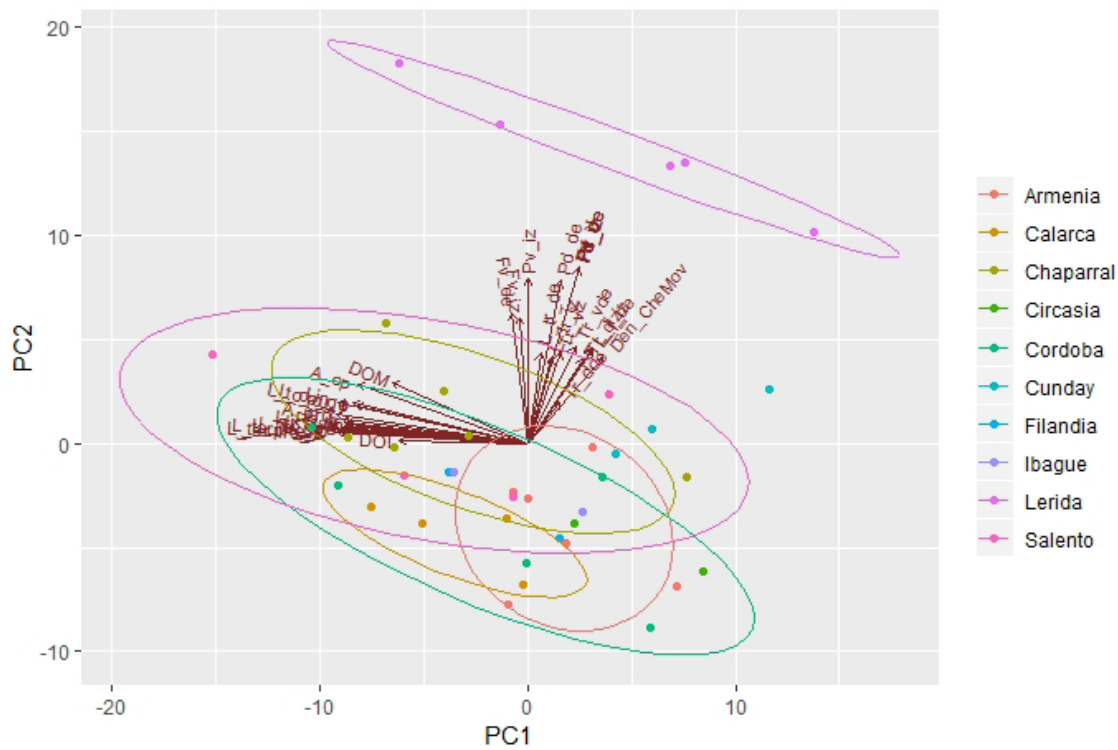


Figura 3. Análisis de componentes principales de variables morfológicas en *Heterophrynus boterorum* en los Andes de Colombia. Los puntos de colores representan los individuos de cada población (Anexo 2 y Tabla 1).

Tabla 1. Vectores principales en el ACP que presentaron valores altos para las variables morfológicas en *Heterophrynus boterorum* en los Andes de Colombia.

VARIABLES MORFOLÓGICAS	COMPONENTE PRINCIPAL 1	COMPONENTE PRINCIPAL 2
Número de tubérculos trocánter ventrales derecho (Tr_vde)	0.26488271	0.31220694
Número de tubérculos trocánter dorsales derecho (Tr_dde)	0.60779911	-0.49484576
Número de tubérculos trocánter ventrales izquierdo (Tr_viz)	0.18518286	0.36493584
Número de tubérculos trocánter dorsales izquierdo (Tr_diz)	0.64409682	-0.03877196
Longitud fémur derecho (L_f_de)	0.20895956	0.2111349
Longitud fémur izquierdo (L_f_iz)	0.20959092	0.20156864
Longitud patela derecha (L_P_de)	-0.07269415	-0.37930208
Longitud patela izquierda (L_P_iz)	-0.07427034	-0.38269358
Ancho del prosoma (A_pro)	-0.03467562	-0.11854248
Longitud del opitosoma (L_op)	-0.04032487	-0.17409056
Longitud total del cuerpo (L_to_cu)	-0.03695075	-0.23974435

Tabla 2. Caracteres morfológicos de *Heterophrynus boterorum* en los Andes de Colombia que presentaron diferencias significativas, por municipio. Arm, Armenia; Cal, Calarcá; Chap, Chaparral; Cir, Circasia; Cor, Córdoba; Cun, Cunday; Fil, Filandia; Iba, Ibagué; Ler, Lérica; Sal, Salento. Est, estadístico.

Carácteres morfológicos	Método	Arm.	Cal.	Chap.	Cir.	Cor.	Cun.	Fil.	Iba.	Ler.	Sal.	Est.	Valor p
Número de dentículos en el quelícero móvil	Kruskal-Wallis	5.5	5	5	5	5	6	5.5	6	6	6	16.6	0.05
Número de espinas dorsales fémur derecho	Kruskal-Wallis	5	5	5	5	5	5	5	5	6	5	39	0.00001
Número de espinas dorsales fémur izquierdo	Kruskal-Wallis	5	5	5	5	5	5	5	5	6	5	39	0.00001
Número de espinas ventrales fémur derecho	Kruskal-Wallis	4	4	5	4	4	4	4	4	5	4	24	0.004
Número de espinas ventrales fémur izquierdo	Kruskal-Wallis	4	4	5	4	4	4	4	4	5	4	30.3	0.0003
Número de espinas dorsales patela derecha	Kruskal-Wallis	6	6	6	6	6	6	6	6	7	6	32.4	0.0001
Número de espinas dorsales patela izquierda	Kruskal-Wallis	6	6	6	6	6	6	6	6	7	6	39	0.00001
Número de espinas ventrales patela izquierda	Kruskal-Wallis	5	5	5	5	5	5	5	5	6	5	39	0.00001
Número de espinas ventrales patela derecha	Kruskal-Wallis	5	5	5	5	5	5	5	5	6	5	24.2	0.003
Número de tuberculos trocanter dorsal derecho	ANOVA	26.5	15.7	25.1	19.5	21.2	51.6	33.5	36.5	27.4	29.2	10.2	0.000000506
Número de tuberculos trocanter dorsal izquierdo	ANOVA	22	19	30	21	25.4	50.6	20	42	32.8	25.7	13.6	2.24E-08
Longitud trocánter derecho	ANOVA	2.9	2.4	3.9	2.3	2.9	4.9	3.2	3.1	3.4	3.8	4.3	0.00107
Longitud trocánter izquierdo	ANOVA	2.8	2.3	3.8	2.3	2.9	4.9	3.2	3.1	3.4	3.8	6	0.000128
Longitud ocular a la línea media	ANOVA	1.6	1.8	1.6	1.4	1.7	1.5	1.6	1.4	1.8	2.6	2.5	0.0241
Distancia intraocular	ANOVA	1.7	2.1	2.6	1.9	2.3	1.9	2.3	2	1.8	1.7	4.2	0.00121

Discusión

Los análisis estadísticos mostraron variaciones morfológicas relacionadas con el número de tubérculos en el trocánter, número de espinas y longitudes en los palpos, indicando que la población de Lérida es un grupo morfológico diferente del resto de poblaciones del análisis. Esta variación está expresada en el aumento en los conteos de espinas del fémur y de la patela, lo que claramente los diferencia del resto de poblaciones. Los individuos de las demás poblaciones se comportaron como un grupo similar morfológicamente, que presenta amplia variabilidad en su tamaño, pero que se solapa morfológicamente entre ellos. En general no se encontraron diferencias entre las cordilleras Central y Oriental de los Andes, ni entre vertientes para las variables analizadas; sin embargo sí se observan diferencias al comparar las poblaciones por municipio donde fueron recolectados.

Hasta el momento se han recolectado pocos individuos de *H. boterorum* en Colombia. Sin embargo, las diferencias morfológicas encontradas entre localidades son evidentes y probablemente se relacionan con el gradiente altitudinal al que están expuestas las poblaciones localmente (<https://colombiasa.com/geografia/geografia.html>). Las altas elevaciones en la cordillera Central actúan como barrera para las poblaciones en algunos grupos de animales que se distribuyen en las cordilleras de los Andes (Díaz *et al.*, 2014; Mills *et al.*, 2007; Salgado-Roa *et al.*, 2018), y en el caso de la población de Lérida, su diferenciación morfológica podría estar asociada a que se encuentra ubicada al norte de la vertiente oriental de los Andes Centrales. Es importante resaltar que también las poblaciones de Cunday y Chaparral presentaron diferencias con el resto de poblaciones, que pueden estar relacionadas con las condiciones de aislamiento y distribución que presentan actualmente estas poblaciones, al ser las que presentan mayor distanciamiento geográfico de la localidad tipo en Ibagué, Tolima.

El ACP muestra agrupaciones de variación por localidad, pese a que solo se encontraron dos patrones

morfológicos claramente diferenciables. Esto permite pensar que la variación morfológica podría estar influenciada por la variabilidad de ambientes en los cuales se distribuye *H. boterorum* (Torres *et al.*, 2018), tanto en términos de humedad (muy secos a muy húmedos), como de elevación (500-1900 m s.n.m.) y distanciamiento geográfico (70-100 km).

Hasta el momento no ha sido posible evaluar el aislamiento reproductivo y la estructura genética en *H. boterorum*, lo cual sería clave en el entendimiento de los procesos de diversificación y especiación del grupo (Futuyma, 1998). Sin embargo, este estudio muestra fuertes indicios de procesos de diferenciación morfológica, principalmente en la población de Lérida, lo cual indica que también pueden estar sufriendo procesos de diferenciación genética. Algunos estudios en *Amblypygi* han mostrado que los sistemas ecológicos de islas y cavernas promueven la diversificación del grupo, debido al bajo flujo génico que se da entre poblaciones del interior y el exterior de cavernas, y entre islas (Quintero, 1981; Kraus, 2000; Prendini, 2001; Esposito *et al.*, 2015). Por otra parte, se sabe que los Andes de Colombia son fuente de variaciones fenotípicas y actúan como barrera del flujo genético entre poblaciones de algunos grupos de animales (De-Silva *et al.*, 2017; Díaz *et al.*, 2014; Ferretti *et al.*, 2011; Román-Valencia *et al.*, 2009; Ruiz-C *et al.*, 2011; Salgado-Roa *et al.*, 2018), por lo que los resultados encontrados en este trabajo, sugieren que los Andes también promueven procesos de diversificación en los amblipígididos de Colombia.

Agradecimientos

Los autores agradecen a las personas que brindaron apoyo logístico, humano y facilitaron la recolección de muestras en áreas de especial interés para este trabajo, a la Universidad del Quindío, al Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, a sus colecciones científicas (CIUQ, IUQ, ICN) y curadores por la ayuda prestada. Finalmente, a los revisores anónimos por los comentarios y sugerencias que ayudaron a mejorar el manuscrito.

Referencias

- Álvarez-García, D. M., Armas, L. F. & Díaz-Pérez, J. A. (2015). Una especie nueva de *Heterophrynus* (Amblypygi: Phrynidae) del nordeste de Colombia. *Revista Ibérica de Aracnología*, 27, 45-49.
- Armas, L. F., Chiriví-Joya, D., Botero-Trujillo, R., Camacho-Cortés, G. P. & García, S. (2012). Presencia en Colombia de la familia Charinidae (Arachnida: Amblypygi). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 50, 321-322.
- Armas, L. F., Delgado-Santa, L. & García-Cárdenas, D. R. (2013). Primer registro de *Heterophrynus boterorum* Giupponi & Kury, 2013 (Amblypygi: Phrynidae) para el departamento de Quindío, Colombia. *Revista Ibérica de Aracnología*, 23, 115-116.
- Armas, L. F., Torres-Contreras, R. & Álvarez-García, D. M. (2015). Nueva especie de *Heterophrynus* (Amblypygi: Phrynidae) del Caribe Colombiano. *Revista Ibérica de Aracnología*, 26, 69-73.
- Carrillo, P. & Ivveth, K. (2012). *Variación morfológica y genética de Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) en los estados de Colima, Nuevo León, Tamaulipas y Michoacán, México. (Tesis de grado). Nuevo León, México: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Chiriví, D. A. & Armas, L. F. (2012). La subfamilia Phryninae (Amblypygi: Phrynidae) en Colombia. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 50, 395-402.
- De-Silva, D. L., Chazot, N., Silva, K. L., Lamas, G., Mallet, J., Willmott, K. R. & Elias, M. (2017). Origen del norte de los Andes y diversificación del género más grande de mariposa Ithomiine. *Informes científicos*, 745966.
- Díaz, S., Panzera, F., Jaramillo-O, N., Pérez, R., Fernández, R., Vallejo, G. & Gómez-Palacio, A. (2014). Genetic, cytogenetic and morphological trends in the evolution of the *Rhodnius* (Triatominae: Rhodnini) trans-Andean group. *PLoS One*, 9(2), e87493. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0087493>
- Duran, L. G. (1956). Historia geológica de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, 43, 137-191.
- Esposito, L. A., Bloom, T., Caicedo-Quiroga, L., Alicea-Serrano, A. M., Sánchez-Ruíz, J. A., May-Collado, L. J., Binford, G. J. & Agnarsson, I. (2015). Islands within islands: Diversification of tailless whip spiders (Amblypygi, Phrynus) in Caribbean caves. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 93, 107-117. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2015.07.005>
- Ferretti, N., González, A. & Pérez-Miles, F. (2011). Historical biogeography of the genus *Cyriocosmus* (Araneae: Theraphosidae) in the Neotropics according to an event-based method and spatial analysis of vicariance. *Zoological Studies*, 51(4), 526-535.
- Fox, J. & Weisberg, S. (2011). *An R Companion to Applied Regression*. Second edition. Thousand Oaks, USA: Sage Publications Inc.
- Fox, J. (2016). *Using the R Commander: A Point-and-Click Interface for R*. Ontario, Canadá: Chapman and Hall/CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315380537>
- Futuyma, D. J. (1998). *Evolutionary Biology*. Third Edition. New York: SUNY, Stony Brook.
- Gentry, A. (1982). Neotropical floristic diversity: phytogeographical connections between Central and South America, pleistocene climatic fluctuation or an ancient of the Andean orogeny. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 69(3), 557-593. <https://doi.org/10.2307/2399084>
- Giupponi, A. L. P. & Kury, A. B. (2013). Two new species of *Heterophrynus* Pocock, 1894 from Colombia with distribution notes and a new synonymy (Arachnida: Amblypygi: Phrynidae). *Zootaxa*, 3647(2), 329-342. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3647.2.5>
- Gómez-Cuervo, A., Pérez-Consuegra, N. & Lamus-Ochoa, F. (2015). Levantamiento de la Cordillera Oriental de los Andes colombianos. *Hipótesis, Apuntes Científicos Uniandinos*, 19, 66-73.
- Hedin, M. & Thomas, S. M. (2010). Molecular systematics of eastern North American Phalangodidae (Arachnida: Opiliones: Laniatores), demonstrating convergent morphological evolution in caves. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 54(1), 107-121. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2009.08.020>
- Heiberger, R. M., Freeny, A. E. & Chambers, J. M. (2017). Analysis of variance; designed experiments. En Chambers, J. M. & Hastie, T. J. (Eds). *Statistical models in S*. Pp. 145-193. Londres, Inglaterra: Routledge. <https://doi.org/10.1201/9780203738535-5>
- Hollander, M. & Wolfe, D. A. (1973). *Nonparametric Statistical Methods*. Second edition. New York: John Wiley & Sons.

- Holdridge, L. R. (1947). Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science*, 105(2727), 367-368. <https://doi.org/10.1126/science.105.2727.367>
- Holdridge, L. R. (1967). *Life zone ecology*. San José, Costa Rica: Tropical Science Center.
- Igelmund, P. (1987). Morphology, sense organs, and regeneration of the forelegs (whips) of the whip spider *Heterophrynus elaphus* (Arachnida, Amblypygi). *Journal of Morphology*, 193(1), 75-89. <https://doi.org/10.1002/jmor.1051930108>
- Kraus, O. (2000). Why no subspecies in spiders? *European Arachnology*, 2000, 303-314.
- Lobo-Guerrero, A. (1999). Infraestructura de Colombia. En Memorias V Congreso Colombiano de Geotecnia y Medio Ambiente. Bogotá, D.C.
- Miller, M. J., Bermingham, E., Klicka, J., Escalante, P., Do Amaral, F. S. R., Weir, J. T. & Winker, K. (2008). Out of Amazonia again and again: episodic crossing of the Andes promotes diversification in a lowland forest flycatcher. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 275(1639), 1133-1142. <https://doi.org/10.1098/rspb.2008.0015>
- Mills, S., Lunt, D. H. & Gómez, A. (2007). Global isolation by distance despite strong regional phylogeography in a small metazoan. *BMC Evolutionary Biology*, 7(1), 225. <https://doi.org/10.1186/1471-2148-7-225>
- Oksanen, J. (2013). *Vegan: ecological diversity*. <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/vignettes/diversity-vegan.pdf> (consultado 12 de agosto 2019).
- Prendini L., (2001). Substratum specialization and speciation in Southern African scorpions: the Effect Hypothesis revisited. En: Fet V. and Selden P. A. (eds.). *Scorpions 2001*. In Memoriam Gary A. Polis (pp. 113-138). Inglaterra: British Arachnological Society, Burnham Beeches, Bucks.
- Prendini, L., Weygoldt, P. & Wheeler, W. C. (2005). Systematics of the *Damon variegatus* group of African whip spiders (Chelicerata: Amblypygi): Evidence from behaviour, morphology and DNA. *Organisms, Diversity & Evolution*, 5(3), 203-236. <https://doi.org/10.1016/j.ode.2004.12.004>
- Punzo, F. & Reeves, C. (2001). Geographical variation in male courtship behaviour of the giant whipscorpion *Mastigoproctus giganteus* (Lucas) (Arachnida, Uropygi). *Bulletin British Arachnological Society*, 12(2), 93-96.
- Quintero, D. (1981). The amblypygid genus *Phrynus* in the Americas (Amblypygi, Phrynidae). *Journal Arachnology*, 9(2), 117-166.
- R Development Core Team. (2012). R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Internet: <http://www.R-project.org>.
- Rix, M. G. & Harvey, M. S. (2011). Phylogeny and historical biogeography of ancient assassin spiders (Araneae: Archaeidae) in the Australian mesic zone: Evidence for Miocene speciation within Tertiary refugia. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 62(1), 375-396. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2011.10.009>
- Rodríguez-Vera, B. H. (2012). *Caracterización morfológica y distribución geográfica de Heterophrynus batesii* (Butler, 1873) (Amblypygi: Phrynidae) en Colombia. (Tesis de grado). Bogotá, D. C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Román-Valencia, C., Arcila-Mesa, D. K. & Hurtado-T. H. (2009). Variación morfológica de los peces *Hemibrycon boquiae* y *Hemibrycon rafaelse* (Characiformes: Characidae) en el Río Cauca, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 57(3), 541-556. <https://doi.org/10.15517/rbt.v57i3.5474>
- Ruiz-C., R. I., Román-Valencia, C., Herrera-M., B. E., Peláez, O. E. & Ermakova-A., A. (2011). Variación morfológica de las especies de *Astyanax*, subgénero *Zygogaster* (Teleostei, Characidae). *Animal Biodiversity and Conservation*, 34(1), 47-66.
- Salgado-Roa, F. C., Pardo-Díaz, C., Lasso, E., Arias, C. F., Solferini, V. N. & Salazar, C. (2018). Gene flow and Andean uplift shape the diversification of *Gasteracantha cancriformis* (Araneae: Araneidae) in Northern South America. *Ecology and Evolution*, 8(14), 7131-7142. <https://doi.org/10.1002/ece3.4237>
- Shultz, J. W. (1999). Muscular anatomy of a whipspider *Phrynus longipes* (Pocock) (Arachnida: Amblypygi), and its evolutionary significance. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 126(1), 81-116. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.1999.tb00608.x>
- Suzuki, S. (1974). The Japanese species of the genus *Sabacon* (Arachnida, Opiliones, Ischyropsalididae). *Journal of science of the Hiroshima University, Series B, Division 1, Zoology*, 25, 83-108.

- Torres, R. A., Atencia, P. L. & Liria, J. (2018). Morphogeometric variation in *Phrynus barbadensis* (Pocock, 1893) (Amblypyghi: Phrynidae) from Colombia. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 77(1), 18-23. <https://doi.org/10.25085/rsea.770103>
- van Der Hammen, T. (1995). Global change, biodiversity and conservation of Neotropical montane forests. En Churchill, S. P., H. Balslev y E. Forero. (Eds.). *Biodiversity and conservation of neotropical montane forests: proceedings of the Neotropical montane forest biodiversity and conservation symposium*. Pp: 702. New York: The New York Botanical Garden.
- Vasconcelos, A. C. O., Giupponi, A. D. L. & Ferreira, R. L. (2013). A new species of *Charinus* Simon, 1892 from northeastern Brazil with comments on the potential distribution of the genus in Central and South Americas (Arachnida: Amblypygi: Charinidae). *Zootaxa*, 3737(4), 488-500. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3737.4.9>
- Viquez, C., Chiriví-Joya, D. A., Moreno-González, J. A. & Christensen, J. A. (2014). *Heterophrynus armiger* Pocock, 1902 (Amblypygi: Phrynidae): First record from Colombia, with notes on its historic distribution records and natural history. *Check List*, 10(2), 457-460. <https://doi.org/10.15560/10.2.457>
- Weygoldt, P. (1974). Comparative studies on two *Heterophrynus* (*Admetus*) species, *Heterophrynus longicornis* Butler and *Heterophrynus batesii* Butler (Arachnida, Amblypygi, Tarantulidae). *Zoologischer Anzeiger, Journal of Comparative Zoology*, 192(2), 175-191.
- Weygoldt, P. (2000). *Whip spider* (Chelicerata: Amblypygi). Their Biology, Morfology and Systematics. Denmark: Apollo Books.
- Wickham, H. (2016). *Ggplot2: elegant graphics for data analysis*. New York: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-24277-4>
- Williams, G. (2011). *Data mining with Rattle and R: The art of excavating data for knowledge discovery*. Sydney, Australia: Springer Science & Business Media.

Anexo 1. Material examinado de *Heterophrynus boterorum* en los análisis estadísticos. H= hembra, M= macho.

Código colección	País	Depart.	Municipio	Coordenadas geográficas	Elevación (m s.n.m.)	Fecha recolección	Número de individuos	Sexo	Recolector
CIUQ888-4HB2, 8864-HB8	Colombia	Quindío	Calarcá	4° 30' 57" N - 75° 38' 13" O	1495	25 mayo 2014	5	M=3 H= 2	Vásquez-P., S.
CIUQ8871-HB3, CIUQ8872-HB4	Colombia	Quindío	Circasia	4° 37' 34" N - 75° 37' 55" O	1743	29 febrero 2014	2	M=3 H= 0	Vásquez-P., S.
CIUQ 8866-HB11, CIUQ8877-HB21	Colombia	Quindío	Filandia	4° 40' 4" N - 75° 39' 47" O	1418	29 abril 2014	2	M=? sin ge-nital H= 1	Vásquez-P., S.
CIUQ8886-HB17, CIUQ5124-HB42	Colombia	Quindío	Armenia	4° 33' 14,1" N - 75° 39' 40,8" O	1549	nov. 2013	5	M=2 H= 3	Betancourt, J., Ríos, J., Díaz, B. S, Delgado-S., L., Paniagua, K
CIUQ8889-HB24, HB36	Colombia	Quindío	Córdoba	4° 25' 2" N - 75° 40' 40" O	1700	23 junio 2014	5	M=3 H= 2	Vásquez-P., S.
CIUQ 8879-HB25, CIUQ8876-HB29	Colombia	Quindío	Salento,	4° 38' 44,2" N - 75° 35' 3,1" O	1857	22 febrero 2014	5	M=1 H= 3	Vásquez-P., S.
IUQ 305 - 310	Colombia	Tolima	Lérida	4° 48' 32,6" N - 74° 59' 43,3" O	665	28 julio 2015	5		Vásquez-P., S.
CIUQ-	Colombia	Tolima	Chaparral				7	M=3 H= 4	Delgado-S., L.
ICN.AM-072	Colombia	Tolima	Cunday	4° 00' 43,1" N - 74° 45' 18,5" O	475	6 de febrero 2010	3	M=1 H= 2	Pérez, A., Benavidez, L., Luna, D.
ICN. TIPOS	Colombia	Tolima	Ibagué			agosto 2006	2	M=1 H= 1	Giupponi, A.

Anexo 2. Promedios de medidas y conteos realizados en ejemplares de *Heterophrynus boterorum* para las poblaciones de las localidades en los Andes de Colombia; Quindío= Armenia, Calarcá, Circasia, Córdoba, Filandia y Salento.

Caracteres morfológicos	Quindío n= 23	Chaparral n= 7	Ibagué Holótipo n= 2	Lérida n= 5	Cunday n= 3
Longitud Total Cuerpo(L_to_cu)	23.31	26.36	23.51	24.59	30.39
Prosoma:					
Ancho (A_pro)	10.05	11.96	10.98	11.44	13.83
Largo (L_pro)	8.84	10.07	9.10	9.69	11.15
Línea ocular (Lin_O)	6.84	7.64	7.34	7.96	8.81

Borde frontal del prosoma (B_fr)	4.0	4.45	4.13	4.01	5.32
Distancia entre el punto medio entre los dos grupos de ojos laterales y el margen frontal (DOL)	1.61	1.73	2.45	1.59	2.90
Longitud ocular a la línea media (DOM)	2.05	2.64	2.05	1.88	1.9
Opistosoma:					
Ancho (A_Op)	8.19	9.35	9.01	8.67	10.53
Largo (L_Op)	15.21	17.89	14.86	15.07	18.51
Longitud opérculo genital (L_op_ge)	5.01	5.46	5.37	5.35	5.96
Pedipalpo:					
Longitud trocánter izquierdo (L_tr_iz)	2.94	3.82	3.18	3.42	4.98
Longitud trocánter derecho (L_tr_de)	2.98	3.9	3.15	3.47	4.99
Longitud fémur izquierdo (L_f_iz)	11.83	14.67	12.06	15.73	19.81
Longitud fémur derecho (L_f_de)	11.9	14.33	11.92	15.79	19.85
Longitud patela izquierda (L_p_iz)	12.4	15.3	12.76	16.17	20
Longitud patela derecha (L_p_de)	12.4	15.28	12.75	16.22	19.99
Longitud tibia izquierda (L_Tb_I)	5.35	6.54	5.26	5.66	8.36
Longitud tibia derecha (L_Tb_de)	5.4	6.61	5.21	5.66	8.38
Longitud tarso+apotele izquierda (L_tar.pre_IZ)	3.81	4.88	3.7	4.12	5.26
Longitud tarso+apotele derecha (L_tar.pre_D)	4.16	4.87	3.7	4.14	5.23
Quelíceros:					
Número de denticulos segmento móvil (Den_CheMov)	5.39	5.42	6	6	6
Pedipalpo:					
Número de espinas dorsal y ventral fémur derecho (Fd_de,Fv_de)	4 5	5 5	4 5	5 6	4 5
Número de espinas dorsal y ventral fémur izquierdo (Fd_iz,Fv_diz)	4 5	5 5	4 5	5 6	4 5
Número de espinas dorsal y ventral patela derecha (Pd_de,Pv_de)	5 6	5 6	5 6	6 7	5 6
Número de espinas dorsal y ventral patela izquierda (Pd_iz,Pv_iz)	5 6	5 6	5 6	6 7	5 6
Número de tubérculos dorsal y ventral derecho (Tr_vde,Trdde)	29.34/23.95	27.85/25.14	25/36.5	34.2/27.4	37.3/51.6
Número de tubérculos dorsal y ventral izquierdo (Tr_viz,Trdiz)	30.73/22.60	28.42/30	27.5/42	35/32.8	34.3/50.6

Sebastián Vásquez Palacios

Universidad del Quindío
Armenia, Colombia
svazquezp@uqvirtual.edu.co
<https://orcid.org/0000-0001-5635-2791>

Daniel Andrés Chiriví Joya

Universidad de Sao Paulo
Sao Paulo, Brasil
fdhipnosodin@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1198-782X>

Andrea Lorena García Hernández

Universidad del Quindío
Armenia, Colombia
algarciiah@uniquindio.edu.co
<https://orcid.org/0000-0003-1670-2018>

Hugo Mantilla-Meluk

Universidad del Quindío
Armenia, Colombia
hugo.mantillameluk@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8134-3694>

Jhon Deiber Torres Carrera

Universidad del Quindío
Armenia, Colombia
jhondeiber20@yahoo.es
<https://orcid.org/0000-0001-9987-8072>

**Variación morfológica en *Heterophrynus boterorum*
(Arachnida: Amblypygi: Phrynidae)**

Citación del artículo: : Vásquez, S., Chiriví, D.A., García, A.L., Mantilla-Meluk, H. & Torres, J.D. (2019). Variación morfológica en *Heterophrynus boterorum* (Arachnida: Amblypygi: Phrynidae). *Biota Colombiana*, 20(2), 32-45. DOI: [10.21068/c2019.v20n02a03](https://doi.org/10.21068/c2019.v20n02a03).

Recibido: 29 de mayo de 2018

Aceptado: 15 de agosto de 2019

Dípteros acuáticos del departamento del Chocó, Colombia

Aquatic diptera in the department of Chocó, Colombia

Zuleyma Mosquera Murillo^{ORCID} y Sandra Patricia Sánchez Vázquez^{ORCID}

Resumen

Se presenta un reporte preliminar sobre la riqueza y distribución de los dípteros acuáticos en el departamento del Chocó, a partir de 490 especímenes (larvas y pupas) de la Colección Limnológica del Chocó (CLCH-Insec, Universidad Tecnológica del Chocó), que corresponden a 18 municipios (entre 5 y 3202 m s.n.m.), 46 corrientes hídricas de diferente orden y 14 ecosistemas lénticos de las cuencas de los ríos Atrato, San Juan y Baudó. Se reportan 12 familias y 30 géneros, de los cuales 4 familias y 16 géneros, son registrados por primera vez para el Chocó. Chironomidae es la familia más abundante y más ampliamente distribuida, mientras que Dixidae y Sciomyzidae son las familias de menor abundancia y distribución. La mayor riqueza taxonómica la registran las familias Culicidae y Ceratopogonidae, con cinco géneros cada una. Las macrófitas son el sustrato con mayor riqueza específica. El mayor registro taxonómico se encuentra en la cuenca del río Atrato, con 11 familias y 24 géneros. Estos resultados permiten evidenciar la enorme diversidad de los dípteros acuáticos en el departamento del Chocó y la necesidad de adelantar nuevas investigaciones que amplíen su conocimiento taxonómico y ecológico en la región.

Palabras clave. CLCH. Diptera. Ecosistemas acuáticos. Insecta.

Abstract

We present a preliminary report on the richness and distribution of aquatic Diptera in the department of Chocó, from 490 specimens (larvae and pupae) kept in the Chocó Limnological Collection (CLCH-Insec), corresponding to 18 municipalities (between 5 and 3202 m a.s.l.), 46 water streams of different order and 14 lentic ecosystems of the Atrato, San Juan and Baudó Rivers basins. There are 12 families and 30 genera, of which 4 families and 16 genera are recorded for the first time for Chocó. Chironomidae is the most abundant and most widely distributed family, while Dixidae and Sciomyzidae are the families with lowest abundance and distribution. The highest taxonomic richness is recorded for the families Culicidae and Ceratopogonidae, with five genera each. Macrophytes are the substrate with the greatest specific richness. The largest taxonomic record is found in the Atrato River basin, with 11 families and 24 genera. These results show the enormous diversity of aquatic Diptera in the department of Chocó and the need to develop new research that will broaden their taxonomic and ecological knowledge in the region..

Keywords. CLCH. Diptera. aquatic ecosystems. Insecta.

Introducción

Los dípteros constituyen uno de los órdenes de insectos más complejos, abundantes y ampliamente distribuidos en el mundo, representado por aproximadamente 153 000 especies distribuidas en más de 180 familias, de las cuales 118, con 31 000 especies, están reportadas en la región neotropical (Lizarralde, 2009; Amorim, 2009).

Las larvas de la mayoría de las especies pueden ser consideradas como acuáticas en un sentido amplio, pues para sobrevivir deben estar en ambientes desde ligeramente húmedos a húmedos, como dentro de tejidos de plantas vivas, materia orgánica en descomposición, parásitos de otros animales o en asociación con cuerpos de agua; solo las especies que ocupan este último hábitat se consideran acuáticas (Courtney & Merritt, 2008; DeWalt *et al.*, 2010).

Las larvas de dípteros tienen la capacidad de vivir en hábitats muy variados, desde ríos, arroyos, lagos, embalses, brácteas de bromeliáceas y demás plantas que acumulan agua, en orificios de troncos viejos y en las costas marinas (Roldán & Ramírez, 2008). Presentan gran capacidad de colonización de los sustratos, gracias a sus diferentes variaciones morfológicas, y además de ser parte de la dieta de la biota acuática, ayudan al reciclaje de nutrientes sedimentados y a la transformación de la materia orgánica de los fondos, mediante los movimientos ondulatorios de sus cuerpos (Courtney *et al.*, 2009).

Por otra parte, algunos dípteros (Culicidae, Glossinidae, Psychodidae, Simuliidae) son de gran interés en salud pública ya que son vectores biológicos de patógenos o pueden producir reacciones alérgicas (Chironomidae) (McCafferty, 1983; Merritt *et al.*, 2009). También aportan información importante en estudios y análisis de la estructura y función de ecosistemas acuáticos, adaptaciones ecológicas y estructurales, análisis de calidad de agua, biomonitoreo y en biología de la conservación (Courtney & Merritt, 2008).

En Colombia son importantes contribuciones al conocimiento los trabajos sobre dípteros acuáticos relacionados con ecología, riqueza, sistemática y medicina forense de Wolff *et al.* (1991), Pinilla (2000), Ruiz *et al.* (2000), Miranda-Esquivel & Coscarón (2001), Pérez (2007), Rojas-Sandino *et al.* (2018), Oviedo-Machado & Reinoso-Flores (2018), Rojas-Céspedes *et al.* (2018). En el departamento del Chocó, los estudios sobre el orden son aún incipientes, reportándose de forma fragmentaria la presencia de 8 familias y 14 géneros (Mosquera & Córdoba, 2015a; Mosquera & Córdoba, 2015b; Mosquera & Mosquera, 2017; Mosquera, 2017; Mosquera, 2018).

El presente artículo tiene como objetivo aportar información sobre la riqueza genérica y distribución de los dípteros acuáticos en el departamento del Chocó, a partir de la revisión de los especímenes que se encuentran depositados en la Colección Limnológica del Chocó (CLCH-Insec), de la Universidad Tecnológica del Chocó, en Quibdó.

Materiales y métodos

La información taxonómica que se presenta es el resultado de la recopilación y revisión de información sobre larvas y pupas del orden Diptera depositadas en la Colección Limnológica del Chocó «CLCH-Insec» (Universidad Tecnológica del Chocó) <https://ipt.biodiversidad.co/sib/resource?r=utch-002>, conservadas y preservadas en su totalidad en alcohol al 80 %. Estos organismos fueron recolectados a través de proyectos de grado e investigaciones realizadas por el grupo de Limnología de la Universidad Tecnológica del Chocó, entre los años 2004 y 2018, y su información fue validada para verificar los datos de coordenadas, distribución altitudinal y procedencia. Los especímenes del orden Diptera estudiados corresponden a estadíos inmaduros recolectados en diferentes sustratos sumergidos, como rocas del lecho, hojarasca, troncos, vegetación ribereña, musgo y macrófitas. La determinación taxonómica se realizó en

el laboratorio de Limnología de la UTCH, para lo que se emplearon las claves de [Borkent & Spinelli \(2007\)](#), [Merritt *et al.* \(2008\)](#), [Domínguez & Fernández \(2009\)](#) y [Trivinho \(2011\)](#), con la ayuda de un estereomicroscopio NIKON SMZ 745. Para la identificación de las larvas de quironómidos se realizaron preparados permanentes en Euparal ([Trivinho, 2011](#)).

Resultados

Riqueza faunística y abundancia relativa de dípteros acuáticos. Los datos de los 490 ejemplares revisados (98.16 % larvas y 1.83 % pupas) permiten reportar de forma preliminar para el departamento del Chocó 2 subórdenes, 12 familias y 30 géneros de dípteros acuáticos ([Tabla 1](#)),

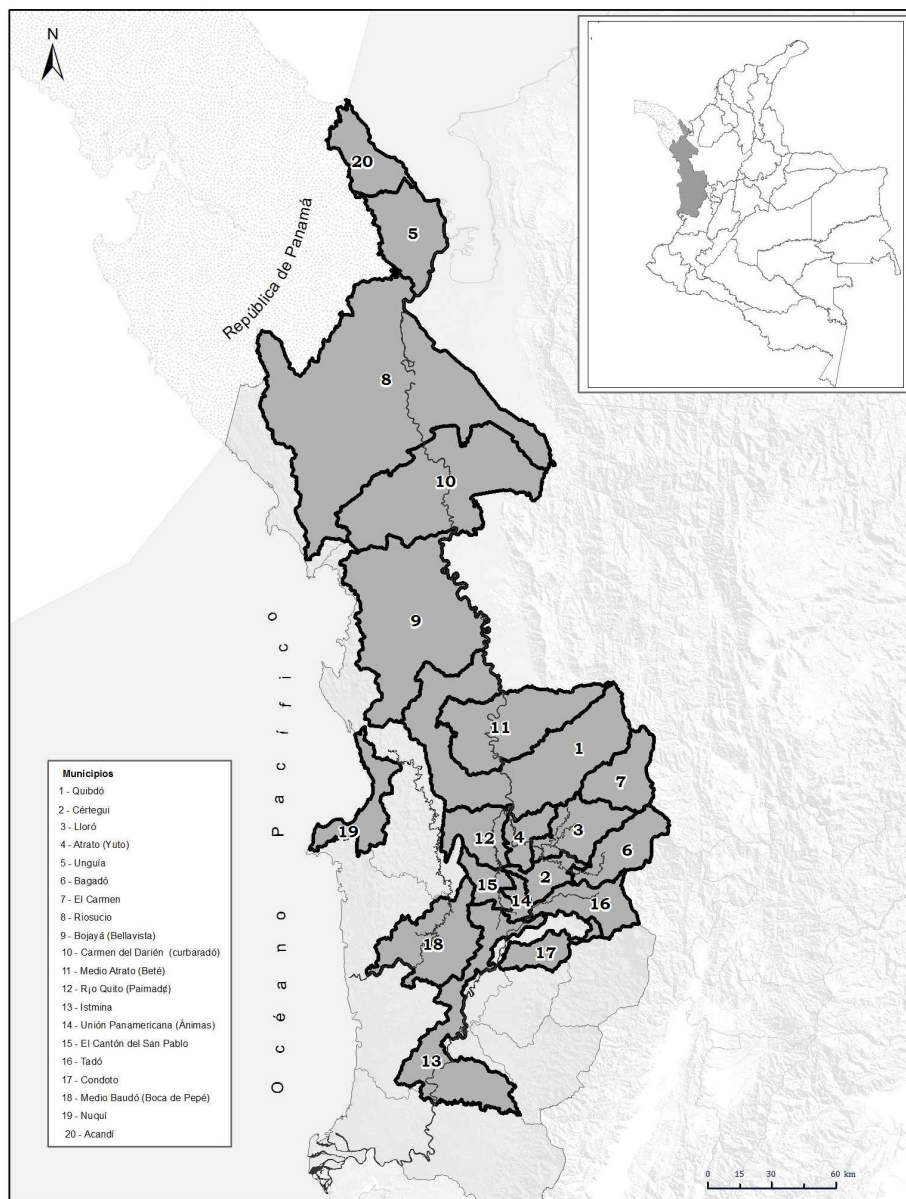


Figura 1. División política del departamento de Chocó, Colombia con las áreas de distribución del orden Diptera. Base cartográfica: IGAC Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Tabla 1. Listado taxonómico, abundancia relativa, etapa de vida y reporte de nuevos géneros del orden Diptera para el departamento del Chocó, depositados en la Colección Limnológica del Chocó (CLCH-Insec), Quibdó, Colombia.

Taxón	Abundancia relativa %	Estadio	Registro
Suborden Nematocera			
Chironomidae			
<i>Chironomus</i>	15.92	Larva, Pupa	
<i>Ablabesmyia</i>	38.57	Larva	
<i>Orthocladius</i>	0.81	Larva, Pupa	
<i>Pentaneura</i>	4.08	Larva	
Simuliidae			
<i>Simulium</i>	16.73	Larva	
Ceratopogonidae			
<i>Bezzia</i>	0.61	Larva	
<i>Stilobezzia</i>	0.61	Larva	Nuevo
<i>Probezzia</i>	0.20	Larva	Nuevo
<i>Dasyhelea</i>	0.82	Larva	Nuevo
<i>Culicoides</i>	0.61	Pupa	Nuevo
Limoniidae			
<i>Hexatoma</i>	5.31	Larva	
<i>Dactylolabis</i>	2.65	Larva	Nuevo
<i>Geranomyia</i>	0.82	Larva	Nuevo
<i>Limonia</i>	0.41	Larva	Nuevo
Psychodidae			
<i>Psychoda</i>	0.82	Larva, Pupa	Nuevo
<i>Pericoma</i>	0.61	Larva	Nuevo
<i>Clogmia</i>	0.20	Larva	Nuevo
<i>Maruina</i>	0.20	Larva	
Culicidae			
<i>Culiseta</i>	0.20	Larva	Nuevo
<i>Chagasia</i>	2.04	Larva	
<i>Culex</i>	0.41	Larva	
<i>Mansonia</i>	1.22	Larva	
<i>Orthopodomyia</i>	0.41	Larva	
Chaoboridae			
<i>Chaoborus</i>	4.08	Larva	
<i>Eucoethra</i>	0.20	Larva	Nuevo
Dixidae			
<i>Dixella</i>	0.20	Larva	Nuevo
Athericidae			
<i>Atherix</i>	0.20	Larva	Nuevo

Suborden Brachycera			
Dolichopodidae			Nuevo
<i>Aphrosylus</i>	0.41	Larva	Nuevo
Sciomyzidae			Nuevo
<i>Pherbellia</i>	0.20	Larva	Nuevo
Tabanidae			
<i>Tabanus</i>	0.41	Larva	

los cuales se encontraron asociados a 46 corrientes hídricas de diferente orden y 13 ecosistemas lénticos de las cuencas de los ríos Atrato, San Juan y Baudó, ubicados en 18 municipios del departamento (Figura 1). Estos resultados incrementan el número conocido de taxones distribuidos en el departamento, puesto que 4 familias (33.33 %) y 16 géneros (53.33 %) son reportados por primera vez para el Chocó (Tabla 1).

De las 12 familias del orden Diptera registradas en la Colección Limnológica del Chocó, Chironomidae es la que presenta el mayor número de organismos, con el 59.39 %, seguida de Simuliidae con un 16.73 %. Las restantes familias presentan abundancias inferiores al 10 %; sin embargo, Culicidae y Ceratopogonidae son las que presentan la mayor riqueza con cinco géneros cada una (Figura 2).

Distribución de los dípteros acuáticos. A nivel de las principales cuencas del departamento del Chocó, es la del río Atrato la que registra el mayor número de individuos de la colección con el 70.81 %, representados en 11 familias y 24 géneros; en segundo lugar se encuentra la cuenca del río San Juan con el 23.46 %, con 5 familias y 9 géneros, y en último lugar, la cuenca del río Baudó con el 3.87 %, con 2 familias y 3 géneros. Cuatro familias y cinco géneros se registran en microcuencas pericontinentales que fluyen directamente a los océanos Atlántico y Pacífico (Tabla 2).

Chironomidae es la familia con mayor distribución en la colección, al encontrarse en el 77.7 % de los municipios (14), seguida de Simuliidae y Limoniidae con el 50 % (9); mientras que Dolichopodidae,

Sciomyzidae, Athericidae y Dixidae se registran en solo uno de los municipios representados en la misma (Tabla 2, Figura 3).

Desde el punto de vista altitudinal, los géneros que presentaron los rangos más amplios fueron Geranomyia, Ablabesmyia y Simulium; sin embargo, para todos los géneros reportados se amplía el rango de distribución altitudinal en el país, al registrarse en localidades por debajo de los 100 m s. n. m. (Tabla 2). Es importante destacar que 17 géneros (54.83 %) solo se registran en una de las localidades de estudio; por lo tanto, su valor en la distribución altitudinal fue puntual.

Los ejemplares revisados del orden Diptera se encontraron asociados a siete sustratos: piedra, hojarasca, tronco, vegetación ribereña, macrófitas, musgo, sedimento, siendo las macrófitas el que registra la mayor riqueza de géneros (13), seguido de piedra (12), hojarasca (9), vegetación ribereña (7), sedimento (5), musgo (5) y finalmente tronco (2) (Tabla 2).

Discusión

Riqueza faunística y abundancia relativa de dípteros acuáticos.

Los ejemplares del orden Diptera presentes en la Colección Limnológica del Chocó constituyen un aporte importante al conocimiento de la diversidad regional de este grupo, ya que se reportan familias y géneros por primera vez para la región (Tabla 1).

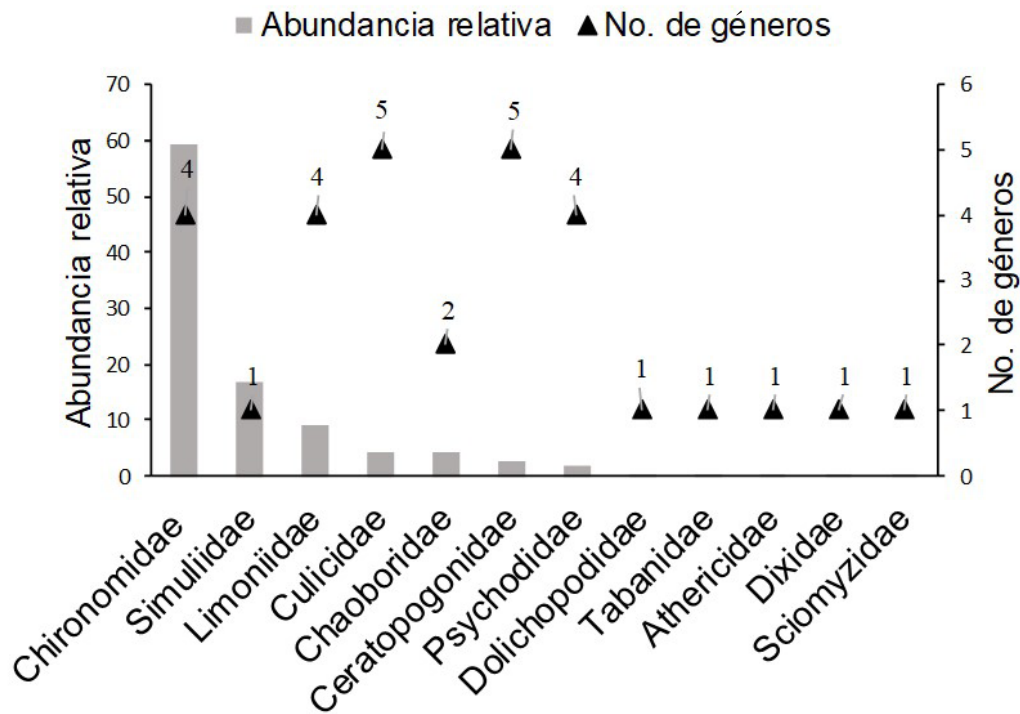


Figura 2. Abundancia relativa y riqueza genérica de familias de dípteros acuáticos registradas en la Colección Limnológica del Chocó (CLCH-Insec), Quibdó, Colombia.

Tabla 2. Distribución de las familias y géneros de dípteros acuáticos en los municipios del Chocó, Colombia, ubicación por macrocuenca y rango de altitud.

Distribución: Ac, Acandí; At, Atrato; Ba, Bagadó; Bo, Bojayá; Bs, Bahía solano; Ca, Carmen de Atrato; Cd, Carmen del Darién; Cdp, Cantón de San Pablo; Ce, Cértegui; Co, Condoto; Is, Istmina; Ma, Medio Atrato; Mb, Medio Baudó; Qb, Quibdó; Rs, Río Sucio; Ta, Tadó; Un, Unguía; Up, Unión Panamericana. **Sustrato:** H, hojarasca; Ma, macrófitas; Mu, musgo; P, piedra; Se, sedimento T, tronco; Vr, vegetación ribereña. +, microcuenca pericontinental.

Taxón	Distribución en el Chocó	Cuenca	Sustrato	Rango de altitud (m. s. n. m.)
Chironomidae				
<i>Chironomus</i>	Qb, Un, Up, Is	Atrato, San Juan, Pacífica +	P, H, Se	46 - 190
<i>Ablabesmyia</i>	Qb, Un, At, Bo, Cd, Rs, Ca, Ac, Up, Ta, Cdp, Is, Mb, Ce	Atrato, San Juan, Baudó, Pacífica +	P, H, Vr, Ma, T, Se, Mu	5 - 2247
<i>Orthocladius</i>	Qb	Atrato	Ma, Mu	32 - 90
<i>Pentaneura</i>	Qb, Un, Bo, At, Cd, Rs, Ta, Is, Mb	Atrato, San Juan, Baudó	H, Vr, Ma	5 - 133

Simuliidae				
<i>Simulium</i>	Qb, At, Ca, Ta, Cdp, Mb, Is, Co, Up	Atrato, San Juan, Baudó	P, H, Vr, Se	32 – 2180
Ceratopogonidae				
<i>Bezzia</i>	Qb	Atrato	Se, Vr	50 – 90
<i>Stilobezzia</i>	Qb, Un, Rs	Atrato, Pacífica +	P, Ma	8 – 190
<i>Probezzia</i>	Bo	Atrato	Ma	36
<i>Culicoides</i>	Qb	Atrato	Ma	43
<i>Dasyhelea</i>	Qb	Atrato	P	57
Dolichopodidae				
<i>Aphrosylus</i>	Qb	Atrato	P	90
Limoniidae				
<i>Hexatoma</i>	Qb, At, Ce, Up, Ta, Is, Ac	Atrato, San Juan, Pacífica +	P, H, Vr	56 – 133
<i>Dactylolabis</i>	Qb, Up	Atrato, San Juan	H, T	47 – 103
<i>Geranomyia</i>	Ba, Bs	Atrato, Pacífica +	P	152 – 3202
<i>Limonia</i>	Ta	San Juan	H	135
Psychodidae				
<i>Psychoda</i>	Qb	Atrato	P, Mu	46 – 90
<i>Pericoma</i>	Qb	Atrato	Mu	90
<i>Clogmia</i>	Qb	Atrato	Mu	47
<i>Maruina</i>	Up	San Juan	Vr	103
Culicidae				
<i>Culiseta</i>	Qb	Atrato	Ma	50
<i>Chagasia</i>	Qb, Un	Atrato	Ma	5 – 32
<i>Culex</i>	Un	Atrato	Ma	5 – 9,3
<i>Mansonia</i>	Un, Rs	Atrato	Ma	5 – 8
<i>Orthopodomyia</i>	Un	Atrato	Ma	9,3
Chaoboridae				
<i>Chaoborus</i>	Qb, Un, Bo, Ma	Atrato	Ma, Se	5 – 37
<i>Eucoretha</i>	Ta	San Juan	Vr	95
Athericidae				
<i>Atherix</i>	Qb, Un	Atrato	H	47
Tabanidae				
<i>Tabanus</i>	Qb, Bo	Atrato	P, Ma	26 – 46
Dixidae				
<i>Dixella</i>	Un	Pacífica +	P	190
Sciomyzidae				
<i>Pherbellia</i>	Qb	Atrato	P	46

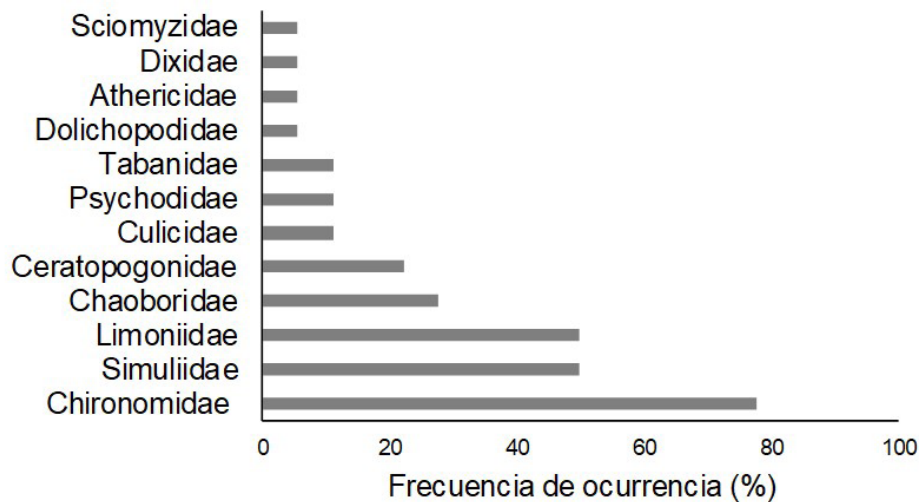


Figura 3. Frecuencia de ocurrencia de familias de dípteros acuáticos en 18 municipios del departamento del Chocó, Colombia.

La abundancia que presentan los chironómidos y simúlidos coincide con otros trabajos realizados en Colombia, como los de [Rojas-Céspedes et al. \(2018\)](#) y [Rojas-Sandino et al. \(2018\)](#) en el departamento del Tolima.

Los dípteros de la familia Chironomidae son los insectos más ampliamente distribuidos y, frecuentemente, los más abundantes en aguas continentales, tanto lóxicas como lénticas ([Cranston, 1995](#); [Thorp & Rogers, 2011](#)), donde son de gran importancia en la colonización de cuerpos de agua y juegan un papel fundamental como eslabones en la red trófica ([Henriques-Oliveira et al., 2003](#); [Rodríguez et al., 2004](#)). Además, gracias a su amplia capacidad de hábitos alimenticios, pueden obtener recursos de cualquier medio y por ende ocupar una gran variedad de microhábitats ([DeWalt et al., 2010](#); [Rosa et al., 2013a](#); [Rosa et al., 2013b](#)). Los simúlidos, por su parte, se desarrollan exclusivamente en ambientes acuáticos lóxicos desde corrientes temporales hasta los grandes ríos, y, a menudo, dominan la comunidad de macroinvertebrados de estos sistemas lóxicos ([Adler & McCreadie, 1997](#); [Kazanci & Ertunç, 2010](#)). El único género de la familia Simuliidae que se reporta en la Colección es *Similium*, de gran relevancia, puesto que varias de sus especies tienen importancia desde el punto de vista de la salud humana y animal, ya que son

vectores de diferentes agentes patógenos, por lo que son el segundo grupo en importancia médica, después de los Culicidae ([Grillet et al., 2005](#)).

Las familias Culicidae y Ceratopogonidae se destacan por su riqueza en los ecosistemas referenciados en la colección. Culicidae es probablemente una de las familias más importantes del orden Diptera debido a que son reservorio y vectores del agente causal de enfermedades tales como el dengue, la fiebre amarilla y la malaria, entre otras, las cuales se transmiten a los humanos y otros animales ([González et al., 2016](#)). Particularmente sus larvas y pupas están presentes en una variedad de hábitats lénticos, que incluyen lagos, pantanos, agua salada, agujeros en troncos de árboles, charcas y ríos ([Harbach, 2007](#); [Chaverri, 2009](#)). En este estudio se les encontró asociados exclusivamente a las macrófitas presentes en las ciénagas.

Por otro lado, los ceratopogónidos son un grupo de dípteros extremadamente diverso y abundante; sus formas inmaduras se desarrollan en una amplia gama de ambientes húmedos, semiacuático a hábitats totalmente acuáticos, incluyendo ríos y lagos, donde se las puede encontrar en los márgenes y entre los detritus y plantas acuáticas ([Wagner et al., 2008](#)). Las de hábitats semiacuáticos, habitan la arena húmeda de playas

marinas, lodo, pantanos, vegetación húmeda de rocas en lagos, lagunas, corrientes de agua y márgenes de los ríos, aguas salinas y agujeros en troncos de árboles (Sandoval & Molina, 2000; Borkent *et al.*, 2009).

Distribución de los dípteros acuáticos.

La mayor abundancia y riqueza de dípteros observada en la zona del río Atrato puede ser atribuida a que es la zona más estudiada del departamento, dada su cercanía a centros poblados y la facilidad de acceso en comparación con las zonas de los ríos San Juan y Baudó, siendo esta última la que presenta mayores dificultades de acceso, lo que ayuda a explicar su baja representación en la colección.

La distribución registrada para la familia Chironomidae concuerda con lo que se reporta para la región neotropical, donde esta familia sobresale por su amplia distribución (Ferrington, 2008; Paggi, 2009; Rosa *et al.*, 2014). Esta puede ser producto de factores medioambientales, como la naturaleza del sustrato, ya que este grupo es capaz de habitar un amplio rango de microhábitats, que incluyen sustrato limo arcilloso, fango, arena, roca, madera sumergida, sedimentos, grava, canto rodado e incluso plantas acuáticas. A su vez, algunos tienen la capacidad de tolerar pH ácidos, altos grados de salinidad y bajos niveles de oxígeno (Pinder, 1986; Paggi, 2009).

Las familias Dixidae, Athericidae y Sciomyzidae presentan la distribución más restringida, al encontrarse en una única localidad de las registradas en la colección. Las etapas inmaduras de dípteros se desarrollan en los márgenes de los cuerpos de agua, como pantanos, arroyos, ríos, lagos y bromelias (Borkent, 2009), mientras que los atherícidos en su etapa larvaria se encuentran en sistemas lóticos de aguas bien oxigenadas, viviendo en rápidos con fondo rocoso o con grava de ríos o sobre vegetación acuática (McCafferty, 1998; Sandoval & Molina, 2000; Woodley, 2009). La familia Sciomyzidae, por su parte, comprende especies acuáticas y semiacuáticas y sus larvas están presentes en suelos húmedos de agua dulce y

salada, a lo largo de márgenes de lagos y corrientes, especialmente entre la vegetación (McCafferty, 1998).

Según Merritt *et al.* (2009), los dípteros ocupan un amplio gradiente altitudinal en el Neotrópico, como se evidencia en los ejemplares que reposan en la colección. La altitud afecta la distribución de los macroinvertebrados acuáticos, debido a los cambios de temperatura del agua y contenido de oxígeno (Marchant *et al.*, 1995); particularmente, estas dos variables son señaladas entre los aspectos que más influencia ejercen sobre la distribución, abundancia y riqueza de los insectos acuáticos, debido a que están relacionados con los procesos metabólicos de los organismos aeróbicos y la productividad biológica (Ocon *et al.*, 2004; Domínguez & Fernández, 2009).

Los dípteros que reposan en la Colección Limnológica se encontraron asociados a una gran variedad de sustratos, sobresaliendo las macrófitas y las piedras. Según Sandoval & Molina (2000) los dípteros son posiblemente el grupo más ampliamente adaptado de todos los insectos acuáticos, lo que se evidencia en la gran variedad de hábitats que ocupan sus estados preimaginales, superior a la de cualquier otro orden de insectos; de allí que sus larvas y pupas puedan ser encontradas en un gran número de sustratos, tanto en sistemas lóticos como lénticos (Lizarralde, 2009).

Los resultados de este trabajo contribuyen al conocimiento de la riqueza genérica y distribución de los dípteros acuáticos en el departamento del Chocó y en el país, poniendo además en evidencia la enorme diversidad del orden en la región, por lo que se espera que, con un aumento de los estudios taxonómicos de la fauna de dípteros, el número de taxones registrados se incremente considerablemente.

Agradecimientos

Agradecemos al laboratorio de Limnología, a la Vicerrectoría de Investigaciones y al Centro de Investigación en Biodiversidad y Hábitat "CEIBHA" de

la Universidad Tecnológica del Chocó, por su apoyo para la organización y creación de la Colección Limnológica del Chocó, a partir de la cual se generó la información que se presenta en este artículo. A las biólogas Karen E. Córdoba y Yasiris Salas Tovar (Q.E.P.D.) y a la estudiante Karen Palomeque, por su participación en la organización de la colección y trabajo de laboratorio. Agradecemos igualmente, a los revisores anónimos por sus comentarios y sugerencias, los cuales contribuyeron a mejorar la versión final del manuscrito.

Referencias

- Adler, P. H. & McCreddie, J. W. (1997). Insect life: the hidden ecology of black flies: sibling species and ecological scale. *American Entomologist*, 43(3), 153-162. <https://doi.org/10.1093/ae/43.3.153>
- Amorim, D. S. (2009). Neotropical Diptera diversity: richness, patterns, and perspectives. En Pape, T., Bickel, D. & Meier, R. (Eds.). *Diptera diversity: status, challenges and tools*. Pp. 71-97. Leiden: Koninklijke Brill NV. <https://doi.org/10.1163/ej.9789004148970.I-459.17>
- Borkent, A. & Spinelli, R. C. (2007). Neotropical Ceratopogonidae (Diptera: Insecta). En Adis, J., Arias, J. R., Rueda-Delgado, G. & Wattzen, K. M. (Eds.). *Aquatic Biodiversity in Latin America (ABLA)*. Vol 4. Pp: 148-153. Soñia-Moscú: Pensoft Publishers.
- Borkent, A. (2009). Dixidae (Meniscus Midges). En Brown, B. V., Borkent, A., Cumming, J. M., Wood, D. M., Woodley, N. E. & Zumbado, M. A. (Eds.). *Manual of Central American Diptera*. Vol. 1. Pp: 359-360. Ottawa, Canada: NRC Research Press.
- Borkent, A., Spinelli, G. R. & Grogan, W. L. (2009). Ceratopogonidae (biting midges, purrujas). En Brown, B.V., Borkent, A., Cumming, J. M., Wood, D. M., Woodley, N. E. & Zumbado, M. A. (Eds.). *Manual of Central America Diptera*. Vol. 1. Ottawa, Canada: NRC Research Press. 714 pp.
- Chaverri, L.G. (2009). Culicidae (mosquitos, zancudos). En Brown, B.V., Borkent, A., Cumming, J. M., Wood, D. M., Woodley, N. E. & Zumbado, M. A. (Eds.). *Manual of Central America Diptera*. Vol. 1. Pp: 369-388. Ottawa, Canada: NRC Research Press.
- Courtney, G.W. & Merritt, R. W. (2008). Aquatic Diptera part one: Larvae of aquatic Diptera. En Merritt, R. W., Cummins, K. W. & Berg, M. B. (Eds.). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America 4 ed.* Pp: 687-722. Dubuque, Iowa, USA: Kendall/Hunt Publishing Company.
- Courtney, G., Pape, T., Skevington, J. & Sinclair, B. (2009). Biodiversity of Diptera. In Foottit, R. & Adler, P. (Eds.). *Insect Biodiversity Science and Society*. Pp: 185-222. West Sussex, Reino Unido: Blackwell Publishing. <https://doi.org/10.1002/9781444308211.ch9>
- Cranston, P. S. (1995). Introduction. En: Armitage, P. D., Cranston, P. S., Pinder, L. C. V. (Eds.). *The Chironomidae. The biology and ecology of non-biting midges*. Pp. 297-320. Londres, Reino Unido: Chapman & Hall.
- DeWalt, R. E., Resh, V. H. & Hilsenhoff, W. L. (2010). Diversity and classification of insects and Collembola. En Thorp, J. H. y Covich, A. P. (Eds.). *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates*. Tercera edición. Pp. 587- 657. San Diego, Estados Unidos: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374855-3.00016-9>
- Domínguez, E. & Fernández, H. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y Biología*. Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo. 654 pp.
- Ferrington, L. C. (2008). Global diversity of non-biting midges (Chironomidae-Insecta-Diptera) in freshwater. *Freshwater Animal Diversity Assessment*, 595, 447-455. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8259-7_45
- González, C. R., Reyes, C., Jercic, M. I., Rada, V., Saldarriaga, M., Pavletic, C. & Parra, A. (2016). *Manual de culicidos (Diptera: Culicidae) de la zona norte y centro de Chile, incluyendo Isla de Pascua*. Segunda Edición. Santiago, Chile: Instituto de salud pública; Ministerio de salud. 95 pp.
- Grillet, M. E., Villamizar, N. I. Cortez, J., Frontado, H. L., Escalona, M., Vivas-Martínez, S. & Basanez, M.G. (2005). Diurnal biting periodicity of parous *Simulium* (Diptera: Simuliidae) vectors in the onchocerciasis Amazonian focus. *Acta tropica*, 94(2), 139-158. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2005.02.002>
- Harbach, R.E. 2007. The Culicidae (Diptera) a review of taxonomy classification. *Zootaxa*, 1668: 591-638.

- Henriques-Oliveira, A., Nessimian, J. & Dorvillé, L. (2003). Feeding habits of chironomid larvae (Insecta: Diptera) from a stream in the floresta da Tijuca, Río de Janeiro, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 63(2), 269-281. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842003000200012>
- Kazanci, N. & Ertunç, Ö. (2010). Use of Simuliidae (Insecta: Diptera) species as indicators of aquatic habitat quality of Yeşilirmak River Basin (Turkey). *Review of Hydrobiology*, 3(1), 27-36.
- Lizarralde, M. (2009). Diptera: Generalidades. En: Domínguez, E. & Fernández, H. R. (Eds.). *Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos: Sistemática y Biología*. 1 ed. Pp: 341-364. Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo.
- Marchant, R., Barmuta, L. A. & Chessman, B. C. (1995). Preliminary study of the ordination and classification of macroinvertebrate communities from running waters in Victoria, Australia. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 45, 945-962. <https://doi.org/10.1071/MF9940945>
- McCafferty, W. P. (1983). Midges, Mosquitoes, Aquatic Gnats and Flies (Order Diptera). In: *Aquatic Entomology: The Fishermen's and Ecologists' Illustrated Guide to Insects and Their Relatives*. Pp: 283-333. Boston: Jones and Bartlett Publishers.
- McCafferty, W. P. (1998). *Aquatic Entomology: the fishermen's and ecologist's illustrated guide to insects and their relatives*. 1a. ed. Boston: Jones and Barlett Publishers. 448 pp.
- Merritt, R.W., Courtney, G. W. & Keiper, J. B. (2009). Diptera: (Flies, Mosquitoes, Midges, Gnats). En: Vincent, H. R. & Ring, T. C. (Eds.). *Encyclopedia of Insects (Second Edition)* (Pp. 284-297). San Diego: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374144-8.00085-0>
- Merritt, R. W., Cummins, K. W. & Berg, M. B. (2008). *An introduction to the aquatic insects of North America*. Dubuque, Kendall/Hunt Publishing Company. 1214 pp.
- Miranda-Esquivel, D. R. & Coscarón, S. (2001). Cladistic analysis of Simulium (Trichodagmia) and Simulium (Thyrsopelma) (Diptera: Simuliidae). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 132(4), 429-439. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.2001.tb02469.x>
- Mosquera-Murillo, Z. & Córdoba-Aragón, K. E. (2015a). Caracterización de la entomofauna acuática en cuatro quebradas de la cuenca del río San Juan, Chocó, Colombia. *Revista de la academia colombiana de ciencias exactas físicas y naturales*, 39(150), 67-76. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.148>
- Mosquera-Murillo, Z. & Córdoba-Aragón, K. E. (2015b). Caracterización de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en tres ciénagas de la cuenca media del río Atrato, Chocó, Colombia. *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó Investigación, Biodiversidad y Desarrollo*, 34(1), 22-35.
- Mosquera-Murillo, Z. & Mosquera-Mosquera, M. M. (2017). Diversidad de la entomofauna acuática y calidad de agua en quebradas del río San Juan, Chocó-Colombia. *Revista UDCA Actualidad y divulgación Científica*, 20(1), 149-161. <https://doi.org/10.31910/rudca.v20.n1.2017.72>
- Mosquera-Murillo, Z. (2017). Insectos acuáticos asociados a raíces de Eichhornia crassipes (MART) Solms en ciénagas del río Atrato, Chocó-Colombia. *Revista de Ciencias Univalle*, 21(2), 29-44. <https://doi.org/10.25100/rc.v21i2.6697>
- Mosquera-Murillo, Z. (2018). Insectos acuáticos asociados a Eichhornia azurea (Schwartz) Kunth en ciénagas del río Atrato, Chocó-Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Animales*, 10(1), 15-24. <https://doi.org/10.24188/recia.v10.n1.2018.533>
- Ocon, C. S. & Rodrigues, A. (2004). Presence and abundance of Ephemeroptera and other sensitive macroinvertebrates in relation with habitat conditions in Pampean streams (Buenos Aires, Argentina). *Archiv für Hydrobiologie*, 159, 473-487. <https://doi.org/10.1127/0003-9136/2004/0159-0473>
- Oviedo-Machado, N. & Reinoso-Flórez, G. (2018). Aspectos ecológicos de larvas de Chironomidae (Diptera) del río Opía (Tolima, Colombia). *Revista Colombiana de Entomología*, 44(1), 101-109. <https://doi.org/10.25100/socolen.v44i1.6546>
- Paggi, A. C. (2009). Diptera Chironomidae. En: Domínguez, E. & Fernández, H. R. (Eds.). *Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos: Sistemática y Biología*. Pp: 383-410. Tucumán - Argentina: Fundación Miguel Lillo. <https://doi.org/10.5324/cjcr.v0i22.603>

- Pérez, S. P. (2007). Muscidae (Diptera) de importancia forense en Colombia: importancia y distribución. En Memorias de Socolen XXXIV Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. 250 pp.
- Pinder, L. (1986). Biology of freshwater Chironomidae. *Annual Review of Entomology*, 31(1), 1-23. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.31.010186.000245>
- Pinilla, A. (2000). *Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia: compilación bibliográfica*. Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Centro de Investigaciones Científicas. 67 pp.
- Rodríguez, C. V., Quiroz, M. H., Badii, Z. M. & Solís, R. C. (2004). Riesgos entomológicos asociados a aguas contaminadas. *Revista de Salud Pública y Nutrición*, 5, 1-8.
- Rojas-Cespedes, M. G., Forero-Cespedes, A. M. & Reinoso-Flores, G. (2018). Dípteros acuáticos (insecta) y su relación con las variables físicas y químicas en un río con bosque seco tropical, Natagaima, Tolima-Colombia. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 30, 24-37.
- Rojas-Sandino, L. D., Reinoso-Flórez, G. & Vásquez-Ramos, J. M. (2018). Distribución espacial y temporal de dípteros acuáticos (Insecta: Diptera) en la cuenca del río Alvarado, Tolima, Colombia. *Biota Colombiana*, 19(1), 70-91. <https://doi.org/10.21068/c2018.v19n01a05>
- Roldán, G. & Ramírez, J. J. (2008). *Fundamentos de Limnología Neotropical*. 2ª ed. Medellín: Universidad de Antioquia, ACCEFYN, Universidad Católica de Oriente. 442 pp.
- Rosa, B. F. J. V., Dias-Silva, M. V. D. & Alves, R. G. (2013a). Composition and structure of the Chironomidae (Insecta: Diptera) community associated with Bryophytes in a first-order stream in the Atlantic Forest, Brazil. *Neotropical Entomology*, 42(1), 15-21. <https://doi.org/10.1007/s13744-012-0086-0>
- Rosa, B. F. J. V., Vasques, M. & Alves, R. G. (2013b). Chironomidae (Insecta, Diptera) associated with stones in a first-order Atlantic Forest stream. *Revista Chilena de Historia Natural*, 86, 291-300. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2013000300006>
- Ruiz-Moreno, J., Ospina-Torres, R. & Riss, W. (2000). Guía para la identificación genérica de larvas de quironómidos (Diptera: Chironomidae) de la Sabana de Bogotá. II Subfamilia. *Caldasia*, 22(1), 15-33.
- Sandoval, J. C. & Molina-Astudillo, I. F. (2000). Insectos. En: de la Lanza-Espino, G., Hernández-Pulido, S. & Carbajal-Pérez, J. L. (Eds.). *Organismos indicadores de la calidad de agua y de la contaminación (Bioindicadores)*. Pp: 412-416. México, D.F. Semarnap, Comisión nacional del agua, PYV, UNAM.
- Thorp, J. H. & Rogers, D. S. (2011). Midges, mosquitoes, blackflies, and other true flies: Insect Order Diptera. En: James, H. T. & Rogers, D. C. (Eds.). *Field Guide to Freshwater Invertebrates of North America*. Pp: 247-260. Boston: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381426-5.00027-2>
- Trivinho, S. (2011). *Larvas de Chironomidae: Guía de Identificación* (Vol. 2). Sao Carlos. 371p.
- Wagner, R., Barták, M., Borkent, A., Courtney, G., Goddeeris, B., Haenni, J. P., Knutson, L., Pont, A., Rotheray, G. E., Rozkosný, R., Sinclair, B., Woodley, N., Zatorski, T. & Zwick, P. (2008). Global diversity of dipteran families (Insecta Diptera) in freshwater (excluding Simuliidae, Culicidae, Chironomidae, Tipulidae and Tabanidae). *Hydrobiologia*, 595, 489-519. <https://doi.org/10.1007/s10750-007-9127-9>
- Wolff, M. I., Osorio, L. & Álvarez, G. (1991). Distribución espacial y hábitats larvarios de *Aedes aegypti*. *Boletín Epidemiológico de Antioquia*, 15(3), 127-135.
- Woodley, N. E. (2009). Athericidae (Athericid flies). En: Brown, B.V., Borkent, A., Cumming, J. M., Wood, D. M., Woodley, N. G. & Zumbado, M. A. (Eds.). *Manual of Central America Diptera*. Vol. 1. Pp: 491-493. Ottawa, Canadá: NRC Research Press.

Zuleyma Mosquera Murillo

Universidad Tecnológica del Chocó
Quibdó, Colombia
zuleymamosquera@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9029-1013>

Sandra Patricia Sánchez Vázquez

Universidad Tecnológica del Chocó
Quibdó, Colombia
sandrapatricia0220@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-7201-6392>

**Dípteros acuáticos del departamento del Chocó,
Colombia**

Citación del artículo: Mosquera, Z. & Sánchez, S.P. (2019). Dípteros acuáticos del departamento del Chocó, Colombia. *Biota Colombiana*, 20(2), 46-58. DOI: [10.21068/c2019.v20n02a01](https://doi.org/10.21068/c2019.v20n02a01).

Recibido: 16 de marzo de 2019

Aceptado: 8 de agosto de 2019

Hábitos alimenticios del pez sable *Trichiurus lepturus* en el Golfo de Urabá, Caribe colombiano

Feeding habits of the Atlantic Cutlass fish *Trichiurus lepturus* in the Urabá Gulf, Colombian Caribbean

Sara Arenas-Uribe , Jenny Leal-Flórez , Alejandro Sandoval , Andres Felipe Pérez Villa  y Andres Felipe Hernández-Morales 

Resumen

Se estudiaron los hábitos alimenticios del pez comercial *Trichiurus lepturus*, un mesodepredador con un papel importante en el flujo de energía en las redes tróficas costeras, con el objeto de contribuir al conocimiento de su ecología, herramienta para su conservación e insumo para el ordenamiento pesquero del Golfo de Urabá, en el noroeste de Colombia. Usando redes de enmalle se capturaron 320 individuos, de los que se obtuvieron 208 estómagos con contenido. El espectro alimenticio de la especie está integrado por 26 ítems, pertenecientes a tres grandes grupos taxonómicos: peces, crustáceos y moluscos. Entre estos, los engráulidos (Engraulidae) son el principal componente en todos los sitios de muestreo, sobresaliendo *Centengraulis edentulus* y varias especies del género *Anchoa*. Se encontró un traslape de presas entre los sitios, siendo evidente la importancia de las áreas de manglar para alimentación. Sin embargo, no hubo variación estacional ni diferencias entre sexos en la composición de la dieta, dado que los engráulidos, su principal presa, son uno de los recursos pesqueros más abundantes en el Caribe colombiano.

Palabras clave. Análisis de contenido estomacal. Dieta de peces. Ecología trófica. Ítems alimenticios.

Abstract

We studied the feeding habits of the commercial fish *Trichiurus lepturus*, a mesopredator with an important role in the energy flow in the coastal trophic webs, in order to contribute to the knowledge of its ecology, tool for its conservation, and an input for the management of fisheries in the Gulf of Urabá, northwestern Colombia. Using gillnets, 320 fish were captured, from which 208 stomachs containing food were extracted, and their contents separated and identified. The food spectrum of the species is integrated by 26 elements, belonging to three great taxonomic groups: fish, crustaceans and mollusks. Engraulid fishes are the main food component at all sampling sites, mostly *Centengraulis edentulus* and several *Anchoa* species. There was a trophic overlap among sites, and the importance of mangrove areas for feeding was evident. However, no seasonal or sex variation in diet composition was found, since Engraulids are one of the most abundant fish resources throughout the year in the Colombian Caribbean.

Keywords. Stomach content analysis. Fish diet. Trophic ecology. Food items.

Introducción

La familia Trichiuridae comprende 10 géneros y 39 especies de peces con talla grande, cuerpo alargado y lateralmente comprimido, aletas pélvicas reducidas o ausentes y dientes triangulares y agudos (Randall, 1967; Nelson, 2006; García, 2010). Son depredadores importantes con hábitos generalmente diurnos y altamente selectivos (Ros & Pérez, 1978; Pardo *et al.*, 2003).

Para el Caribe colombiano se han reportado cuatro especies de la familia Trichiuridae: *Benthodesmus simonyi*, *B. tenius*, *T. lepturus* y *Lepidopus caudatus*, entre las cuales *T. lepturus* destaca por ser la especie más abundante e importante en el comercio según Chakraborty *et al.* (2005). Este pez cosmopolita y pelágico, habita en aguas cálidas tropicales y subtropicales, moviéndose entre estuarios, manglares y mar abierto, de acuerdo a su ciclo de vida y demanda de alimento (Nakamura & Parin, 1993; FAO, 2016; Bittar *et al.*, 2012). En el golfo de Urabá, *T. lepturus*, conocido comúnmente como sable, es frecuente en el comercio de la zona, pese a tener un bajo valor comercial, y es usado además como carnada para la captura de otros recursos pesqueros (Datos sin publicar del proyecto LOPEGU; Leal-Flórez, J. *et al.*, 2017).

Debido a la sobreexplotación de gran cantidad de pesquerías, los recursos que estas brindan disminuyen y se pone en peligro su supervivencia (Robles, 2014; Riveiro, 2015; FAO, 2016). Esta situación ha llevado a buscar enfoques diferentes para administrar adecuadamente los ecosistemas, por lo que es indispensable tener en cuenta la estructura de las comunidades de peces, la transferencia de energía y los cambios tróficos en el ecosistema (Morzaria *et al.*, 2014; Hobday *et al.*, 2015). Para ello es necesario estudiar los hábitos alimenticios de las especies que habitan un lugar (Pardo *et al.*, 2003; Vaslet *et al.*, 2015).

Este tipo de estudios permiten ampliar el conocimiento sobre la estructura y funcionamiento de una población y comprender mejor la biología y ecología de los recursos y el papel que juegan en los ecosistemas (Chiappa *et al.*,

1989; Bax, 1998; Pardo *et al.*, 2003; Agudelo *et al.*, 2011). Por esta razón se estudiaron los hábitos alimenticios del sable *T. lepturus* en el Golfo de Urabá en el Caribe colombiano, con el objeto de contribuir al conocimiento de su ecología, herramienta para su conservación e insumo para el ordenamiento pesquero de la zona.

Existen en el mundo varias investigaciones sobre interacciones biológicas, solapamiento de dieta y hábitos alimenticios del *T. lepturus*. En Asia, algunos de los estudios más destacados son sobre su estructura de tallas, reproducción, edad, crecimiento (Al-Nahdi *et al.*, 2009) y sus hábitos alimenticios, encontrando tendencias hacia el consumo de camarones, calamares y peces (Chiou *et al.*, 2006; Yan *et al.*, 2011; Rohit *et al.*, 2015). En África se también se encontró que sus principales alimentos son crustáceos, cefalópodos y peces (Wojciechowski, 1972), además de otra variedad de presas como huevos de peces, anfípodos y copépodos (Bakhoun, 2007).

En Suramérica se estudiaron los estómagos de larvas, juveniles y adultos, encontrando que se alimentan de larvas de copépodos, zooplancton y peces (Martins *et al.*, 2005). Se comparó la dieta de *T. lepturus* con la de *Pontoporia blainvillei*, encontrando que ambas se solapan y los ítems más representativos son peces teleósteos de las familias Scianidae, Engraulidae y Clupeidae (Bittar & Di Benedetto, 2009). Posteriormente, se investigó la alimentación hembras adultas a través de valores calóricos, hallando nuevamente preferencia por presas como peces y camarones (Bittar *et al.*, 2012). Para el Caribe colombiano sólo se ha determinado que en el área de Cartagena la dieta del *T. lepturus* está conformada únicamente por peces, entre los cuales se destacan los mugílidos, engráulidos, carángidos, esfirénidos, sciaénidos, escómbridos y trichúridos (Pardo *et al.*, 2003).

Materiales y métodos

Área de estudio. El Golfo de Urabá está ubicado en la esquina suroccidental del Caribe colombiano, la zona más austral del mar Caribe (Figura 1), entre los 7°55' N y 8°40' N y los 76°53' O y 77°23' O. Tiene cerca de 600 km de costa entre Arboletes y Cabo Tiburón. Abundan las zonas someras, no superando los 60 m de profundidad al norte y los 30 m al sur en Bahía Colombia (Chevillot *et al.*, 1993; Bernal *et al.*, 2005; Ortiz & Blanco, 2012).

En el golfo existe un gradiente sur-norte de humedad, que determina una variación en el clima. La temperatura media superficial de la atmósfera registrada para la zona es de 26 °C a 28 °C (Blanco-Libreros *et al.*, 2015), aunque en época de verano (diciembre-marzo)

se han encontrado temperaturas superiores a 40 °C y predominan los vientos alisios del norte y noreste, que confinan las aguas del río Atrato al interior del golfo. En invierno (agosto-noviembre) la temperatura desciende hasta 19 °C, se presentan vientos con direcciones variables, que contribuyen a que las aguas sean evacuadas, siendo esta la época con mayor salinidad (Chevillot *et al.*, 1993; Ortiz & Blanco, 2012). Las mareas del golfo son de tipo micromareal y no sobrepasan los 40 cm (Restrepo & Correa, 2002).

La circulación del golfo, que es influenciada por los vientos y las mareas, pone en interacción las aguas del mar Caribe y del río Atrato, para dar origen a un estuario (Bernal *et al.*, 2005), que presenta estratificación salina por la pluma superficial del río Atrato (Montoya & Toro, 2006).

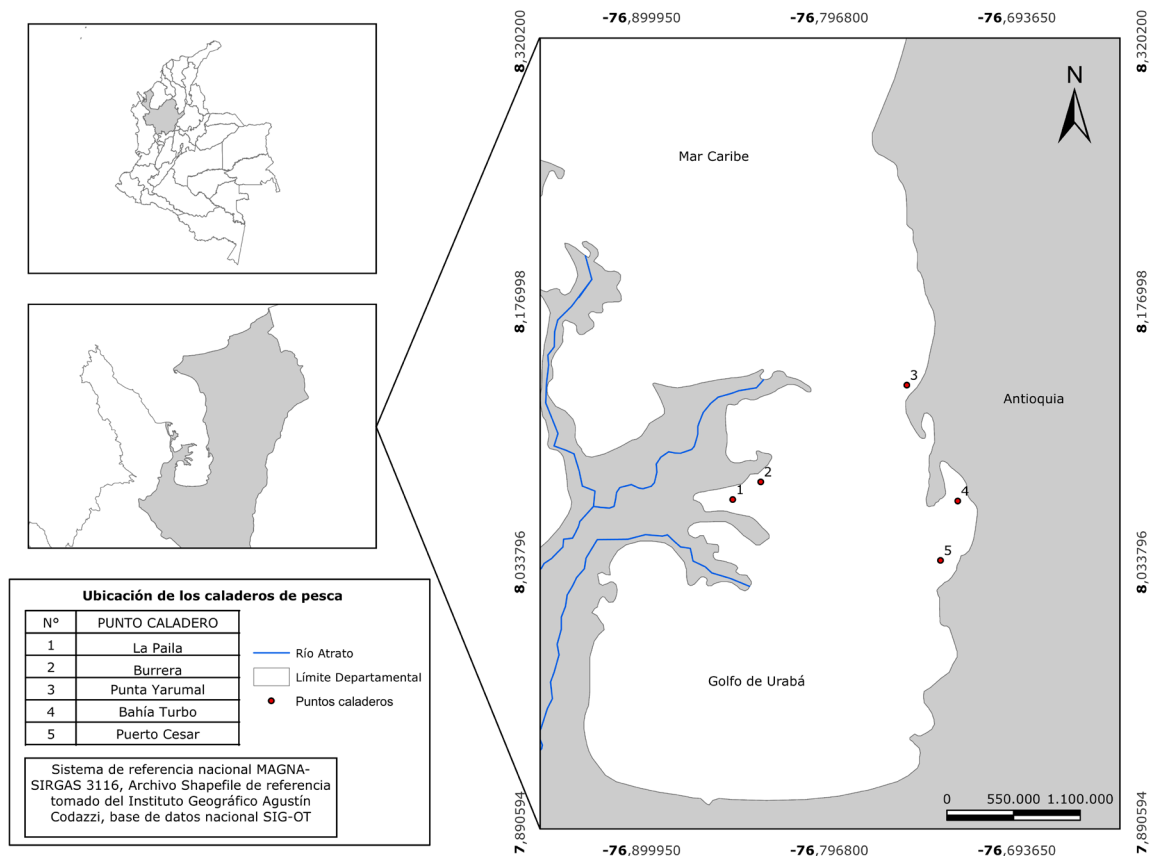


Figura 1. Puntos de muestreo de *Trichiurus lepturus* en el Golfo de Urabá, Caribe colombiano. El área en gris corresponde al departamento de Antioquia.

Diseño del muestreo. Los ejemplares de *T. lepturus* fueron obtenidos entre agosto de 2015 y agosto de 2016, en cinco zonas de muestreo (Figura 1), definidas según la cercanía con las áreas de caladeros de pesca de mayor importancia en el golfo, determinadas por la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), que coinciden, en general, con áreas de desembocadura de ríos y zonas de bosque de manglar (Figura 1).

Se hicieron seis muestreos bimensuales, en los que se capturaron los especímenes empleando redes de enmalle monofilamento y multifilamento, con ojos que variaban entre dos y tres puntos. Adicionalmente, se obtuvieron ejemplares comprados a pescadores artesanales, que incluían la información espacial y temporal pertinente para su análisis.

Los individuos recolectados se sacrificaron usando una sobredosis de Eugenol en un balde con agua (Rubio & Silveira, 2009). *In situ*, cada ejemplar fue inyectado con formol al 4 % en la parte ventral para detener la actividad enzimática y procesos metabólicos estomacales (Borski & Hodson, 2003). Posteriormente, fueron llevados a los laboratorios de la sede Ciencias del Mar de la Universidad de Antioquia, en Turbo, para ser pesados y medidos, utilizando una balanza My weighth i Balance 5500 con 0.01 mg de precisión y un ictiómetro artesanal de 1 mm de precisión. Un ejemplar de *T. lepturus* fue depositado en el Museo de Historia Natural Marina de Colombia (MHNMC) en el INVEMAR. Los estómagos fueron extraídos mediante un corte ventral desde el ano hacia la región pectoral (Moreno *et al.*, 2009) y fijados en formol al 4 % durante dos días y luego en alcohol al 40 % (modificado de Marrero, 1994) para su posterior análisis.

Análisis de dietas. La representatividad del tamaño de muestra fue estimada mediante la propuesta de Ferry *et al.* (1997), calculando la media acumulada y la desviación estándar de un grupo de curvas de diversidad, generadas mediante el índice de Shannon-Wiener 'H', con los datos de abundancia de las presas (Shannon-Wiener, 1948; Krebs, 1989). Los peces cuyo estómago tenía alimento fueron divididos en dos intervalos de talla con igual rango, así: talla pequeña

(LT= 48.5 -71.95 cm) y talla grande (LT = 71.96 - 95.4 cm). Los rangos no tienen en cuenta la información de talla media de madurez sexual, debido a que todos los individuos capturados superan la talla crítica (46.3 cm en Froese & Pauly, 2019).

Se calculó el índice de repleción (IR= Peso del contenido estomacal/Peso total del pez x 100), para estimar la condición de llenado de los estómagos (Hyslop, 1980), teniendo en cuenta la escala propuesta por Franco & Bashirullah (1992): IR < 0.5, estómago semivacío; 0.5 < IR < 1.0, estómago semilleno; IR > 1.0, estómago lleno. También se utilizó el coeficiente de vacuidad ($V = \text{número de estómagos vacíos} / \text{total del número de estómagos} \times 100$), para determinar tasa de actividad alimentaria (Windell, 1971). Se calculó un indicador de gremio trófico, utilizando la relación: Longitud del intestino/Longitud total, para establecer si la especie es carnívora (relación <1), omnívora (relación entre 2 y 5) o herbívora (relación >5) (Kappor *et al.*, 1976).

El contenido estomacal fue depositado en cajas de Petri y, con la ayuda de un estereoscopio Led trilocular Motic SMZ 168T, se separaron las presas contenidas por grupos taxonómicos o ítems alimentarios (crustáceos, moluscos, peces, restos de pez y material no identificable). Las presas encontradas en los contenidos estomacales se identificaron hasta el menor nivel taxonómico posible, utilizando las claves de Brusca & Brusca (2005), Carpenter (2002) y Ruppert & Barnes (1996) y Cervigón *et al.* (1992), siguiendo las técnicas estandarizadas para estudios de dietas de peces propuestas por Hyslop (1980) y Marrero (1994).

Se calculó el porcentaje de digestión de las presas en cada estómago, según la propuesta de Galván-Magaña *et al.* (1989): estado 1 (presas recientes): ítems completos; estado 2 (intermedio): presas en descomposición, pero con presencia de músculo u otros tejidos; estado 3 (semidigerido): presencia de esqueletos de peces o exoesqueletos de crustáceos; y estado 4 (digerido): presencia de partes duras, otolitos de peces y mandíbulas de cefalópodos. En organismos en los que se encontraban presas altamente digeridas, se emplearon otolitos para una identificación

más precisa, contrastando con otolitos de presas ya identificadas con menor grado de digestión o de la colección de referencia construida para tal fin en el proyecto, usando claves de identificación como las de Jobling & Breiby (1986), Volpedo & Echeverría (1999), Popper & Lu (2000), García *et al.* (2004), Martínez *et al.* (2007), Merchant *et al.* (2008) y Díaz (2010).

Para el análisis de su contribución a los hábitos alimenticios de los sables, cada presa fue registrada por conteo numérico (%N= número de una presa/ número de todas las presas x 100) (Hyslop, 1980; Bowen, 1996), porcentaje en peso (%P = peso de una presa/peso de todas las presas x 100) (Hynes, 1950; Hyslop, 1980; Bowen, 1996) y frecuencia de aparición (%FA= FA de una presa/∑ FA de todas las presas x 100) (Hyslop, 1980). Posteriormente, para determinar la importancia de los ítems consumidos, se calculó el índice de importancia relativa (IIR= (%N + %P)*%FA) (Pinkas *et al.*, 1970). Este índice presenta un rango de 0 a 100%, donde valores de 0 a 10% representan grupos tróficos de importancia relativa baja u ocasionales, 10 a 40% grupos de importancia relativa secundaria o frecuentes y valores superiores a 40%, grupos de importancia relativa alta (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1985).

Se utilizó el índice de Morisita-Horn, para evidenciar el posible solapamiento trófico entre los sitios de captura. Los valores de este índice oscilan entre 0 y 1, representando un traslape significativo cuando se alcanza un valor superior a 0.60 (Horn, 1966):

$$C\lambda = \frac{2 \sum_{i=1}^n (P_{xi} * P_{yi})}{\left(\sum_{i=1}^n P_{xi}^2 + \sum_{i=1}^n P_{yi}^2 \right)}$$

Donde:

Cλ = Índice de Morisita-Horn de traslape.

n = Número total de presas.

P_{xi} = Proporción de la presa i del total de presas usadas por el sitio x.

P_{yi} = Proporción de la presa i del total de las presas usadas por el sitio y.

Se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza y se aplicó la prueba U de Mann-Whitney (Mann & Whitney, 1947), con el fin de comprobar la existencia de diferencias significativas en la dieta entre longitudes, sexos y épocas. Estos análisis estadísticos se realizaron utilizando IBM SPSS Statistics 24.0, con significancia estadística igual o menor a 0.05.

Resultados

Se recolectaron 320 individuos de *T. lepturus*, de los cuales el 84.5 % fueron capturados en el día y el 15.5 % en la noche. De los 320 estómagos, 208 tenían contenido. La curva de diversidad de presas de *T. lepturus* alcanzó la asíntota en 178 estómagos, confirmando el tamaño más que adecuado de la muestra para describir con precisión la composición de la dieta de la especie (Figura 2). El índice de vacuidad fue de 35 % (112 estómagos vacíos). La condición de llenado para los estómagos con contenido estomacal, calculada con el índice de repleción, indicó que el 89.9 % se encontraron en la categoría lleno, el 4.8 % en semilleno y el 5.2% en semivacíos.

El espectro alimentario estuvo integrado por 26 ítems (Tabla 1), pertenecientes en su orden a tres grandes grupos taxonómicos: peces, crustáceos y moluscos. Se logró identificar un ítem a nivel de clase, 12 familias, dentro de las cuales se identificaron 2 géneros y 13 ítems a nivel de especie.

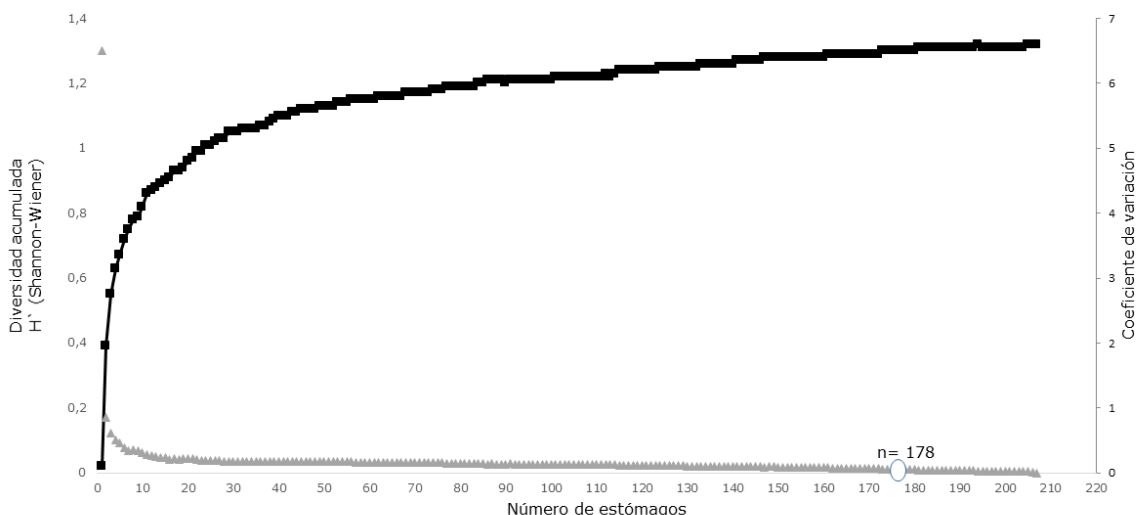


Figura 2. Curva de diversidad trófica (Shannon-Wiener, H') de *Trichiurus lepturus* capturados en el Golfo de Urabá, Caribe colombiano.

Tabla 1. Tabla 1. Porcentaje numérico (%N), porcentaje en peso (%P), frecuencia de aparición (%FA) e índice de importancia relativa (%IIR) para cada ítem de la dieta de *Trichiurus lepturus* en el Golfo de Urabá, Caribe colombiano. Los ítems más importantes están señalados con asterisco (*).

Ítems Alimenticios	%N	%P	%FA	%IIR
<i>Crustáceos</i>				
Peneaidae	0.279	0.003	0.481	0.002
Portunidae	0.279	0.000	0.481	0.002
<i>Moluscos</i>				
Cephalopoda	0.279	0.003	0.481	0.002
<i>Peces</i>				
Pristigasteridae				
<i>Pellona harroweri</i>	1.950	0.021	3.365	0.101
Engraulidae				
<i>Anchoa spinifer</i>	2.228	0.040	3.846	0.133
<i>Anchoa filifera</i>	2.228	0.037	3.846	0.133
<i>Anchoa lyolepsis</i>	2.228	0.037	3.846	0.133
<i>Anchoa parva</i>	1.114	0.029	1.923	0.034
<i>Anchoa sp</i>	0.836	0.018	1.442	0.019
<i>Anchovia clupeoides</i>	0.557	0.038	0.962	0.009
<i>Centengraulis edentulus*</i>	19.499	0.362	33.654	10.213
<i>Lycengraulis grossidens</i>	1.114	0.015	1.923	0.033
<i>Engraulidae indet.*</i>	18.106	98.845	31.250	55.847

Clupeidae					
	<i>Harengula clupeola</i>	1.114	0.013	1.923	0.033
	<i>Opisthonema oglinum</i>	0.557	0.011	0.962	0.008
	<i>Clupeidae indet.</i>	1.393	0.019	2.404	0.052
Ariidae					
		0.557	0.001	0.962	0.008
Mugilidae					
	<i>Mugil curema</i>	9.471	0.012	16.346	2.369
	<i>Mugilidae indet.</i>	0.279	0.039	0.481	0.002
Carangidae					
	<i>Naucrates ductor</i>	0.279	0.000	0.481	0.002
Gerreidae					
		0.279	0.002	0.481	0.002
Haemulidae					
	<i>Pomadasys sp.</i>	0.279	0.005	0.481	0.002
Sciaenidae					
	<i>Bardiela rhonchus</i>	0.279	0.017	0.481	0.002
Bothidae					
		0.279	0.000	0.481	0.002
<i>Restos de pez*</i>					
		33.983	0.433	58.654	30.847
<i>Material no identificable</i>					
		0.557	0.000	0.962	0.008

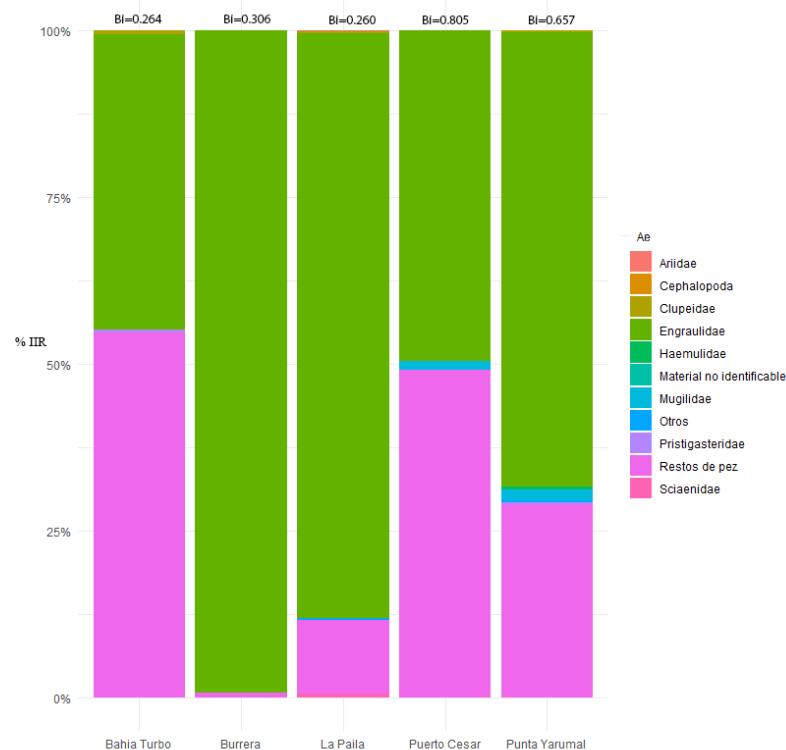


Figura 3. Índice de Importancia Relativa (%IIR) de los ítems alimenticios en la dieta del pez *Trichiurus lepturus* en cada lugar de captura en el Golfo de Urabá, Caribe colombiano.

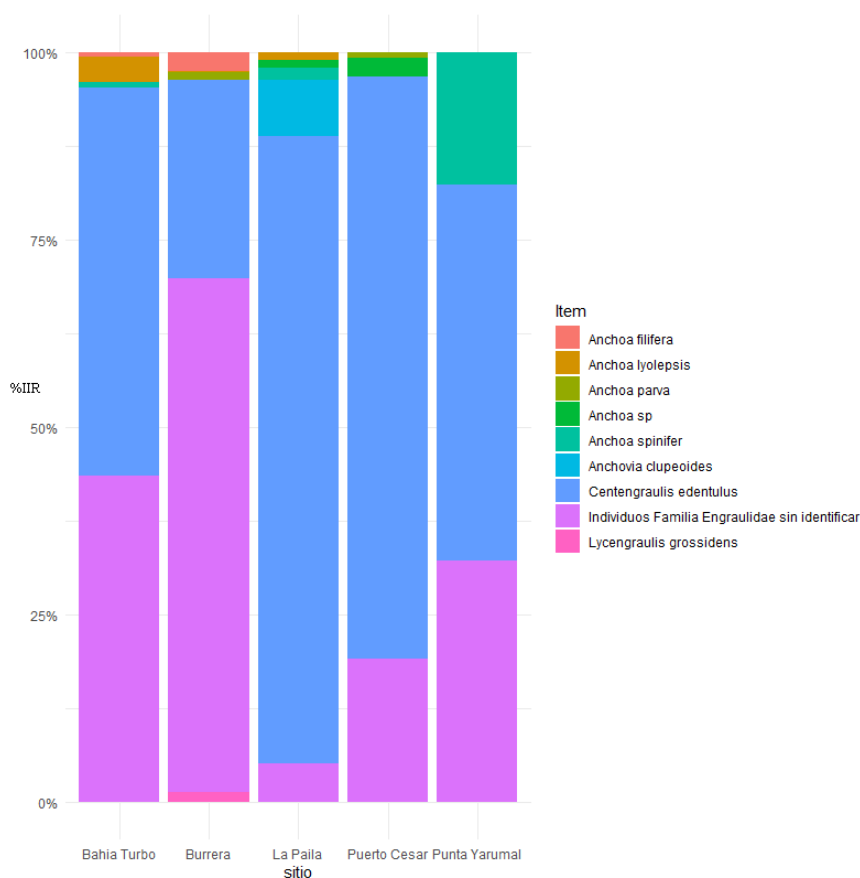


Figura 4. Índice de Importancia Relativa (%IIR) de los ítems alimentarios pertenecientes a la familia Engraulidae en la dieta de los sables en cada lugar de captura en el Golfo de Urabá, Caribe colombiano.

La familia Engraulidae fue el principal componente alimentario en todos los lugares de muestreo, mientras que otras familias de peces, camarones y calamares fueron ocasionales en la dieta de los sables (Figura 3). Resaltó la presencia de *Centengraulis edentulus* y varias especies del género *Anchoa* (Figura 4). Sólo un 2.9% de los peces analizados tenían presas recientes (estado 1), 17.8% se encontraban en estados 2 (intermedio) y 3 (semi-digerido), mientras que el 61% de los peces se encontraban en estado 4 (contenido digerido).

Se encontró traslape de la dieta de *T. lepturus* entre casi todos los lugares muestreados ($Cl > 0.6$; Tabla 2), excepto entre Burrera y Puerto Cesar ($Cl=0.46$). El no solapamiento entre estos dos sitios se debió a que

un estómago de *T. lepturus* capturado en Puerto Cesar en febrero de 2016 contenía 34 individuos juveniles del pez mugílido *Mugil curema*. Al calcular nuevamente el valor de solapamiento trófico excluyendo la presencia del *Mugil curema*, se obtiene $Cl=0.75$, valor que indica el solapamiento trófico en todos los sitios de muestreo. No se detectaron diferencias entre tallas, sexos y épocas climáticas.

No se encontraron diferencias en la dieta entre individuos talla pequeña (91 individuos) y grande (117 individuos); entre individuos de diferentes sexos (40 machos y 160 hembras) y entre capturados en las épocas climáticas (150 en época lluviosa y 58 en época seca) ($p > 0.05$).

Tabla 2. Resultados de solapamiento trófico del pez *Trichiurus lepturus*, entre sitios de captura en el golfo de Uraba, Caribe colombiano. Los resultados de sitios en los que no se traslapa la dieta están señalados con asterisco (*).

	Puerto Cesar	Bahía Turbo	Burrera	La Paila	Punta Yarumal
Puerto Cesar		0.73	*0.46	0.63	0.69
Bahía Turbo			0.74	0.92	0.95
Burrera				0.90	0.88
La Paila					0.99
Punta Yarumal					

Discusión

Los hábitos alimenticios del *T. lepturus* en el Golfo de Urabá involucran organismos similares a los reportados por Pardo *et al.* (2003), en la Bahía de Cartagena, Caribe colombiano, por Martins *et al.* (2005), Bittar *et al.* (2008) y Bittar *et al.* (2012) en aguas de Brasil, y en otras regiones (Wojciechowski, 1972; Zhang, 2004; Chiou *et al.*, 2006; Yan *et al.*, 2011; Rohit *et al.*, 2015): en su mayoría peces, con aportes ocasionales de crustáceos y moluscos. Que los sables (piscívoros) se alimenten de organismos pelágicos, puede ser una estrategia para acortar el tiempo de búsqueda de alimento, minimizar energía en capturas y obtener mayor ganancia nutricional (Bittar *et al.*, 2008; De la Cruz-Torres *et al.*, 2014).

En esta investigación no se detectó variación estacional en la dieta de *T. lepturus*. Los engráulidos, representados por *C. edentulus*, se caracterizan por ser uno de los recursos pesqueros más abundantes durante todo el año en el Caribe colombiano, dada su baja comercialización (Coto *et al.*, 1988) y sus elevadas tasas de crecimiento y fecundidad (Osorio & Acero, 1996). En otras áreas, como Taiwán y Florida, se encontraron diferencias estacionales en la dieta, a causa de la alta actividad pesquera, que lleva a *T. lepturus* a consumir diferentes presas conforme a su disponibilidad a lo largo del año (Chiou *et al.*, 2006; Bryan & Gill, 2007).

Diversos autores han reportado canibalismo del *T. lepturus* (Wojciechowski, 1972; Nakamura & Parin,

1993; Pardo *et al.*, 2003; Martins *et al.*, 2005; Chiou *et al.*, 2006; De la Cruz-Torres *et al.*, 2014), probablemente como resultado de una variación en la abundancia de presas a lo largo del año (Pájaro, 1998). Sin embargo, en este estudio no se encontró canibalismo, probablemente debido a la alta abundancia local de engráulidos, su presa más frecuente en el Golfo de Urabá (García & Zaniboni, 2006). Esta abundancia, a su vez, puede ser por el efecto combinado de la posición tropical, la acción de los vientos, las corrientes marinas y el gran caudal del río Atrato (Ortiz & Blanco, 2012), que proporcionan alta disponibilidad de nutrientes e impulsan la productividad biológica (Montoya, 2010), y a que la presencia de bosques de manglar favorece la abundancia de zooplancton (Giarrizzo *et al.*, 2011) que es consumido por ellos. Sin embargo, Di Benedetto (2015) observó canibalismo en los sables a pesar de la elevada presencia de presas en el medio, pudiendo actuar este comportamiento como un mecanismo regulador de la densidad poblacional de la especie (Pájaro, 1998).

La distribución de los ítems en la dieta de los sables del Golfo de Urabá es diferente cuando se comparan las estaciones situadas en la boca del río Atrato con las estaciones de la costa oriental del Golfo (Figuras 1 y 3). Existe mayor frecuencia en el consumo de engráulidos en las áreas cercanas al delta del río (Burrera y La Paila), donde se encuentran las mayores extensiones y desarrollo de los bosques de manglar (Ortiz & Blanco, 2012) y disminuye a medida que se muestrea más lejos del río (Punta Yarumal, Bahía Turbo, Puerto Cesar).

Por otro lado, existe una relación inversa entre la presencia de restos de peces y la proximidad al río Atrato: en los sitios cercanos al río disminuyen el índice de vacuidad y el porcentaje de digestión, lo cual soporta la conclusión de que los sables se alimentan con mayor frecuencia en zonas de manglar.

Los manglares son ecosistemas que ofrecen múltiples beneficios a peces asociados, sirviendo como zonas de refugio, áreas de crianza y de alimentación (Sandoval-Huerta *et al.*, 2014), principalmente por la proliferación de copépodos (Laegdsgaard & Johnson, 2001; Faunce & Serafy, 2006; Nagelkerken *et al.*, 2008). Al norte de Brasil, Giarrizzo *et al.* (2011) evidenciaron la importancia de áreas de manglar para la alimentación de distintas especies de engráulidos (*Anchovia clupeioides*, *Anchoviella lepidontostole*, *Anchoa hepsetus*), ya que son peces filtradores de fitoplancton y de zooplancton (Froese & Pauly, 2019), con gran capacidad para utilizar eficazmente la oferta de recursos tróficos (González, 1981; Osorio & Acero, 1996).

Debido a esto, se observa que en los sitios más cercanos a grandes coberturas de manglar (Burrera y La Paila) hay mayor diversidad en el consumo de especies de la familia Engraulidae (Figura 4), mientras que en Punta Yarumal, Bahía Turbo y Puerto Cesar, con menor cobertura de manglar, aumenta el consumo de otras familias de peces.

La alta incidencia de estómagos vacíos (índice de vacuidad= 35%) puede ser consecuencia de una expulsión involuntaria durante su lucha por escapar de la red (Rohit *et al.*, 2015). En los peces piscívoros el fenómeno de la regurgitación es común (Bakhoun, 2007), y está asociado con su estrategia de defensa y escape (Pérez *et al.*, 2001; Reuben *et al.*, 1997; Abdussamad *et al.*, 2006; Ghosh *et al.*, 2014; Yan *et al.*, 2012).

Aunque el índice de repleción indicó que la mayoría de los sables (89.9%) se encontraban en la categoría lleno, un alto número de estómagos presentaba eleva-

dos porcentajes de digestión. Los peces carnívoros digieren rápidamente los contenidos estomacales, pues poseen un intestino corto y estómagos que segregan fuertes ácidos para digerir carne, huesos y escamas de las presas (Lagler *et al.*, 1984; Rotta, 2003). Se recomienda no exponer por largos periodos de tiempo los individuos en las redes, para evitar que el pez digiera el alimento al momento de su captura, lo cual también afecta el coeficiente de vacuidad y la identificación de las presas.

Los cambios ontogénicos en los hábitos alimenticios de los sables son el resultado del aumento del tamaño del cuerpo, la boca y los dientes del pez a lo largo de su desarrollo, lo que le permite capturar una gama más amplia de tamaños y tipos de presas (Yan *et al.*, 2012). Aunque otros estudios han encontrado variación en familias y especies consumidas a lo largo del desarrollo (Chiou *et al.*, 2006; Yan *et al.*, 2011), en esta investigación no se observaron estos cambios, ya que solo se obtuvieron dos grupos de tallas y ambos superan la talla media de madurez sexual, (46.3 cm; Froese & Pauly, 2019), es decir que todos los individuos capturados son subadultos y adultos pequeños, según la clasificación realizada por Martins *et al.* (2005), y conservan el mismo rango de especies en el consumo trófico, aunque en diferentes proporciones.

La alta abundancia de *Mugil curema* en un único estómago lo cataloga como una presa circunstancial o accidental (%IIR= 2.369%) en la dieta del sable. Esta especie de la familia Mugilidae, se caracteriza por ser pelágica en su estadio juvenil y consumir fitoplancton y zooplancton (Gámez *et al.*, 2014), presas muy comunes en las áreas donde *T. lepturus* se alimenta.

En la actualidad gran cantidad de pesquerías están siendo sobreexplotadas (Robles, 2014; Riveiro, 2015; FAO, 2016), disminuyendo los grandes recursos pesqueros y aumentando la captura de peces de menores niveles tróficos (Pauly *et al.*, 1998). Lawton & Brown (1993) proponen que con la pérdida o desequilibrio de los depredadores tope se reduce la estabilidad de las poblaciones de mesodepredadores

(López, 2011), en las cuales se ubica *T. lepturus*. Los estudios centrados en especies del nivel trófico medio son una herramienta para medir la salud de los ecosistemas oceánicos, y para conocer la transferencia de energía y prevenir la pesca hacia la parte baja de la cadena trófica.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a los pescadores y al equipo de trabajo del Proyecto “Lineamientos Prioritarios para la Formulación de un Ordenamiento Pesquero del Golfo de Urabá” – LOPEGU, del cual hizo parte esta investigación, dentro del Convenio especial de cooperación para la investigación no. 4600000983 celebrado entre el departamento de Antioquia – Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural y la Universidad de Antioquia, financiado por dichas entidades y el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías. Expresamos también gratitud al Grupo de Investigación en Sistemas Marinos y Costeros-GISMAC, a la Corporación Académica Ambiental y al equipo de trabajo de la Universidad de Antioquia Seccional Urabá, Colombia. Agradecemos la colaboración de Fernando José Parra Velandia por sus sugerencias. La recolección de especímenes de *T. lepturus* está amparada por el permiso marco No. 0524 de 27 de mayo de 2014 otorgado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) y por el permiso No. 00001827 de 15 de octubre de 2015 de la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP).

Referencias

- Abdussamad, E. M., Nair, P. N. & Achayya, P. (2006). The ribbonfish fishery and stock assessment of *Trichiurus lepturus* Linnaeus off Kakinada, east coast of India. *Journal of the Marine Biological Association of India*, 48(1), 41-45.
- Agudelo, E., Ajiaco, R. E., Alvarez, L. E., Barreto, C. G., Borda, C. A., Bustamante, C. C., Caldas, J. P., De la Hoz, J., Diazgranados, M. C., Melo, G., Perucho, E., Puentes, V., Ramírez, A., Ramírez, A., Rueda, M., Salinas, J. C. & Zapata, L.A. (2011). *Protocolo de captura de información pesquera, biológica y socio-económica en Colombia*. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - Dirección de Pesca y Acuicultura - Subgerencia de Pesca y Acuicultura INCODER - Conservación Internacional. 80 pp.
- Al-Nahdi, A., Al-Marzouqi, A., Al-Rasadi, E. & Groeneveld, J. C. (2009). The size composition, reproductive biology, age and growth of largehead cutlassfish *Trichiurus lepturus* Linnaeus from the Arabian Sea coast of Oman. *Indian Journal of Fisheries*, 56(2), 73-9.
- Bakhoun, S. A. (2007). Diet overlap of immigrant narrow-barred Spanish mackerel *Scomberomorus commerson* (Lac., 1802) and the largehead hairtail ribbonfish *Trichiurus lepturus* (L., 1758) in the Egyptian Mediterranean coast. *Animal Biodiversity and Conservation*, 30(2), 147-160.
- Bax, N. J. (1998). The significance and prediction of predation in marine fisheries. *ICES Journal of Marine Science*, 55(6), 997-1030. <https://doi.org/10.1006/jmsc.1998.0350>
- Bernal Franco, G., Toro Botero, F. M., Montoya Jaramillo, L. J. & Garzabal, C. (2005). *Estudio de la dispersión de sedimentos del río Atrato y sus impactos sobre la problemática ambiental costera del Golfo de Urabá*. (Informe final de investigación). Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. 61pp.
- Bittar, V. T. & Di Benedetto, A. P. M. (2009). Diet and potential feeding overlap between *Trichiurus lepturus* (Osteichthyes: Perciformes) and *Pontoporia blainvillei* (Mammalia: Cetacea) in northern Rio de Janeiro, Brazil. *Zoologia*, 26(2), 374-378. <https://doi.org/10.1590/S1984-46702009000200023>
- Bittar, V. T., Castello, B. D. F. L. & Di Benedetto, A. P. M. (2008). Hábito alimentar do peixe-espada adulto, *Trichiurus lepturus*, na costa norte do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil. *Biotemas*, 21(2), 83-90. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2008v21n2p83>
- Bittar, V. T., Awabdi, D. R., Tonini, W. C. T., Vidal Junior, M. V., Benedetto, D. & Madeira, A. P. (2012). Feeding preference of adult females of ribbonfish *Trichiurus lepturus* through prey proximate-com-

- position and caloric values. *Neotropical Ichthyology*, 10(1), 197-203.
<https://doi.org/10.1590/S1679-62252012000100019>
- Blanco-Libreros, J. F. (2016). Cambios globales en los manglares del golfo de Urabá (Colombia): entre la cambiante línea costera y la frontera agropecuaria en expansión. *Actualidades Biológicas*, 38(104), 53.
<https://doi.org/10.17533/udea.acbi.v38n104a06>
- Blanco-Libreros, J. F., Ortiz-Acevedo, L. F. & Urrego, L. E. (2015). Reservorios de biomasa aérea y de carbono en los manglares del golfo de Urabá (Caribe colombiano). *Actualidades Biológicas*, 37(103), 131-141.
<https://doi.org/10.17533/udea.acbi.v37n103a02>
- Borski, R. J. & Hodson, R. G. (2003). Fish research and the institutional animal care and use committee. *Ilar Journal*, 44(4), 286-294. <https://doi.org/10.1093/ilar.44.4.286>
- Bowen, S. H. (1996). *Quantitative description of the diet. Fisheries techniques*. 2nd edition. Bethesda, USA: American fisheries society. 513-532pp.
- Brusca, R. & Brusca, G. (2005). *Invertebrados*. México: McGraw-Hill Interamericana. 1005 pp.
- Bryan, D. R. & Gill, S. M. (2007). Seasonal occurrence of Atlantic cutlassfish, *Trichiurus lepturus*, in southeastern Florida with notes on reproduction and stomach contents. *Florida Scientist*, 70(3), 297-301.
- Carpenter, K. E. & De Angelis, N. (Eds.). (2002). *The living marine resources of the Western Central Atlantic*. Norfolk, Virginia, USA: Food and agriculture organization of the United Nations.
- Cervigón, F., Cipriani, R., Fischer, W., Garibaldi, L., Hendrickx, M., Lemus, A. J., ... & Rodríguez, B. (1992). *Fichas FAO de identificación de especies para los fines pesca: Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América*. Roma, Italia: FAO. 513 pp.
- Chakraborty, A., Aranishi, F. & Iwatsuki, Y. (2005). Molecular identification of hairtail species (Pisces: Trichiuridae) based on PCR-RFLP analysis of the mitochondrial 16S rRNA gene. *Journal of applied genetics*, 46(4), 381.
- Chevillot, P., Molina, A., Giraldo, L. & Molina, C. (1993). Estudio geológico e hidrológico del Golfo de Urabá. Boletín científico CIOH, 14, 79-89.
<https://doi.org/10.26640/22159045.62>
- Chiappa, X., Gallardo, M. & Jacob, M. (1989). Análisis del régimen alimentario de tres poblaciones de la anchoveta *Engraulis mordax* Girard (Pisces: Engraulidae), en el norte de Baja California. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México*, 16(2), 361-378.
- Chiou, W. D., Chen, C. Y., Wang, C. M. & Chen, C. T. (2006). Food and feeding habits of ribbonfish *Trichiurus lepturus* in coastal waters of south-western Taiwan. *Fisheries Science*, 72(2), 373-381.
<https://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2006.01159.x>
- Correa, I. D., Angel, R. & Ded, J. (2002). *Geología y oceanografía del delta del Río San Juan: litoral pacífico colombiano* (No. 551.46 GEO). Medellín, Colombia: Fondo Editorial Universidad EAFIT.
- Correa, I. D., Prüssmann, J. & Garrido, A. E. (2010). Geomorfología del contorno litoral Urabá-Darién (Departamentos de Antioquia y Chocó, Caribe colombiano). En: Blanco, J.F., Londoño, M.H., Quan-Young, L., Urrego, L., Polanía, J., Osorio, A., Bernal, G. & Correa, I. *Expedición Estuarina, Golfo de Urabá*. Comisión Colombiana del Océano. Fase, 1. 304 pp.
- Coto, C. F., Luna, A. O., Calvo, A. L. & Garcia, F. Z. (1988). Abundancia de algunas especies de Anchoas en la laguna de Términos (México), estimada a través de la captura de huevos. *Annal del Institute de Ciência del Mar y Limnologia da Universidad Autónoma de México*, 15(1), 125-134.
- De la Cruz-Torres, J., Martínez-Pérez, J. A., Franco-López, J., & Ramírez-Villalobos, A. J. (2014). Biological and ecological aspects of *Trichiurus lepturus* Linnaeus, 1758 (Perciformes: Trichiuridae) in Boca del Rio, Veracruz, Mexico. *American journal of environmental sciences*, 14, 1058-1066.
- Di Benedetto, A. P. M. (2015). What drives the cannibalism of *Trichiurus lepturus* (Linnaeus, 1758) in the coastal area of southeastern Brazil (21-22°S)? *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 2(5), 363-365.
- Díaz Murillo, B. P. (2010). Otolitos sagitta de especies selectas de Gerreidae (Teleostei: perciformes): variación interespecífica y su aplicación taxonómica. (Tesis Maestría en Ciencias). La Paz: CICIMAR-IPN. 82 pp.

- FAO. (2016). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos*. Roma: FAO.
- Ferry, L. A., Clark, S. L. & Cailliet, G. M. (1997). Food habits of spotted sand bass (*Paralabrax maculatofasciatus*, Serranidae) from Bahia de Los Angeles, Baja California. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences*, 96(1), 1-21.
- Faunce, C. H. & Serafy, J. E. (2006). Mangroves as fish habitat: 50 years of field studies. *Marine Ecology Progress Series*, 318, 1-18. <https://doi.org/10.3354/meps318001>
- Franco, L. & Bashirullah, K. M. B. (1992). Alimentación de la lisa (*Mugil curena*) del Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela; [The feeding of *Mugil curena* in the Cariaco Gulf, Sucre state, Venezuela]. *Zootecnia Tropical*, 10(2), 219-238.
- Froese, R. & Pauly, D. (2019). Editors FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (04/2019).
- Galván-Magaña, F., Nienhuis, H. J. & Klimley, A. P. (1989). Seasonal abundance and feeding habits of sharks of the lower Gulf of California, Mexico. *California Fish and Game*, 75(2), 74-84.
- Gómez Barrera, D., Morón Granados, E. & Fuentes Reines, J. (2014). Description of the feeding habits of twelve species of fishes from the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR*, 43(1), 23-42.
- García, C. B. (2010). Conocimiento tradicional: lo que los pescadores artesanales del Caribe colombiano tienen para decirnos. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 5(1), 78-90.
- García, M., Pérez, J., López, T. & Rodríguez, J. (2004). Descripción morfológica de los otolitos de las familias Engraulidae, Haemulidae y Achiridae del sistema estuarino de Tecolutla, Veracruz. *Revista de Zoología*, 15, 7-13.
- García, V. J. A. & Zaniboni Filho, E. (2006). El canibalismo en la larvicultura de peces. *Revista MVZ Córdoba*, 11(2), 9-19. <https://doi.org/10.21897/rmvz.442>
- Ghosh, S., Rao, M. V., Rohit, P., Rammohan, K. & Maheswarudu, G. (2014). Reproductive biology, trophodynamics and stock structure of ribbonfish *Trichiurus lepturus* from northern Arabian Sea and northern Bay of Bengal. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 43(5), 755-771.
- Giarrizzo, T., Schwamborn, R. & Saint-Paul, U. (2011). Utilization of carbon sources in a northern Brazilian mangrove ecosystem. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 95(4), 447-457. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2011.10.018>
- González, E. (1981). *Estudio bioecológico de los estadios juveniles de peces en la Ciénaga Grande de Santa Marta y zonas adyacentes*. (Tesis de grado). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. 89 pp.
- Hobday, A. J., Bell, J. D., Cook, T. R., Gasalla, M. A. & Weng, K. C. (2015). Reconciling conflicts in pelagic fisheries under climate change. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 113, 291-300. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2014.10.024>
- Horn, H. S. (1966). Measurement of "overlap" in comparative ecological studies. *The American Naturalist*, 100(914), 419-424. <https://doi.org/10.1086/282436>
- Hynes, H. B. N. (1950). The food of fresh-water sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with a review of methods used in studies of the food of fishes. *The Journal of Animal Ecology*, 19(1), 36-58. <https://doi.org/10.2307/1570>
- Hyslop, E. J. (1980). Stomach contents analysis—a review of methods and their application. *Journal of fish biology*, 17(4), 411-429. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1980.tb02775.x>
- Jobling, M. & Breiby, A. (1986). The use and abuse of fish otoliths in studies of feeding habits of marine piscivores. *Sarsia*, 71(3-4), 265-274. <https://doi.org/10.1080/00364827.1986.10419696>
- Kapoor, B. G., Smit, H. & Verighina, I. A. (1976). The alimentary canal and digestion in teleosts. *Advances in marine biology*, 13, 109-239. [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(08\)60281-3](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(08)60281-3)
- Krebs, C. (1989). *Ecological Methodology*. New York, USA: Harper and Row Publishers, 654 pp.
- Laegdsgaard, P. & Johnson, C. (2001). Why do juvenile fish utilise mangrove habitats? *Journal of experimental marine biology and ecology*, 257(2), 229-253. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(00\)00331-2](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(00)00331-2)
- Lagler, K.F., Bardach, J., Miller, R. & MayPassino, D. (1984). *Ictiología*. México: AGT. 489 pp.

- Lawton, J. H. & Brown, V. K. (1993). Redundancy in ecosystems. En: Schulze ED., Mooney H.A. (eds) *Biodiversity and Ecosystem Function*. Praktische Zahnmedizin Odonto-Stomatologie Pratique Practical Dental Medicine (Geology), vol 99. Berlin, Alemania: Springer, 255-270 pp. https://doi.org/10.1007/978-3-642-58001-7_12
- Leal-Flórez, J. (2017). *Lineamientos Prioritarios para la Formulación de un Ordenamiento Pesquero del Golfo de Urabá - LOPEGU*. (Informe Técnico). Turbo, Colombia: Universidad de Antioquia – Gobernación de Antioquia.
- Levins, R. (1968). *Evolution in changing environments: some theoretical explorations* (No. 2). Princeton, USA: Princeton University Press. 132 pp.
- López, A. (2011). *Alteraciones de las redes tróficas marinas por efectos de pesca*. Instituto Politécnico Nacional. (Tesis de Doctorado). La Paz, México: Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 55 pp.
- Mann, H. B. & Whitney, D. R. (1947). On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *The annals of mathematical statistics*, 18 (1), 50-60. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177730491>
- Marrero, C. (1994). Métodos para cuantificar contenidos estomacales en peces. Caracas, Venezuela: Biocentro. 37 pp.
- Martínez, J. A., Arteaga, M. M. C., Musi, J. L. T. & Aranda, A. A. M. (2007). Utilización de otolitos como herramienta en la determinación de especies. *Revista de Zoología*, 18, 13-18.
- Martins, A., Haimovici, M. & Palacios, R. (2005). Diet and feeding of the cutlassfish *Trichiurus lepturus* in the Subtropical Convergence Ecosystem of southern Brazil. Marine Biological Association of the United Kingdom. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 85(5), 1223. <https://doi.org/10.1017/S002531540501235X>
- Merchant, P. F., Martínez, P. A., Chávez, A. M. & Tello, M. J. L. (2008). Estructuras que se toman en cuenta para la descripción de los otolitos. *Revista de Zoología*, 19, 22-24.
- Montoya Jaramillo, L. J. (2010). *Dinámica oceanográfica del golfo de Urabá y su relación con los patrones de dispersión de contaminantes y sedimentos*. (Doctoral dissertation). Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. 254 pp.
- Montoya, J. & Toro, M. (2006). Calibración de un modelo hidrodinámico para el estudio de los patrones de circulación en el Golfo de Urabá. *Revista Avances en Recursos Hidráulicos*, 13,37-54.
- Moreno, F., Acevedo, K., Grijalba-Bendeck, M., Polo-Silva, C. & Acero, A. P. (2009). Espectro trófico de la raya eléctrica *Narcine bancroftii* (Griffith & Smith 1834)(*Elaemobranchii*, *Narcinidae*) en playa Salguero, Santa Marta, Caribe Colombiano. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 4(4), 413-422.
- Morzaria-Luna, H. N., Castillo-López, A., Danemann, G. D. & Turk-Boyer, P. (2014). Conservation strategies for coastal wetlands in the Gulf of California, Mexico. *Wetlands ecology and management*, 22(3), 267-288. <https://doi.org/10.1007/s11273-013-9328-0>
- Nagelkerken, I., Blaber, S., Bouillon, S., Green, P., Hayward, M., Kirton, L., Meynecke, J., Pawlik, J., Penrose, H., Sasekumar, A. & Somerfield, P. (2008). The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna: a review. *Aquatic botany*, 89(2), 155-185. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2007.12.007>
- Nakamura, I. (1993). Snake mackerels and cutlassfishes of the world (Families Gempylidae and Trichiuridae): *FAO Fish. Syno*, 125, 30-32.
- Nelson, J. (2006). *Fishes of the world*. Hoboken, USA: John Wiley y Sons. 601 pp.
- Ortiz, L. F. & Blanco, J. F. (2012). Distribución de los gasterópodos del manglar, *Neritina virginea* (Neritidae) y *Littoraria angulifera* (Littorinidae) en la Ecorregión Darién, Caribe colombiano. *Revista de Biología Tropical*, 60(1), 219-232. <https://doi.org/10.15517/rbt.v60i1.2755>
- Osorio, A. C. & Acero, A. (1996). Reproducción de *Anchoa clupeioides* y *Anchoa parva* (Pisces: Engraulidae) en dos ciénagas del Caribe Colombiano. *Revista de Biología Tropical*, 44(2), 781-793.
- Pájaro, M. (1998). *El canibalismo como mecanismo regulador denso-dependiente de mortalidad natural en la anchoíta argentina *Engraulis anchoita*. Su relación con las estrategias reproductivas de la especie*. (Tesis de doctorado). Mar del plata, Argentina: Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional del Mar del Plata. 187 pp.
- Pardo, F., Ospina, J. & Álvarez, R. (2003). Hábitos alimenticios de algunas especies ícticas de la bahía de Cartagena

- y aguas adyacentes, Colombia. *Dahlia-Revista Asociación Colombiana Ictiólogos* 6, 69-78.
- Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard, J., Froese, R. & Torres, F. (1998). Fishing down marine food webs. *Science*, 279(5352), 860-863. <https://doi.org/10.1126/science.279.5352.860>
- Pérez, L., Ajiaco, R. & Ramírez, H. (2001). Aspectos biológicos de algunas especies de peces de interés ornamental en la baja Orinoquía colombiana. En: Ramírez-Gil H, Ajiaco Martínez RE. (eds.). *La pesca en la baja Orinoquía colombiana: una visión integral*. Bogotá: Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura-INPA. 155- 210 pp.
- Pinkas, L., Oliphant, M. S. & Iverson, I. L. (1970). Food Habits of Albacore, Bluefin Tuna, and Bonito In California Waters. *Fish Bulletin*, 152, 105 pp.
- Popper, A. N. & Lu, Z. (2000). Structure–function relationships in fish otolith organs. *Fisheries research*, 46(1-3), 15-25. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(00\)00129-6](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(00)00129-6)
- Randall, J. (1967). Food habits of reef fishes of the West Indies. *Studies in Tropical Oceanography*, 5, 665-847.
- Restrepo, J. & Correa, I. (2002). *Geología y oceanografía del delta del río San Juan: litoral pacífico colombiano*. Medellín, Colombia: Fondo Editorial Universidad EAFIT. 221 pp.
- Reuben, S., Vijayakumaran, K., Achayya, P. & Prabhakar, R. V. D. (1997). Biology and exploitation of *Trichiurus lepturus* Linnaeus from Visakhapatnam waters. *Indian Journal of Fisheries*, 44(2), 101-110.
- Riveiro Domínguez, P. (2015). *La ordenación pesquera como instrumento para la práctica de una pesca sostenible en países en desarrollo* (Estudio de caso de Guinea Bissau). Santiago de Compostela, España: Universidade de Santiago de Compostela. 515 pp.
- Robles, E. (2014). Bienestar social y áreas naturales protegidas: Un caso de estudio en la costa de Oaxaca, México. *Estudios sociales (Hermosillo, Son.)*, 22(44), 120-144.
- Rohit, P., Rajesh, K. M., Sampathkumar, G. & Sahib, K. (2015). Food and feeding of the ribbonfish *Trichiurus lepturus* Linnaeus off Karnataka, south-west coast of India. *Indian Journal of Fisheries*, 62(1), 58-63. <https://doi.org/10.21077/ijf.2016.63.4.60190-06>
- Ros, R. M. & Pérez C., M. (1978). *Contribución al conocimiento de la biología del pez sable, Trichiurus lepturus* (Linné 1758). La Habana, Cuba: Centro de Investigaciones marinas. 33pp.
- Rotta, M. (2003). Aspectos gerais da fisiología e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados á piscicultura. *Documentos*, 53, 1-48.
- Rubio Limonta, M. & Silveira Coffigny, R. (2009). Bienestar de los animales acuáticos, con fines de control sanitario. REDVET. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 10(8).
- Ruppert, E. & Barnes, R. (1996). *Zoología de los Invertebrados*. México: McGraw - Hill Interamericana. 1114 pp.
- Sandoval-Huerta, E. R., Madrigal-Guridi, X., Escalera-Vázquez, L. H., Medina-Nava, M. & Domínguez-Domínguez, O. (2014). Estructura de la comunidad de peces en cuatro estuarios del Pacífico mexicano central. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85(4), 1184-1196. <https://doi.org/10.7550/rmb.42105>
- Shannon, C. E. (1948). The Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal*, 27, 379-423
- Vaslet, A., Bouchon-Navaro, Y., Harmelin-Vivien, M., Lepoint, G., Louis, M. & Bouchon, C. (2015). Hábitos de alimentación de peces arrecifales asociados con manglares y pastos marinos en una laguna del Caribe: Un enfoque de isótopos estables. *Ciencias marinas*, 41(3), 217-232.
- Volpedo, A. V. & Echeverría, D. D. (1999). *Catálogo y claves de otolitos para la identificación de peces del mar de Argentina*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Dunken.
- Windell, J. (1971). *Food analysis and rate of digestion : Methods for assessment of fish production in fresh waters*. Oxford, UK: Blackwell Scientific Publications. 215-226 pp.
- Wojciechowski, J. (1972). Observations on biology of cutlassfish *Trichiurus lepturus* L.(Trichiuridae) of Mauritania Shelf. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 2(2), 67-75. <https://doi.org/10.3750/AIP1972.02.2.08>
- Yan, Y., Hou, G., Chen, J., Lu, H. & Jin, X. (2011). Feeding ecology of hairtail *Trichiurus margarites* and largehead hairtail *Trichiurus lepturus* in the Beibu Gulf, the South China Sea. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 29(1), 174-183. <https://doi.org/10.1007/s00343-011-0004-z>

- Yan, Y., Chen, J., Lu, H., Hou, G. & Lai, J. (2012). Feeding habits and ontogenetic diet shifts of hairtail, *Trichiurus margarites*, in the Beibu Gulf of the south China Sea. *Acta Ecologica Sinica*, 32, 18-25.
<https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2011.04.008>
- Yáñez-Arancibia, A., Lara-Domínguez, A. L., Aguirre-León, A., Díaz-Ruiz, S., Amezcua-Linares, F., Flores-Hernández, D. & Chavance, P. (1985). Ecología de poblaciones de peces dominantes en estuarios tropicales: Factores ambientales que regulan las estrategias biológicas y la producción. En: A. Yáñez-Arancibia (Ed.). *Fish community ecology in estuaries and coastal lagoons: Towards an ecosystem integration*. Pp. 311-366. México: UNAM.
- Zhang, B. (2004). Feeding habits and ontogenetic diet shift of hairfail fish (*Trichiurus lepturus*) in east china sea and yellow sea. *Marine Fisheries Research*, 25(2), 6-12.

Sara Arenas-Uribe

Universidad de Antioquia

Turbo, Colombia

sara.au93@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5612-4641>

Jenny Leal-Flórez

Universidad de Antioquia

Turbo, Colombia

jenny.leal@udea.edu.co

<https://orcid.org/0000-0002-5429-3975>

Alejandro Sandoval

Universidad de Antioquia

Turbo, Colombia

sandovalejo@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-5595-1677>

Andres Felipe Pérez Villa

Universidad de Antioquia

Turbo, Colombia

pereza.af95@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-3229-5099>

Andres Felipe Hernández-Morales

Universidad de Antioquia

Turbo, Colombia

andresfelipe.1993@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-3468-6253>

Hábitos alimenticios del pez sable *Trichiurus lepturus* en el Golfo de Urabá, Caribe colombiano

Citación del artículo: Arenas-Uribe, S., Leal-Flórez, J., Sandoval, A., Pérez-Villa, A.F. & Hernández-Morales, A.F. (2019). Hábitos alimenticios del pez sable *Trichiurus lepturus* en el Golfo de Urabá, Caribe colombiano. *Biota Colombiana*, 20(2), 59-75. DOI: [10.21068/c2019.v20n02a05](https://doi.org/10.21068/c2019.v20n02a05).

Recibido: 22 de febrero de 2019

Aceptado: 22 de agosto de 2019

Medium and large mammals of the mid Planas River basin, Colombia

Mamíferos medianos y grandes de la cuenca media del río Planas, Colombia

Carlos A. Aya-Cuero , Federico Mosquera-Guerra , Diego A. Esquivel , Fernando Trujillo 
and Daniel Brooks 

Abstract

We describe the diversity of medium and large mammals from an area in the Colombian Orinoco River basin. For three years we systematically used camera traps at 72 sampling stations and walked forest and savanna transects to determine the diversity of medium and large mammals. Relative abundance was documented for 29 native and 2 feral mammals from a sampling effort of 1789 camera-days and 469.5 km walked. Thirty-one species of mammals (9 orders, 19 families) were recorded. Threatened species recorded included the giant armadillo (*Priodontes maximus*), lowland tapir (*Tapirus terrestris*), white-lipped peccary (*Tayassu pecari*), and giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*). The most abundant species were the collared peccary (*Pecari tajacu*) and the common opossum (*Didelphis marsupialis*). We recorded rare species, including the bush dog (*Speothos venaticus*) and the Llano semi-endemic long-nosed armadillo (*Dasypus sabanicola*). The species documented face diverse pressures, including development, hunting for subsistence, and competition with invasive species and livestock. Our results suggest that the surveyed areas are important for the conservation of mammals in the eastern plains of Colombia.

Keywords. Meta. Riparian forest. Savannas. Species composition.

Resumen

Estudiamos la diversidad de mamíferos medianos y grandes en un área no protegida de la Orinoquia Colombiana durante tres años, empleando cámaras trampa en 72 estaciones de muestreo y haciendo recorridos por bosques y sabanas. Con un esfuerzo de 1789 días-cámara y 469.5 km recorridos se documentaron 31 especies de mamíferos (9 órdenes, 19 familias). Se registraron especies amenazadas como ocarro (*Priodontes maximus*), danta (*Tapirus terrestris*), pecarí de labio blanco (*Tayassu pecari*) y hormiguero gigante (*Myrmecophaga tridactyla*). Se registraron especies raras, como el perro vinagre (*Speothos venaticus*) y semiendémicas como el cachicamo sabanero (*Dasypus sabanicola*). Las especies mejor representadas a través del índice de abundancia relativa fueron el pecarí de collar (*Pecari tajacu*) y la zarigüeya (*Didelphis marsupialis*). Las especies registradas se enfrentan a diversas presiones, como cacería para subsistencia, especies invasoras y ganadería. Por lo tanto, los resultados sugieren que las áreas no protegidas son importantes para la conservación de los mamíferos en los Llanos Orientales de Colombia.

Palabras clave. Bosques de galería. Composición de especies. Meta. Sabanas.

Introduction

Colombia is considered the sixth most species-rich country for mammals worldwide, with 528 species (Ramírez-Chaves *et al.*, 2016; Ramírez-Chaves *et al.*, 2019). This diversity is explained in part by its geographic position, and the different climates, altitudes, and ecosystems represented in the country's six biogeographic regions (Andean, Amazon, Caribbean, Guyana, Pacific, and Orinoquia; Trujillo *et al.*, 2018). The Orinoquia, also known as the *Llanos Orientales* (eastern plains), occupies ca. 17 million ha (Ripps-tein *et al.*, 2001), 18% of the country's land area, and contains multiple ecosystems, including savannas, wetlands, and a variety of forests (e.g., morichal or *Mauritia* swamps, transitional, and gallery forests; Buriticá, 2016). The mammalian fauna of the Orinoco River basin is shaped by Andean, Amazonian, and Guiana Shield elements (Correa *et al.*, 2006), and it is estimated that the largest population concentrations of mammals are located in this biogeographic region (Rodríguez-Mahecha *et al.*, 2006). In contrast, this region harbors a relatively low level of endemism (Rodríguez-Mahecha *et al.*, 2006; Ferrer *et al.*, 2009).

Despite the high biodiversity and studies recently conducted of the region's medium and large mammals (Álvarez & López-Arévalo, 2014; Rodríguez-Bolaños *et al.*, 2015; Olarte-González & Balaguera-Reina, 2015; Mosquera-Guerra *et al.*, 2017; Mosquera-Guerra *et al.*, 2018; Trujillo *et al.*, 2018; Castillo-Figueroa *et al.*, 2019; Pardo *et al.*, 2019), the mammals of the Orinoco River basin are among the least known in Colombia (Hernández *et al.*, 1984; Mosquera-Guerra *et al.*, 2018). The cited studies have a low representation of forest fragmented in contrast to the size of the Orinoquia and its habitat heterogeneity. Therefore, it is necessary to keep on gathering information on distribution, conservation, and threats (Mosquera-Guerra *et al.*, 2017), since there are still information gaps that hinder the designation of priority zones for mammal conservation.

Zones outside protected areas constitute an important aspect in the conservation of large mammals (Payán-Garrido & Escudero-Páez, 2015). Although the

total proportion of legally protected areas in Colombia is slightly larger than the global average of 14.7% (UN Environment WCMC, 2018), these reserves alone will not protect most of the biodiversity in the long-term (Rosenzweig, 2003; Brooks *et al.*, 2004; Rodrigues *et al.*, 2004). The protected areas are and will remain too small, isolated and vulnerable to natural and anthropogenic changes (Hales, 1989; Van Schaik *et al.*, 1997; Carroll *et al.*, 2004; DeFries *et al.*, 2005). Forest cover changes in the Orinoco basin have intensified after human activity increased since ca. 1950 (Trujillo & Superina, 2013), and the area has suffered a reduction in the quantity and quality of available habitat. Therefore, further data are necessary to track subsequent changes in species composition and density (Lasso *et al.*, 2011).

Our objective in this study is to describe the diversity of medium and large mammals in the mid Planas River basin, an unprotected area located in Puerto Gaitán, Meta Department. This study was undertaken using 'bycatch' photo-trap data from armadillo conservation projects in the Colombian Llanos (Superina *et al.*, 2019) and autoecological research of the giant armadillo *Priodontes maximus* in Puerto Gaitán (Aya-Cuero *et al.*, 2017).

Materials and methods

Study site. The study area comprises ten private properties (ca. 30 700 ha surveyed) located in the mid Planas River basin (ca. 369 530 ha; Forero, 2017), near the municipality of Puerto Gaitán, Meta, Colombia (4°1'56" N, 71°49'40" W). The Planas River watershed is one of the most extensive forested areas of the municipality, with over 250 tree species, but has suffered a high degree of change in vegetation cover recently (Correa *et al.*, 2006; Forero, 2017). The following types of forest cover have been documented in the region: riparian, *terra firme*, fragmented, freshwater swamp, morichal (*Mauritia flexuosa* palm swamps), and secondary tall forest, as well as wooded pasture, and savanna (Forero, 2017). Overall, the area is 90% plains and 10% mountains (Cicery *et al.*, 2005),

corresponding to high plains without seasonal flooding (Rangel-Ch *et al.*, 1995). Average annual rainfall is 2300 mm, with a bimodal rainfall regime, and temperature ranges between 24 and 30 °C (Cicery *et al.*, 2005). The area is classified as a seasonal tropical savanna pedobiome, characterized by extensive savannas and wooded vegetation restricted to gallery forests (Hernández-Camacho *et al.*, 1992).

Fieldwork. We used 20 Bushnell Trophy Cam, Scout-Guard, Cuddeback Attack, DLC Covert II and Reconyx PC camera traps with active motion detection. The cameras were installed at 72 sampling sites (Figure 1; Table 1) between 2013 and 2015, with the following seasonal effort

per year (season/trap-days): 2013 (rainy - 95, dry - 55), 2014 (rainy- 250, dry- 1209) and 2015 (rainy -180), camera traps were installed 50 cm above the ground, located primarily at armadillo burrows, trails, and watering holes, with inter-camera distances ranging from 500 - 1000 m. Each camera was georeferenced using a global positioning system (GPSMAP® 62sc | Garmin). Camera traps were programmed to operate 24 hrs/day with an interval of 3 minutes between each pictures record. Finally, the sampling effort was calculated according to Díaz-Pulido & Payán (2012) and Lira-Torres & Briones-Salas (2012).

In 2014 different transects were walked daily by one person (occasionally two) between 6:00 and 9:00 hrs.

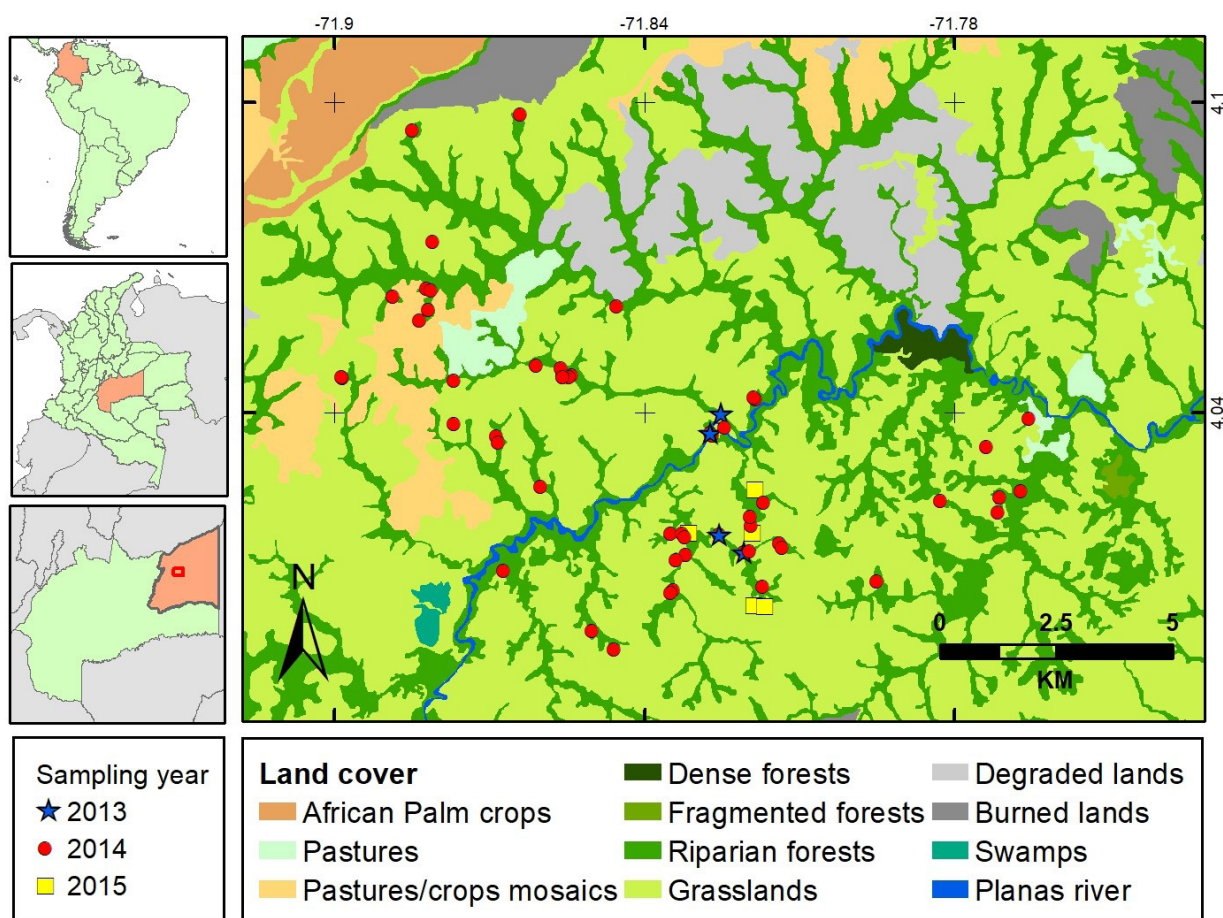


Figure 1. Planas River basin in Puerto Gaitán (Meta, Colombia), with land covers and mammal sampling stations. Stars, 2013 sampling; circles, 2014 sampling; squares, 2015 sampling.

Transect length ranged between 1.5 km (195 repeats) along gallery forests and 0.5 km (254 repeats) along wooded savannas. We recorded direct sightings and indirect evidence of mammals, which were registered, georeferenced, and photographed.

Semi-structured interviews were conducted among 45 local people of Vereda Santa Catalina and Vereda Alto Manacacías between February 8th and August 14th, 2014, to obtain data on uses of fauna and the primary threats to certain species. We asked about uses of the species, considering the following topics for wild mammals: retaliation hunting, protein source, local threats, medicinal and other uses. Interviewees were shown illustrations of [Linares \(1998\)](#) and [Emmons & Feer \(1997\)](#) for species identification.

Specimens found dead or displayed as hunting trophies were collected and deposited at the biological collections of the Museo de Historia Natural de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (MHNUD) and the Museo de La Salle (MLS-BOG). The only reference available for this area, [Rodríguez-Bolaños *et al.* \(2015\)](#), was included to confirm the presence of certain species in the Planas River basin.

Medium and large size mammals were identified using the taxonomic guides of [Linares \(1998\)](#), [Gardner \(2008\)](#), [Patton *et al.* \(2015\)](#), and taxonomy follows [Wilson & Reeder \(2005\)](#), [Ramírez-Chaves *et al.* \(2019\)](#), and specialized papers for each group. To identify the threat category, the National Red List for

mammals of Colombia was used ([Minambiente, 2017](#)), as well as the IUCN Red List ([IUCN, 2019](#)).

Statistical Analysis. Sampling effort was calculated by multiplying the number of camera traps by the number of effective sampling days (1 day = 24 hrs; [Lira-Torres & Briones-Salas, 2012](#)). Additionally, the relative abundance index (RAI) was calculated for each species by dividing the number of records per taxon by the total number of camera trap records ([Díaz-Pulido & Payán-Garrido, 2012](#)).

Results

A total of 588 records were obtained from a sampling effort of 1789 camera-days ([Table 1](#)). These records accounted for 31 species of medium and large mammals (29 natives, 2 feral species) from 19 families in 9 orders ([Table 2, Figure 2](#)). IUCN Red-listed species accounted for 23.3% of all identified species, including *Priodontes maximus* (VU), *Tapirus terrestris* (VU), *Myrmecophaga tridactyla* (VU), *Tayassu pecari* (VU), *Dasybus sabanicola* (NT), *Speothos venaticus* (NT), and *Lontra longicaudis* (NT).

The lowest RAI (RAI = 0.001) was for *C. lanatus*, which was found only once during the sampling effort; in contrast, *P. tajacu* (n = 203; RAI = 0.222) and *D. marsupialis* (n = 168; RAI = 0.184) had the highest RAI values ([Figure 3](#)).

Table 1. Sampling effort of camera trapping for medium and large mammals at the mid Planas River, Meta, Colombia.

Year	Date	# traps/stations	Sampling days	Effort (trap-days)
2013	5 - 23 August	5/5	19	95
	1 - 11 March	5/5	11	55
2014	10 February - 8 August	10/50	133	1335
	2 - 30 November	6/6	20	124
2015	23 July - 23 August	6/6	30	180
TOTAL		42/72	213	1789

Table 2. Medium-sized to large mammals recorded in mid Planas River basin, Meta, Colombia. Records to genus are not included in the species count. Conservation status follows [IUCN Red List \(2018\)](#) and [Rodríguez *et al.* \(2006\)](#): LC, Least Concern; NT, Near Threatened; VU, Vulnerable. Type of records: Ct, camera trap; Ho, human observation; In, interview; Ir, indirect record; Li, literature; Pa, parts of dead animals. RAI, relative abundance index. Forest Cover: Gf, gallery forest; M, *Morichal*; Sa, high-plain savannas. *Species recorded by [Rodríguez-Bolaños *et al.* \(2015\)](#).

Species	Voucher	Conservation status		Records				Forest cover
		IUCN	MIN-AMBIENTE (2017)	2103	2014	2015	RAI	
DIDELPHIMORPHIA								
Didelphidae								
<i>Didelphis marsupialis</i> *	[MHNUD-795]: skull and skin	LC	-	Ct (6)	Ct (149), Pa(1), In (28)	Ct (13), Li (1)	0.187	Gf
<i>Caluromys lanatus</i>		LC	-	Ct (1)			0.001	Gf
<i>Metachirus nudicaudatus</i> *		LC	-	Ct (1)	Ct (3)	Li (1)	0.004	Gf
CINGULATA								
Dasypodidae								
<i>Dasypus novemcinctus</i> *		LC	-	Ct (1)	Ct (7), Pa (6), In (19)	Ct (3), Li (1)	0.014	Gf, M
<i>Dasypus pastasae</i>	[MHNUD-807]: carapace; [MLS-2430]: skull	LC	-	Ct (5)	Ct (84), Pa (2), Ir (3), In (26)	Ct (2)	0.101	Gf, Sa
<i>Dasypus sabanicola</i> *	[MHNUD-796]: skin; [MHNUD-806]: skin	NT	-	Ho (1), Ct (2)	Ct (6), Ho (2), Pa (2), In (35)	Li (1)	0.009	Sa, Gf, M
<i>Dasypus</i> spp.		-	-	Ct (8)	Ct (45)		0.059	Gf, Sa, M
Chlamyphoridae								
<i>Priodontes maximus</i> *	[MHNUD-810]: carapace; [MLS-1844]: skull; [MHNUD-808]: carapace	VU	EN	Pa (1), Ct (3)	Ct (85), Ho (3), Pa (2), In (17)	Ct (1), Li (1)	0.099	Gf, Sa
PILOSA								
Myrmecophagidae								

<i>Tamandua tetradactyla</i> *	Not Collected	LC	-	Ct (2)	Ho (2), Ct (11), Pa (2), (In 32)	Ct (2), Li (1)	0.017	Gf
<i>Myrmecophaga tridactyla</i>		VU	VU	Ct (2)	Ct (12), Ho (2), In (41)		0.016	Gf, Sa
CARNIVORA								
Felidae								
<i>Leopardus pardalis</i> *		LC	-	Ct (4)	Ct (5), Pa (16)	Li (1)	0.010	Gf
<i>Puma concolor</i>	Not Collected	LC	-	Ct (3)	Ct (3), In (14)	Pa (1)	0.007	Gf
Canidae								
<i>Speothos venaticus</i>		NT	-	Ct (2)	Ct (1)		0.003	Gf
<i>Cerdocyon thous</i>	[MHNUD-802]: skull; [MHNUD-803]: skull	LC	-	Ct (1)	Ct (8), Ho (3), Pa (2), In (43)		0.010	Gf, Sa
<i>Canis familiaris</i>		-	-		Ct (3)		0.003	Gf
Mustelidae								
<i>Eira barbara</i> *		LC	-		Ct (7), Ho (3)	Ct (2), Li (1)	0.010	Gf
<i>Lontra longicaudis</i>		NT	VU		Ho (1), In (17)		-	Gf
PERISSODACTYLA								
Tapiridae								
<i>Tapirus terrestris</i>	[MHNUD- sn]: skull	VU	-	Ct (2)	Ho (1), Ir (7), In (13)	Pa (1)	0.002	Gf, M
ARTIODACTYLA								
Tayassuidae								
<i>Pecari tajacu</i>	[MHNUD-798]: skull; [MHNUD-804]: skull	LC	-	Ct (8)	Ct (183), Ho (3), Pa (2), In (45)	Ct (12)	0.226	Gf, M
<i>Tayassu pecari</i>		VU	-			Ct (5)	0.006	Gf
Suidae								
<i>Sus scrofa</i>		LC	-		Ct (2), In (5), Ir (3), In (8)		0.002	Gf, Sa

Cervidae								
<i>Odocoileus cariacou</i>	[MHNUD-800]: skull	-	CR	Pa (1)	Ct (4), Ho (3), In (25)		0.004	Gf, Sa
LAGOMORPHA								
Leporidae								
<i>Sylvilagus brasiliensis</i>		LC	-	Ho (1)	Ho (5), In (32)		-	Sa
PRIMATES								
Atelidae								
<i>Alouatta seniculus</i>		LC	-		Ho (4), Ir (8)		-	Gf
Cebidae								
<i>Cebus albifrons</i>	[MHNUD- sn]: skull	LC	-		Pa (1)	Ho (2)	-	Gf
<i>Sapajus apella*</i>		LC	-		In (6)	Li (1)	-	Gf
<i>Saimiri cassiquiarensis</i>		LC	-		Ca (1), Ho (3)			Gf
RODENTIA								
Sciuridae								
<i>Notosciurus cf. granatensis</i>		LC	-		Ct (25), Ho (8), In (23)	Ho (2)	0.031	Gf
Caviidae								
<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i>	Not collected	LC	-		Ho (2), Pa (1), In (6)		-	Gf, M
Cuniculidae								
<i>Cuniculus paca*</i>	[MHNUD-799]: skull; [MHNUD-805]: skull	LC	-	Ct (9)	Ct (72), Ho (2), In (45)	Ct (17)	0.109	Gf
Dasyproctidae								
<i>Dasyprocta fuliginosa*</i>	[MHNUD-797]: skin and skull; [MHNUD-809]: skull; [MHNUD-801]: skull	LC	-	Ct (12)	Ct (45), Pa (3), In (38)	Ct (3)	0.067	Gf
Erethizontidae								
<i>Coendou prehensilis*</i>		LC	-		In (6)	Li (1)	-	Gf

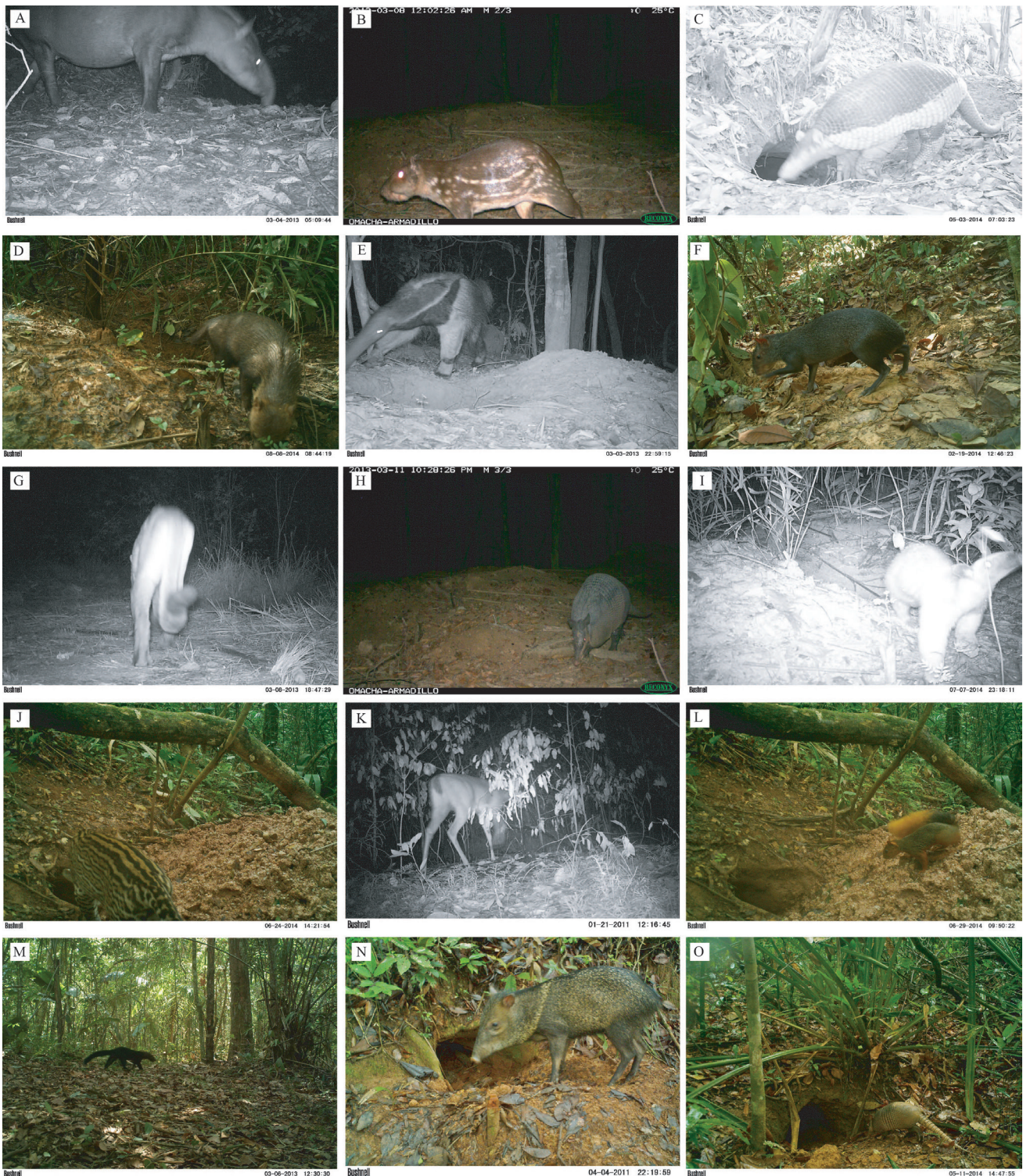


Figure 2. Mammals recorded with camera traps at the mid Planas River basin, Puerto Gaitán, Meta, Colombia. A) *Tapirus terrestris*, B) *Cuniculus paca*, C) *Priodontes maximus*, D) *Speothos venaticus*, E) *Myrmecophaga tridactyla*, F) *Dasyprocta fuliginosa*, G) *Puma concolor*, H) *Dasypus pastasae*, I) *Tamandua tetradactyla*, J) *Leopardus pardalis*, E) *Odocoileus cariacou*, L) *Notosciurus cf. granatensis*, M) *Eira barbara*, N) *Pecari tajacu*, and O) *Dasypus sabanicola*.

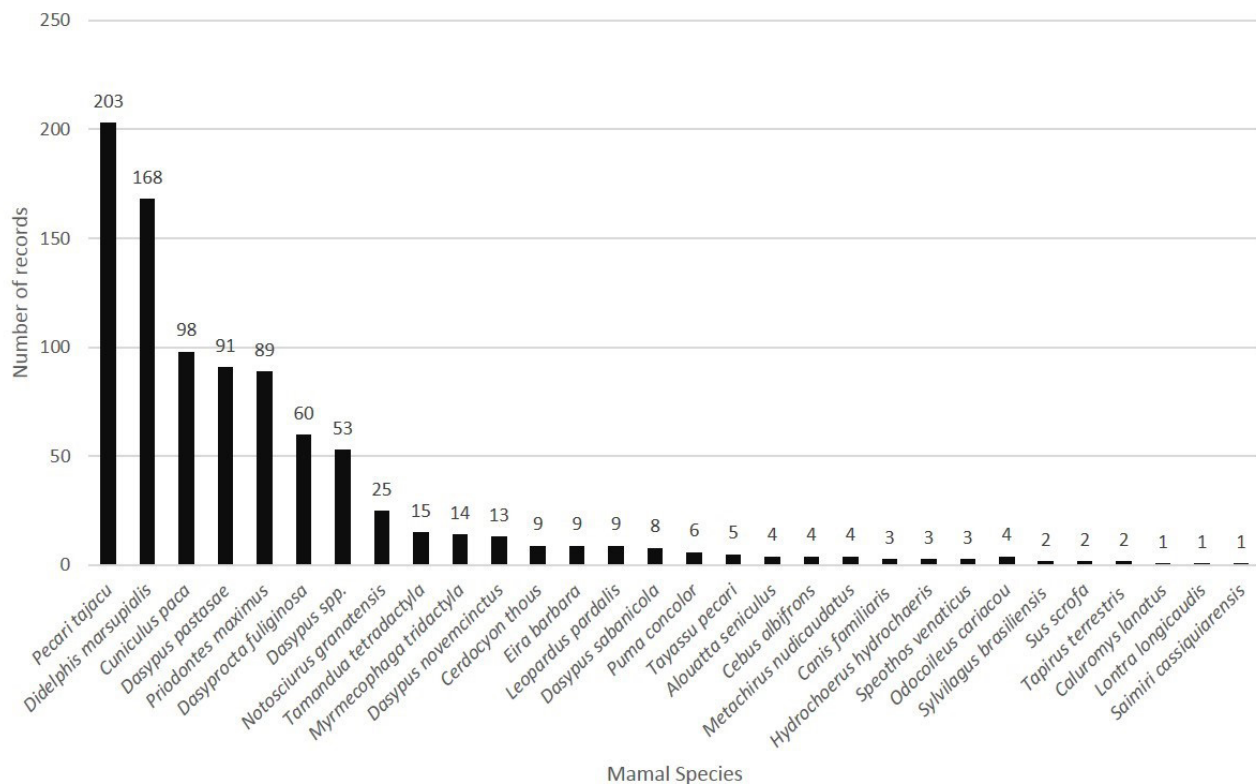


Figure 3. Number of records obtained with camera traps for medium and large mammals in the mid Planas River basin, Meta, Colombia.

The local community uses mammals in various ways: 52% consume wild mammals as a source of protein for subsistence, 40% have medicinal uses for different animal parts, 5% hunt for recreation, and 3% keep some mammals as pets. Most interviewees (82%) identified armadillos (*Dasyopus* spp.) and paca (*C. paca*) as the most important species for food consumption. In addition, local people recognize ungulates such as the lowland tapir, deer and peccaries as the most hunted mammals a decade ago. Nonetheless, people perceive that the number of mammals has decreased in recent years, the causes being identified by the community as hunting (30%), dog kills (29%), environmental pollution (19%), wildlife-vehicle collisions (15%), and fire (7%).

During our fieldwork between February and August 2014, we recorded multiple evidence of mammals being used as a source of protein, hunting trophies, and pets.

We recorded the following species: *D. pastasae* (1), *D. sabanicola* (5), *P. maximus* (2), *T. terrestris* (1), *D. fuliginosa* (2), *H. hydrochaeris* (1), *C. paca* (3) *C. albifrons* (1) and *O. cariacou* (2). Other mammals were hunted because they posed a threat to livestock and poultry, including *P. concolor* (1) and *D. marsupialis* (1).

Specimens from the study area used as hunting trophies included ocelot (*Leopardus pardalis*) pelts, giant armadillo (*P. maximus*) carapaces, tails and carapaces of armadillos (*Dasyopus* spp.), paca (*C. paca*) skulls, Coues' white-tailed deer (*O. cariacou*) antlers, and jaguar (*P. onca*) bones. The Jaguar bones came from the department of Vichada (bordering to the east) and they are used to treat burns and wounds.

Another threat documented in the study area was wildlife-vehicle collisions; 15% of the local communities

have observed mammals involved in roadkills on tertiary roads in this area. During the field work three mammals were found dead along the Puerto Gaitán-Rubiales tertiary road: *C. thous* (1), *D. pastasae* (1) and *T. tetradactyla* (2). Also, stray or feral species such as dogs (*C. familiaris*; n = 3 events) and pigs (*S. scrofa*; n = 2) present a threat from the hunting of wild species and competition for resources. Moreover, local people hunted with dogs, as evidenced for the following species: *C. paca*, *D. marsupialis*, *Dasypus* spp., *T. terrestris*, and *P. concolor*. Additional threats recognized by the local communities and the literature include African oil palm (*Elaeis guineensis*) crops, extensive livestock farming, changes in native forest cover, and habitat destruction through deliberate burning of savannas.

Discussion

Our study detected 57% more species of the native medium-sized to large terrestrial mammals compared to a study carried out in the same area by Rodríguez-Bolaños *et al.* (2015). Comparing with other non-protected areas of the Orinoco basin, we obtained 55% more than that reported in others three types of savannas (Castillo-Figueroa *et al.*, 2019), 45% more than the African oil palm plantation, 21% more than forest (Pardo *et al.* 2019), and 13% more than the *morichales* (Trujillo *et al.*, 2017). This indicates that the gallery forest is important as a biological corridor among the savannas and pastures; the probability of occurrence in these forests is considerably greater than in other types of forest cover. In addition, long-term studies are more effective for understanding species diversity in a non-protected area. However, in La Macarena National Natural Park, relatively close to our study area in the same department, Díaz-Pulido *et al.* (2016) recorded all the species found in our study, and 27% more, with a minor sampling effort. Nevertheless, according to Trujillo *et al.* (2018) the characteristics and landscape in that location are different, more closely associated with the Guianan region.

In general, the protected areas in the Orinoquia region are few (Romero *et al.*, 2017). La Macarena, El Tuparro, and the flooded savannas of Cinaruco, in Arauca, are the only national protected areas in the Orinoquia and constitute a small portion of this important biogeographical region. It is questionable whether these protected areas in the Orinoquia region provide effective protection to medium and large mammals. At present, no protected biological corridors have been established between these protected areas. Therefore, there is no guarantee of quality or quantity of long-term habitat for wildlife conservation.

The association of giant armadillo burrows by wildlife in savanna ecosystems is an important topic. Aya-Cuero *et al.* (2017) documented different groups of vertebrates associated with *P. maximus* burrows at this same study area, among them 13 species of mammals, including *P. tajacu* and *C. paca*. These two species had high RAI values compared to other studies in the same region (e.g., Castillo-Figueroa *et al.*, 2019; Pardo *et al.*, 2019), probably due to their foraging and subterranean habits. The savanna ecosystem has few shelters compared to others ecosystems. Nonetheless, these ecosystems are home to keystone species and habitat engineers, such as large carnivores (*P. concolor* and *L. pardalis*; Garrote *et al.*, 2017; Mosquera-Guerra *et al.*, 2017), perissodactyls (*T. terrestris*), artiodactyls (*T. pecari* and *O. cariacou*), and xenarthrans (*P. maximus* and *M. tridactyla*; Muñoz-Saba *et al.*, 2016; Aya-Cuero *et al.*, 2017; Mosquera-Guerra *et al.*, 2017).

The adequate identification of species from camera trap records is vital to avoid underestimating or overestimating the abundance of some species. Different studies have used camera traps to obtain data on medium and large mammals, during which *D. pastasae* was documented (Tobler *et al.*, 2008; 2015; Aya-Cuero *et al.*, 2017). It should be noted that nine-banded armadillo (*D. novemcinctus*) and greater long-nosed armadillo (*D. pastasae*) tend to be pooled as *Dasypus* spp., due to difficulties in differentiating the two species based on camera trap images (Aya-Cuero *et al.*, 2019). Similarly, *D. pastasae* also inhabits areas where other members of the genus *Dasypus* can be found, such as the llano

long-nosed armadillo *D. sabanicola*, of the Eastern Plains, which likely indicates that armadillo abundance in other biological surveys of the Orinoco basin has been under-reported or misrepresented.

Local uses for different species reduce mammal populations. Of the 30 species recorded, only 10 (33%) are used by local communities. Among such uses, bushmeat is most common and comprises an activity focused on finding food. Although hunting is not practiced intensively, the populations of some species may be affected in the midterm, for species such as *P. maximus* and *T. terrestris* with intrinsically low rates of reproduction (Brooks & Eisenberg, 1999). Most rural communities in this area live in poverty and economic marginalization, and their priorities are therefore focused on subsistence and use of natural resources, although often unsustainably (Bolkovic, 1999, Lorenzo-Monterrubio *et al.*, 2007).

The medium and large orders of mammals are preferred sources of protein by local communities. Our study found that the mammals used as a protein source were Artiodactyla, Cingulata and Rodentia. Similarly, the orders Artiodactyla and Rodentia are the most used (for their high biomass) by two indigenous communities in El Tuparro Biosphere Reserve (Martínez *et al.*, 2016). Similarly, the species we found most desired by hunters are similar to those reported for other Sikuani indigenous communities in the department of Vichada (Plata, 2006). Concordant with Martínez *et al.* (2016), we found primate consumption infrequent, and only a single hunting incident involving one specimen (*C. albifrons*) by Sikuni indigenous communities was found. Systematic research of subsistence hunting is necessary in our study area, to understand the effect of this activity on the potential decrease of mammal populations.

A rare species recorded in our study is *S. venaticus*, photographed on 8 August 2014 at 08:44:19 h. Additional records of this species at the same locality are documented in detail by Rodríguez-Castellanos *et al.* (2017). In contrast, a rare species we did not record in this region is the short-eared dog (*Atelocynus*

microtis) which was found in the same department, near Restrepo, on the Río Ariari (Ayure & González-Maya, 2014) and recently in La Macarena (Díaz-Pulido *et al.*, 2016). For species recorded, our results are concordant with Castillo-Figueroa (2019), with the exception of *Herpailurus yaguaroundi*, which we did not record.

Three Near threatened species, *D. sabanicola*, *S. venaticus*, and *L. longicaudis*, have not yet been evaluated at the national level for Colombia (Rodríguez-Mahecha *et al.*, 2006; Minambiente, 2017). However, the semi-endemic *D. sabanicola* yielded one of the lowest RAI (0.009). Considering that it is one of the few Orinoquia endemics and in light of its relatively small area of distribution, it seems to be seriously affected by the constant changes to its habitat, which has resulted in a population decrease. For this reason, it has recently been reevaluated by IUCN and classified as Near Threatened (NT; Superina *et al.*, 2014). We consider that future studies in this region can estimate population density of cryptic, semi-endemic and rare species such as *P. maximus*, *D. sabanicola* and *S. venaticus*.

Various threats reduce mammal populations in the Orinoquia region, and our study identified hunting as one of the principal threats for mammals, concordant with a study in El Tuparro Biosphere Reserve (Martínez *et al.*, 2016). This activity is a potential factor that contributes to the reduction of mammal populations globally. For the endangered giant armadillo (*P. maximus*), Rodríguez-Mahecha *et al.* (2006) mentioned that it is easy prey for hunters because it cannot hide quickly, especially in open habitats. We found a high preference of *P. maximus* in riparian forest rather than savannas (Aya-Cuero *et al.*, 2017), which may be a mechanism for this species to avoid being hunted. Perhaps the same is true with other species (e.g., *D. sabanicola*, *P. tajacu*, *O. cariacou*, and *T. terrestris*). Behavioral studies analyzing these patterns are needed to identify the responses of the different species in their adaptation process and ecological importance.

An emerging threat in the study area is the presence of feral animals, primarily dogs and pigs. Other studies have demonstrated the negative impact these species

have as they disproportionately predate and unbalance native faunal population densities (Cruz-Reyes, 2009). Plant populations are also affected; for example, in the Mauritia palm swamps, pigs predate the palm fruits and prevent seedlings from developing (Trujillo & Mosquera-Guerra, 2016). These two domestic mammals are also competing with wildlife for resources such as food and habitat.

This study emphasizes the importance of private lands and non-protected areas as natural corridors for mammals, and as tools for faunal conservation in Meta department, as pointed out in studies conducted in the departments of Amazonas (Payán-Garrido & Escudero-Páez, 2015) and Vichada (Mosquera-Guerra *et al.*, 2017). Colombia has one of the highest proportions of protected areas with land and forest degradation (Leisher *et al.*, 2013), with 4.9% of its protected areas subjected to intense human pressures (Jones *et al.*, 2018). This is especially true in the Orinoco basin since it is one of the regions of Colombia with the least amount of protected areas (Romero *et al.*, 2017). We recommend the promotion of private natural reserves, focusing on goals and activities related to conservation of key species such as *P. maximus*, *S. venaticus* and *T. terrestris*.

Acknowledgements

This study was funded by the Conservation Program on Armadillos of the Eastern Floodplains of Colombia, established by Fundación Oleoducto Vivo, Cormacarena, Corporinoquia, Corpometa, Bioparque Los Ocarros, and Fundación Omacha under cooperation agreement PE. DGE. 1.4.8.1.13.002. The authors would like to thank Fabián Cote for creating the map of the study area, and Abelardo Rodríguez for lending field equipment. We are indebted to Sabrina Dahlgren for translating this manuscript, and to Lyndon Carvajal for providing key literature. We thank the local communities and farm owners of the Planas River basin for letting us work on their land, especially Alirio Balaguera, president of the Junta de Acción Comunal for Santa Catalina municipality. We thank the curators from the Museo de

La Salle (MLS-BOG) and the Museo de Historia Natural de la Universidad Distrital (MHNUD) for their collaboration.

References

- Álvarez, Z. & López-Arévalo, H. (2014). *Caracterización de medianos y grandes mamíferos en paisajes dominados por palma (Elaeis guineensis) en el departamento del Meta, Colombia*. Program and memories of IV Congreso Colombiano de Zoología "La biodiversidad sensible: patrimonio natural irremplazable". Cartagena, Colombia. 357 pp.
- Aya-Cuero, C., Chacón-Pacheco, J. & Anacleto, T. (2019). *Dasybus kappleri* (Cingulata: Dasypodidae). *Mammalian Species*, 51 (977): 51-60.
- Aya-Cuero, C., Rodríguez-Bolaños, A. & Superina, M. (2017). Population density, activity patterns, and ecological importance of giant armadillos (*Priodontes maximus*) in Colombia. *Journal of Mammalogy*, 98, 770-778. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyx006>
- Ayure, S. & González-Maya, J. (2014). Registro notable del Perro de Orejas Cortas *Atelocynus microtis* (Carnivora: Canidae) en el trapecio amazónico, Colombia. *Mammalogy Notes*, 1(1), 6-7.
- Bolkovic, M. L. (1999). Usos de fauna silvestre de pobladores de las cercanías de la Reserva Provincial Copo, Santiago del Estero, Argentina. En: Fang, T. G., Montenegro, O.L. & Bodmer, R. E. (Eds.). *Manejo de la Fauna Silvestre en América latina*. Pp: 117-124. La paz, Bolivia: Instituto de ecología.
- Brooks, D. M. & Eisenberg, J. F. (1999). Estado y biología de los tapires neotropicales: perspectiva general. En Fang, T. G., Montenegro, O. L. & Bodmer, R. E. (Eds.). *Manejo de la Fauna Silvestre en América latina*. Pp: 409-413. La paz, Bolivia: Instituto de ecología.
- Brooks, T. M., Bakarr, M. I., Boucher, T., Da Fonseca, G. A. B., Hilton-Taylor, C., Hoekstra, J. M., Moritz, T., Oliver, S., Parrish, J., Pressey, R. L., Rodrigues, A. S. L., Sehrest, W., Stattersfield, A. & Strahm, W. (2004). Coverage provided by the global protected-area system: Is it enough? *Bioscience*, 54, 1081-1091. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2004\)054\[1081:CPBTGP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[1081:CPBTGP]2.0.CO;2)

- Buriticá, N. (2016). *Descripción de estrategias complementarias de conservación y estrategias de conservación-producción relacionadas con Sabanas Inundables de la Orinoquia colombiana*. Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 190 pp.
- Carroll, C., Noss, R. F., Paquet, P. C. & Shumaker, N. H. (2004). Extinction debt of protected areas in developing landscapes. *Conservation Biology*, 18, 1110-1120. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2004.00083.x>
- Castillo-Figueroa, D., Martínez-Medina, D. Rodríguez-Posada, M. E. & Bernal-Vergara, S. (2019). Structural differences in mammal assemblages between savanna ecosystems of the Colombian Llanos. *Papéis Avulsos de Zoología*, 59, 1-11. <https://doi.org/10.11606/1807-0205/2019.59.14>
- Cicery, E., Gualtero, L. & Cicery, R. (2005). *Monografía del municipio de Puerto Gaitán, visión geohistórica y cultural*. Puerto Gaitán. 105 pp.
- Correa, H. D., Arévalo, L. & Ruiz, S. (2006). *Plan de acción en biodiversidad de la cuenca del Orinoco-Colombia 2005-2015*. (Propuesta técnica). Bogotá D.C.: Corporinoquia, Cormacarena, IAvH, Unitrópico, Fundación Omacha, Fundación Horizonte Verde, Universidad Javeriana, Unillanos, WWF - Colombia, GTZ - Colombia. 273 pp.
- Cruz-Reyes, A. (2009). Fauna feral, fauna nociva y zoonosis. Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Angel. *Restauración, conservación y manejo*, 453-461.
- DeFries, R., Hansen, A., Newton A. C. & Hansen, M. C. (2005). Increasing isolation of protected areas in tropical forests over the past twenty years. *Ecological Applications*, 15, 19-26. <https://doi.org/10.1890/03-5258>
- Díaz-Pulido, A. & Payán-Garrido, E. (2012). *Manual de fototrampeo: una herramienta de investigación para la conservación de la biodiversidad en Colombia*. Bogotá D.C.: Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Panthera Colombia. 32 pp.
- Díaz-Pulido, A., Velásquez, T., López, A., Alfonso, A. & Mantilla-Meluk, H. (2016). Mamíferos. In Lasso, C. A. & Morales-Betancourt M. A. (Eds.). III. *Fauna de Caño Cristales, sierra La Macarena, Meta, Colombia*. Serie Editorial Fauna Silvestre Neotropical. Pp. 157-183 Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).
- Emmons, L. & Feer, F. (1997). *Neotropical rainforest mammals: a field guide*. Chicago: University of Chicago press. 380 pp.
- Ferrer, A., Beltrán, M., Díaz-Pulido, A., Trujillo, F., Mantilla-Meluk, H., Herrera, O., Alfonso, A. & Payán-Garrido, E. (2009). Lista de los mamíferos de la cuenca del río Orinoco. *Biota Colombiana*, 10, 179-207.
- Forero, J. A. (2017). *Plantas útiles de las cuencas de los ríos Tillavá y Planas en el municipio de Puerto Gaitán, Meta*. (Trabajo de grado). Bogotá D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Ciencias y Educación. 110 pp.
- Gardner, A. L. (2008). *Mammals of South America*, volume 1: marsupials, xenarthrans, shrews, and bats. Chicago, EE.UU.: University of Chicago Press. 690 pp. <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226282428.001.0001>
- Garrote, G., Rodríguez-Castellanos, F., Trujillo, F. & Mosquera-Guerra, F. (2017). Características de los ataques de jaguar (*Panthera onca*) sobre el ganado y evaluación económica de las pérdidas en fincas ganaderas de los Llanos Orientales (Vichada, Colombia). In Castaño-Urbe, C., Lasso, C., Hoogesteijn, R. & Payán-Garrido, E. (Eds.). II. *Conflicto entre felinos y humanos en América Latina*. Pp: 89-102. Bogotá, D. C.: Serie Editorial Fauna Silvestre Neotropical, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Hales, D. (1989). Changing concepts of national parks. In Western, D. & Pearl, M. C. (Eds.). *Conservation for the twenty-first century*. Pp: 139-144. New York: Oxford University Press.
- Hernández, J., Cadena, A., Castaño, O., Nates, G. & Castro, D. (1984). *Diagnóstico preliminar sobre el estado actual de conocimiento acerca de la Ecología, Fauna y Flora de la Orinoquia colombiana*. In *memories of Encuentro de investigadores sobre la Orinoquia*. Editorial Guadalupe. p. 43.
- Hernández-Camacho, J., Hurtado, A., Ortiz, R. & Walschburger, T. (1992). Unidades biogeográficas de Colombia. In Halffter, G. (Ed.). *La Diversidad biológica de Iberoamérica*. Pp: 105-151. México.

- IUCN. (2019). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-3. <http://www.iucnredlist.org>. Accessed 1 February 2019. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-2.RLTS.T4984A102881251.en>
- Jones, K. R., Venter, O., Fuller, R. A., Allan, J. R., Maxwell, S. L., Negret, P. J. & Watson, E. M. (2018). One-third of global protected land is under intense human pressure. *Science*, 360, 788-791. <https://doi.org/10.1126/science.aap9565>
- Lasso, C., Rial, A., Matallana, C., Ramírez, W., Señaris, J., Díaz-Pulido, A., Corzo, G. & Machado-Allison, A. (2011). *Biodiversidad de la Cuenca del Orinoco. II. Áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible*. Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Instituto de Estudios de la Orinoquia (Universidad Nacional de Colombia). 303 pp.
- Leisher, C., Touval, J., Hess, S. M., Boucher, T. M. & Reymondin, L. (2013). Land and forest degradation inside protected areas in Latin America. *Diversity*, 5, 779-795. <https://doi.org/10.3390/d5040779>
- Linares, O. (1998). *Mamíferos de Venezuela*. Caracas: Sociedad Conservacionista Audubon de Venezuela. 691 pp.
- Lira-Torres, I. & Briones-Salas, M. (2012). Abundancia relativa y patrones de actividad de los mamíferos de los Chimalapas, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 28, 566-585. <https://doi.org/10.21829/azm.2012.283859>
- Lorenzo-Monterrubio, C., Cruz, L. E., Naranjo, E. J. & Barragan, F. (2007). Uso y conservación de mamíferos silvestres en una comunidad de las cañadas de la selva lacandona, Chiapas, México. *Etnobiología*, 5, 99-107.
- Martínez-Salas, M. P., López-Arévalo, H. F. & Sánchez-Palomino, P. (2016). Cacería de subsistencia de mamíferos en el sector oriental de la reserva de Biosfera El Tuparro, Vichada (Colombia). *Acta Biológica Colombiana*, 21(1), 151-166. <https://doi.org/10.15446/abc.v21n1.49882>
- Minambiente (2017). Resolución No 1912 de 2017. <http://www.minambiente.gov.co>.
- Mosquera-Guerra, F., Trujillo, F., Díaz-Pulido, A. P. & Mantilla-Meluk, H. (2018). Diversidad, abundancia relativa y patrones de actividad de los mamíferos medianos y grandes, asociados a los bosques riparios del río Bitá, Vichada, Colombia. *Biota Colombiana*, 19(1), 202-218. <https://doi.org/10.21068/c2018v19n01a13>
- Mosquera-Guerra, F., Trujillo, F., Mantilla-Meluk, H. & Díaz-Pulido, A. (2017). Mamíferos. In Trujillo, F. & Lasso, C. A. (Eds.). IV. Biodiversidad del río Bitá, Vichada, Colombia. Pp: 305-341. Bogotá D.C.: Serie Editorial Fauna Silvestre Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Muñoz-Saba, Y., Trujillo, F., Calvo-Roa, N., Cañón, S. & Mosquera-Guerra, F. (2016). Mamíferos de las cuencas de los ríos Meta y Bitá. In Trujillo, F., Antelo, R. & Usma, R. (Eds.). *Biodiversidad de la cuenca baja y media del río Meta*. Pp: 248-273. Bogotá D.C.: Fundación Omacha, Fundación Palmarito.
- Olarte-González, G. & Balaguera-Reina, S. (2015). Ensamblaje de mamíferos presentes en un paisaje mixto (cultivo de palma y bosques naturales) dentro de un ecosistema de sabana en la llanura colombiana. *Mammalogy Notes*, 2(2), 21.
- Pardo, L. E., Campbell, M. J., Cove, M. V., Edwards, W., Reuben, G. & Laurance W. F. (2019). Land management strategies can increase oil palm plantation use by some terrestrial mammals in Colombia. *Scientific Reports*, 9, 7812. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44288-y>
- Patton, J., Pardiñas, U. & D'Elía, G. (2015). *Mammals of South America, volume 2: rodents*. Chicago, EE.UU: University of Chicago Press. 1384 pp. <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226169606.001.0001>
- Payán-Garrido, E. & Escudero-Páez, S. (2015). Densidad de jaguares (*Panthera onca*) y abundancia de grandes mamíferos terrestres en un área no protegida del Amazonas colombiano. In Payán, E., Lasso, C. A. & Castaño-Urbe, C. (Eds.). *I. Conservación de grandes vertebrados en áreas no protegidas de Colombia, Venezuela y Brasil*. Pp: 225-242. Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Plata, A. (2006). *Uso y percepción de la fauna Silvestre en la cultura Sikuaní, Comunidad de Cumariana, Selva de*

- Matawén, Vichada*. (Tesis de pregrado). Bogotá D.C.: Departamento de Ecología y Territorio, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Pontificia Universidad Javeriana. 175 pp.
- Ramírez-Chaves, H. E., Suárez-Castro, A. & González-Maya, J. (2016). Cambios recientes a la lista de los mamíferos de Colombia. *Mammalogy Notes*, 3, 1-9.
- Ramírez-Chaves, H. E., Suárez-Castro, A. F., de Mastozoología SC, Zurc, D., Concha-Osbahr, D. C., Trujillo, A., Noguera-Urbano, E. A., Pantoja-Peña, G. E., Rodríguez-Posada, M. E., González-Maya, J. F., Pérez-Torres, J., Mantilla-Meluk, H., López-Castañeda, C., Velásquez-Valencia, A. & Zárrate-Charry, D. (2019). *Mamíferos de Colombia*. Versión 1.5. Sociedad Colombiana de Mastozoología. Checklist Dataset. <https://doi.org/10.15472/kl1whs>
- Rangel-Ch, O., Sánchez-C, H., Lowyc, P., Aguilar-P, M. & Castillo-G, A. (1995). *Región de la Orinoquía*. (Trabajo de grado). Bogotá D. C.: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- Rippstein, G., Escobar, G. & Motta, F. (2001). *Agroecología y biodiversidad de las sabanas en los Llanos Orientales de Colombia*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura tropical. 322 pp.
- Rodrigues, A. S. L., Andelman, S. J., Bakarr, M. I., Baitani, L., Brooks, T. M., Cowling, R. M., Fispool, L. D. C., da Fonseca, G. A. B., Gaston, K. M. J., Hoffmann, M., Long, J. S., Marquet, P. A., Pilgrim, J. D., Pressey, R. L., Schipper, J., Sechrest, W., Stuart, S. N., Underhill, L. G., Waller, R. W., Whatts, M. E. J. & Yan, X. (2004). Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. *Nature*, 428, 640-643. <https://doi.org/10.1038/nature02422>
- Rodríguez-Bolaños, A., Carvajal-Rojas, L. & Ariza-Cortés, W. (2015). *Fauna de los bosques de las cuencas de los ríos Planas y Tillava, Puerto Gaitán, Meta, Colombia*. Bogotá D.C.: Cormacarena-Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 280 pp.
- Rodríguez-Castellanos, P., Garrote, G. & Trujillo, F. (2017). New camera-trap records for Bush dog (*Speothos venaticus*) in Colombia. *Galemys*, 29, 1-4. <https://doi.org/10.7325/Galemys.2017.N1>
- Rodríguez-Mahecha, J., Alberico, M., Trujillo, F. & Jorgenson, J. (2006). *Libro rojo de los mamíferos de Colombia*. Bogotá D.C.: Conservación Internacional. 433 pp.
- Romero, M., Trujillo, F., Lasso, C. A. & Campo, O. (2017). Área de estudio. In Trujillo, F. & Lasso, C. (Eds.). *IV. Biodiversidad del río Bitá, Vichada*. Pp: 29-45. Bogotá D.C.: Colombia Serie Editorial Fauna Silvestre Neotropical, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Rosenzweig, M. L. (2003). *Win-win ecology: how the earth's species can survive in the midst of human enterprise*. O Oxford; New York: Oxford University Press.
- Superina, M., Cortes A. & Trujillo, F. (2019). Connecting research, management, education and policy for the conservation of armadillos in the Orinoco Llanos of Colombia. *Oryx*, 53(1), 17-26. <https://doi.org/10.1017/S0030605318000790>
- Superina, M., Trujillo, F., Arteaga, M. & Abba, A. (2014). *Dasyus sabanicola*. The IUCN Red List of Threatened Species, 2014. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-1.RLTS.T6292A47441316.en>
- Tobler, M., Carillo-Percastegui, S., Leite-Pitman, R., Mare, R. & Powell, G. (2008). An evaluation of camera traps for inventorying large and medium-sized terrestrial rainforest mammals. *Animal Conservation*, 11, 169-178. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2008.00169.x>
- Tobler, M., Zuñiga, A., Carrillo-Percastegui, S. & Powel, G. (2015). Spatiotemporal hierarchical modelling of species richness and occupancy using camera trap data. *Journal of Applied Ecology*, 52, 413-421. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12399>
- Trujillo, F. & Mosquera-Guerra, F. (2016). Caracterización, uso y manejo de las mastofauna asociada a los morichales de los llanos orientales colombianos. In Lasso, C. A., Colonnello, G. & Moraes, M. (Eds.). *XIV. Morichales, cananguchales y otros palmares inundables de Suramérica Parte II: Colombia, Venezuela, Brasil, Perú, Bolivia, Paraguay, Uruguay y Argentina*. Pp: 191-218. Bogotá D.C.: Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

- Trujillo, F. & Superina, M. (2013). *Armadillos de los Llanos Orientales*. Bogotá D.C.: ODL, Fundación Omacha, Cormacarena, Corporinoquia. 169 pp.
- Trujillo, F., Mosquera-Guerra, F., Díaz-Pulido, A., Carvajal-Castro J. D. & Mantilla-Meluk, H. (2018). Mamíferos de la Guayana colombiana. Pp. 345-379. In Lasso, C. A. & Señaris J. C. (Eds.), Volumen VI. Fauna Silvestre del Escudo Guayanés (Colombia-Venezuela). Serie Editorial Fauna Silvestre Neotropical. Bogotá D. C: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- UN Environment WCMC (2018). World database on protected areas. <http://www.protectedplanet.net/>. Accessed September 18 2018
- Van Schaik, C. P., Terborgh, J. & Dugelby, B. (1997). The silent crisis: the state of rain forest nature preserves. In Kramer, R., van Schaik, C.P. & Johnson, J. (Eds.). *Last stand: Protected areas and the defense of tropical biodiversity*. Pp: 64-89. New York: Oxford University Press.
- Wilson, D. E. & Reeder, D. A. M. (Eds.). (2005). *Mammal Species of the World: a Taxonomic and Geographic Reference*. Two volumes. Third Edition. Baltimore: The Johns Hopkins University Press. 2142 pp.
- World Bank. (2018). Terrestrial protected areas (% of total land area). The World Bank. <https://data.worldbank.org/indicator/ER.LND.PTLD.ZS>. Accessed September 18 2018

Carlos A. Aya-Cuero

Fundación Kurupira
Bogotá, Colombia
ekatenkes24@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4884-4347>

Federico Mosquera-Guerra

Fundación Omacha
Bogotá, Colombia
afederico.mosqueraguerra@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6915-8602>

Diego A. Esquivel

Fundación Kurupira
Bogotá, Colombia
diegodaem@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-7098-4517>

Fernando Trujillo

Fundación Omacha
Bogotá, Colombia
fernando@omacha.org
<https://orcid.org/0000-0002-5327-8618>

Daniel Brooks

Houston Museum Natural History
Houston, USA
dbrooks@hmns.org
<https://orcid.org/0000-0003-1316-690X>

Medium and large mammals of the mid Planas River basin, Colombia

Citación del artículo: Aya-Cuervo, C.A., Mosquera-Guerra, F., Esquivel, D.A., Trujillo, F. & Brooks, D. (2019). Medium and large mammals of the mid Planas River basin, Colombia. *Biota Colombiana*, 20(2), 76-92. DOI: [10.21068/c2019.v20n02a06](https://doi.org/10.21068/c2019.v20n02a06).

Recibido: 3 de enero de 2019

Aceptado: 8 de agosto de 2019

Mamíferos en áreas de conservación de la Corporación Autónoma Regional del Quindío, Colombia

Mammals in conservation areas of the Corporación Autónoma Regional del Quindío, Colombia

Sebastián Vásquez Palacios^{id}, Carlos Andrés Chica-Galvis^{id}, Hugo Mantilla-Meluk^{id}, Vanessa Díaz-Giraldo^{id}, Mariana Botero-Zuluaga^{id} y Sebastián Montilla^{id}

Resumen

Se presenta el listado de los mamíferos medianos y grandes registrados en 11 áreas de conservación del departamento del Quindío, Colombia. La fase de campo se desarrolló en cinco municipios, entre julio y diciembre del 2016, y el muestreo incluyó recorridos por transectos e instalación de cámaras trampa. Se confirma la presencia de 21 especies de mamíferos en las áreas estudiadas. Las áreas con mayor número de especies hacen parte de la Reserva Forestal Central o están cerca a otras áreas de conservación, situación que podría estar permitiendo la interconexión entre reservas por corredores biológicos. Cuatro de las especies registradas se encuentran bajo categoría de amenaza: *Tapirus pinchaque* (En Peligro), *Aotus lemurinus*, *Leopardus tigrinus* y *Mazama rufina* (Vulnerable). Se resalta la presencia de *Leopardus pardalis* como nuevo registro para el departamento.

Palabras clave. Áreas protegidas. Cámaras trampa. Lista de especies.

Abstract

We present a list of medium and large mammals occurring in 11 conservation areas of the department of Quindío, Colombia. The field phase was developed in five municipalities, between July and December 2016, and sampling included transect routes and installation of camera traps. We confirm the occurrence of 21 species of mammals in the studied areas. The areas with the highest number of species are part of the Reserva Forestal Central or are close to other conservation areas, a situation that could facilitate the connection between reserves through biological corridors. Four of the recorded species are under threat category: *Tapirus pinchaque* (Endangered), *Aotus lemurinus*, *Leopardus tigrinus* and *Mazama rufina* (Vulnerable). The presence of *Leopardus pardalis* is highlighted as a new record for the department.

Keywords. Protected areas. Camera trap. Checklist of species.

Introducción

Las áreas protegidas constituyen una de las principales herramientas para la conservación de la diversidad biológica, y tienen por propósito mantener muestras representativas de la biodiversidad y garantizar la continuidad e integridad de los procesos ecológicos y evolutivos a largo plazo (Margules & Pressey, 2000). Por esta razón, la documentación de su diversidad es una tarea priorizada como instrumento para la toma de decisiones ambientales.

El Sistema de Áreas Protegidas del Departamento del Quindío (SIDAP-Quindío) cuenta en la actualidad con 12 áreas protegidas, que en total suman 49 787.84 ha y representan el 27 % del área total del departamento (<http://runap.parquesnacionales.gov.co/>). Estas áreas, en concordancia con su ubicación en la cordillera de los Andes y su amplio rango de elevación (950 a 4750 m s.n.m.), ofrecen una alta diversidad de ambientes y hábitats para distintas especies (Holdridge, 1967; Arbeláez-Cortés *et al.*, 2011).

Sin embargo, el departamento del Quindío resulta ser uno de los departamentos colombianos con menor información disponible sobre su fauna (Solari *et al.*, 2013; Ramírez-Chaves *et al.*, 2016; Torres-Trujillo & Mantilla-Meluk, 2017), y en el caso particular de los mamíferos, a la fecha no se cuenta con un listado oficial de especies, ni listados específicos para sus áreas protegidas. A pesar de los esfuerzos de documentación adelantados por las autoridades ambientales locales, solo 34 especies de mamíferos reportadas para el departamento cuentan con sustento museológico (Pérez-Torres & Cortéz-Delgado, 2009; Solari *et al.*, 2013; Torres-Trujillo & Mantilla-Meluk, 2017), evidenciándose un vacío de información que dificulta la planeación e implementación de medidas de conservación efectivas para este grupo. El presente artículo da a conocer el primer listado oficial de mamíferos medianos y grandes de 11 áreas de conservación en el departamento del Quindío.

Materiales y métodos

Zona de estudio. El estudio se desarrolló en 11 de 12 áreas de conservación asociadas a la Corporación Autónoma Regional del Quindío (CRQ), localizadas en cinco municipios del departamento: Calarcá, Filandia, Génova, Pijao y Salento. Estas áreas abarcan diferentes elevaciones y zonas de vida (Tabla 1, Figura 1), y cubren una extensión aproximada de 10 776 ha, correspondientes al 21.6 % de las áreas de protección declaradas por el departamento, y cubren el 5.8 % del área departamental (RUNAP, 2019).

Toma de datos. Entre julio y diciembre del 2016 se documentó la presencia de mamíferos medianos (150 g - 5 kg) y grandes (> 5 kg; Falcão *et al.*, 2012), mediante la implementación de métodos de muestreo complementarios: recorridos por transectos e instalación de cámaras trampa.

Recorridos por transectos. Se realizaron recorridos diurnos y nocturnos por senderos de longitudes entre 1 y 5 km, de acuerdo a la topografía del lugar. Durante los recorridos se documentaron las observaciones directas de mamíferos y las evidencias indirectas de presencia, como huellas, heces, madrigueras, cadáveres, marcas en los árboles y señales de forrajeo.

Cámaras trampa. En cada área de conservación se instalaron por periodos de 30 días tres cámaras trampa de referencia Bushnell Trophy Cam Trail Moultrie. Las cámaras fueron instaladas estratégicamente cerca a sitios de paso natural y fuentes de agua. La independencia de registros se garantizó teniendo en cuenta únicamente registros separados temporalmente por más de 60 minutos (Díaz-Pulido & Payán, 2012; Chávez *et al.*, 2013).

Determinación taxonómica y estado de conservación. La determinación taxonómica de los mamíferos se realizó siguiendo las claves de Eisenberg (1989) y Linares (1998). La identificación de rastros se basó en las claves de Navarro (2005) y Aranda (2012) y se definieron las categorías de amenaza y el estado de conservación a partir de las actualizaciones más recientes de la

Tabla 1. Descripción general de las 11 áreas de manejo y conservación evaluadas en el departamento del Quindío, Colombia, administradas por la Corporación Autónoma Regional del Quindío (CRQ).

Área de conservación	Municipio	Coordenadas	Elevación (m s.n.m.)	Área (ha)	Zona de vida
Eco-Parque	Calarcá	4°30' N-75°39' O	1600	11	(bh-ST)
Bremen-La Popa	Filandia	4°40' N-75°36' O	1930	3323	(bmh-M)
El Jardín	Génova	4°11' N-75°45' O	2300	245	(bh-Mb)
Sierra Morena	Pijao	4°20' N-75°42' O	2000	262	(bmh-Mb)
El Tapir	Pijao	4°17' N-75°37' O	2900	2760	(bmh-Mb)
Estrella de Agua	Salento	4°37' N-75°25' O	3243	538	(bh-M)
El Olvido	Salento	4°42' N-75°34' O	2262	20	(bh-Mb)
La Picota	Salento	4°39' N-75°28' O	2742	299	(bh-M)
El Bosque	Salento	4°39' N-75°26' O	3150	407	(bh-M)
La Montaña	Salento	4°37' N-75°27' O	2918	2327	(bh-M)
Navarco	Salento	4°29' N-75°33' O	2918	584	(bh-M)

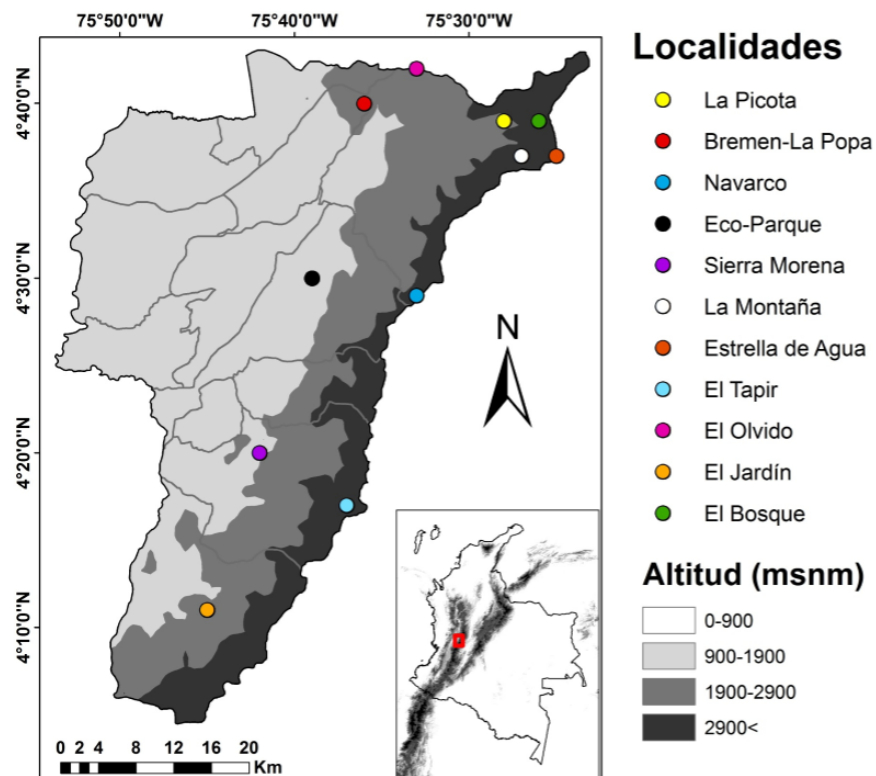


Figura 1. Localización geográfica de las 11 áreas de conservación evaluadas para mamíferos en el departamento del Quindío, Colombia.

Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (<https://www.iucnredlist.org/>).

Resultados

Para las 11 áreas de conservación se documentó la presencia de 21 especies de mamíferos (diez medianos y 11 grandes) agrupadas en nueve órdenes y 15 familias (Tabla 2). Cuatro de las especies registradas se encuentran bajo categoría de amenaza según la IUCN: *Tapirus pinchaque* En Peligro (EN), y *Aotus lemurinus*, *Leopardus tigrinus* y *Mazama rufina* bajo categoría Vulnerable (VU; Figura 2). Las dos áreas de conservación con más especies amenazadas (Vulnerable y En Peligro) fueron Estrella de Agua (*Tapirus pinchaque*, *Leopardus tigrinus* y *Mazama rufina*) y Sierra Morena (*Aotus lemurinus*, *Leopardus tigrinus* y *Mazama rufina*) con tres de las cuatro especies. Por último, se resalta la presencia de *Leopardus pardalis* en el Quindío, especie que hasta la fecha no había sido documentada en el departamento (Figura 3).

El área de conservación con mayor número de especies registradas fue Sierra Morena con once, seguida por Estrella de Agua con ocho, y La Montaña, El Tapir y Navarco con siete cada una. La mayoría de estas áreas se encuentran localizadas por encima de 2900 m s.n.m.; el área con menor número de registros fue El Jardín, con dos especies (Tabla 2). El orden más representativo en los muestreos fue Carnívora, con diez especies (48 %), seguido por Rodentia, con cuatro especies (19 %), y siete órdenes más, Cetartiodactyla, Cingulata, Didelphimorphia, Lagomorpha, Perissodactyla, Pilosa y Primates estuvieron representados por una sola especie (4.7 %; Tabla 2). Las especies más comunes fueron *Didelphis marsupialis*, *M. rufina* y *L. tigrinus* con registros en siete de las 11 áreas de conservación, seguidas por *Dasypus novemcinctus* y *Nasua nasua* registradas en cinco de estas. Cinco especies sólo tuvieron presencia en una única área de conservación: *Herpailurus yagouaroundi* en El Olvido; *Potos flavus* y

Tamandua mexicana en Sierra Morena; y *L. pardalis* y *Mustela frenata* en El Tapir.

Discusión

El total de mamíferos medianos y grandes registrados en las 11 áreas de conservación de la CRQ representa el 21.4 % de las 98 especies de mamíferos con presencia sugerida para el Quindío, uno de los departamentos con menor información científica disponible sobre su mastofauna (Torres-Trujillo & Mantilla-Meluk, 2017). Cuatro de las 21 especies registradas se encuentran amenazadas según la IUCN, y tienen como principal amenaza la pérdida de hábitat por deforestación y su distribución restringida a bosques andinos. El resto de las especies, aunque no se encuentran amenazadas, presentan poblaciones en declive (Morales-Jiménez *et al.*, 2008; Payán & de Oliveira, 2016; Lizcano *et al.*, 2016; Lizcano & Álvarez, 2016; IUCN, 2019). Andrade (1993) menciona que la elevada diversidad en los bosques andinos ha sido altamente afectada por un proceso intenso y continuo de deterioro ambiental, resultante de la expansión de la colonización humana, que ha generado cambios drásticos sobre la biota. Las áreas protegidas de los Andes, como cualquier otra área declarada con fines de conservación, representan la oportunidad de dar continuidad a los procesos ecológicos y evolutivos que han venido moldeando las poblaciones y sus hábitats, razón suficiente para incrementar esfuerzos que garanticen el debido manejo y administración de dichas áreas (Rodríguez *et al.*, 2013). Por tal razón, se resalta la importancia de las áreas protegidas de la región andina y, particularmente, de las áreas de conservación administradas por la CRQ, y su papel clave en la permanencia de especies típicas de los bosques andinos, como el tigrillo lanudo *L. tigrinus* y el venado soche *M. rufina*, categorizadas como amenazadas y presentes en la mayoría de las áreas de conservación.

Tabla 2. Lista de especies e información sobre localidades, estado de conservación y tipo de registro para las especies de mamíferos encontradas en 11 áreas de manejo y conservación en el departamento de Quindío, Colombia. EA, Estrella de Agua; LP, La Picota; EB, El Bosque; BP, Bremen-La Popa; ECO, Parque Ecológico; EO, El Olvido; EJ, El Jardín; NA, Navarco; ET,= El Tapir; LM, La Montaña; SM, Sierra Morena; Cal, Calarcá; Fil, Filandia; Gen, Génova; Pij, Pijao; Sal, Salento; LC, Preocupación Menor; VU, Vulnerable; NT, Casi Amenazada; EN, En Peligro; CT, Cámara Trampa; Obs, observación directa; Hec, Heces; Mar, Marca en Árboles; Hue, Huellas; Hoz, Hozadero; Mad, Madriguera.

Especie	Municipio	Reserva	Categoría de amenaza	Nombre común	Metodo	
					Directo	Indirecto
CARNIVORA						
Canidae						
<i>Cerdocyon thous</i>	Fil, Sal	BP, NA	LC	Zorro perruno	CT	
Felidae						
<i>Leopardus pardalis</i>	Pij	ET	LC	Ocelote	CT	
<i>Leopardus tigrinus</i>	Fil, Gen, Pij, Sal	BP, EJ, ET, SM, EA, EB, NA	VU	Tigrillo lanudo	CT	
<i>Puma concolor</i>	Pij, Sal	SM, EA, LM	LC	León de montaña	CT	
<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	Sal	EO	LC	Yaguarundí	CT	
Mustelidae						
<i>Eira barbara</i>	Pij, Sal	ET, SM, EO	LC	Taira	CT	
<i>Mustela frenata</i>	Pij	ET	LC	Comadreja andina	CT	
Procyonidae						
<i>Nasuella olivacea</i>	Sal	EA, EB, LP, NA	NT	Coatí	CT	
<i>Nasua nasua</i>	Pij, Sal	ET, SM, EA, EB, LM	LC	Cusumbo	CT	Hec, Mar
<i>Potos flavus</i>	Pij, Sal	SM	LC	Perro de monte	Obs	
CETARTIODACTYLA						
Cervidae						
<i>Mazama rufina</i>	Pij, Sal	ET, SM, EA, EB, LP, NA, LM	VU	Venado soche	CT, Obs	Hue

CINGULATA						
Dasypodidae						
<i>Dasypus novemcinctus</i>	Cal, Fil, Pij, Sal	ECO, BP, SM, EA, NA	LC	Armadillo, Gurre	CT, Obs	Hoz, Mad
DIDELPHIMORPHIA						
Didelphidae						
<i>Didelphis marsupialis</i>	Cal, Fil, Gen, Pij, Sal	ECO, EO, EJ, ET, SM, LM, NA	LC	Chucha, Zarigüeya	CT	
LAGOMORPHA						
Leporidae						
<i>Sylvilagus sp.</i>	Sal	EA, LM	-	Conejo	CT	Hec
PERISSODACTYLA						
Tapiridae						
<i>Tapirus pinchaque</i>	Pij	SM	LC	Tamandua	Obs	
PILOSA						
Myrmecophagidae						
<i>Tamandua mexicana</i>	Pij	SM	LC	Tamandua	Obs	
PRIMATES						
Aotidae						
<i>Aotus lemurinus</i>	Cal, Pij	ECO, SM	VU	Mono nocturno andino	Obs	
RODENTIA						
Cuniculidae						
<i>Cuniculus taczanowskii</i>	Fil, Sal	EO, EA, NA	NT	Paca de montaña	CT	
Dasyproctidae						
<i>Dasyprocta punctata</i>	Cal, Sal	ECO, EO	LC	Guatín	CT, Obs	
Dinomyidae						
<i>Dinomys branickii</i>	Fil, Sal	BP, LM	LC	Guagua loba	TC	
Sciuridae						
<i>Notosciurus granatensis</i>	Cal, Fil, Pij	ECO, EO, SM	LC	Ardilla común	CT, Obs	Hoz



Figura 2. Especies bajo categoría de amenaza según la IUCN, registradas en 11 áreas de manejo y conservación en el departamento del Quindío, Colombia: a) *Tapirus pinchaque*. b) *Aotus lemurinus*. c) *Leopardus tigrinus*. d) *Mazama rufina*.



Figura 3. Primer registro para el Quindío del ocelote, *Leopardus pardalis*, obtenido mediante foto-trampeo en el área de conservación El Tapir, municipio de Pijao, departamento del Quindío, Colombia

El nuevo registro para el Quindío de la especie *L. pardalis* se efectuó en la zona suroriental del departamento, en la reserva El Tapir del municipio de Pijao. La ausencia de registros de esta especie podría estar relacionada con la situación histórica de conflicto armado que tuvo lugar en las zonas sur y suroriental del departamento hasta la última década, limitando la llegada de investigadores a estas zonas y con ello imposibilitado el desarrollo de investigaciones científicas en campos como la mastozoología (Gómez-Hoyos *et al.*, 2014). Aunque *L. pardalis* ha sido sugerida para todo el territorio nacional como una especie común (Solari *et al.*, 2013), el 90 % de los registros corresponden a ocurrencias en bosques húmedos tropicales por debajo de los 1200 m s.n.m., considerándose rara en altitudes elevadas (Murray & Gardner, 1997; Nowell & Jackson, 1996). El Quindío se extiende desde los 950 m s.n.m. y la mayoría de sus ecosistemas son montanos (Arbeláez-Cortés *et al.*, 2011), por lo que se pensaría poco probable la presencia de *L. pardalis* en gran parte del departamento. Sin embargo, se obtuvieron registros de *L. pardalis* por encima de los 3000 m s.n.m., altitud superior a la previamente reportada para la especie (Paviolo *et al.*, 2016). López-González *et al.* (2003) atribuyen la presencia de *L. pardalis* en elevaciones altas a movimientos temporales relacionados con la oferta de agua y alimentos, mayor en hábitats montanos durante temporadas de escasez en tierras bajas, donde habita principalmente. Otras especies con registros en solo una de las áreas (*H. yagouaroundi*, *T. mexicana*, *P. flavus* y *M. frenata*) también se caracterizan por habitar principalmente bosques tropicales de tierras bajas o ecosistemas abiertos, diferentes a los bosques de las áreas de conservación estudiadas (Ortega *et al.*, 2014; Caso *et al.*, 2015; Helgen *et al.*, 2016; Helgen & Reid, 2016).

Las áreas de conservación que acumularon el mayor número de especies de mamíferos comparten la característica de estar cercanas o inmersas en otras áreas de conservación enmarcadas en el SIDAP-Quindío. Por ejemplo Sierra Morena y El Tapir se encuentran adyacentes al Distrito Regional de

Manejo Integrado Chilí Bosque Alto Andino Pijao; de manera similar, las reservas Estrella de Agua, La Montaña y Navarco están asociadas a la zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Los Nevados, La Reserva Forestal Central y el Distrito Regional de Manejo Integrado de la Cuenca Alta del Río Quindío en Salento (PNN, 2017; CRQ, 2008; González, 2017), situación que estaría contribuyendo a la interconexión por corredores entre reservas, favoreciendo el movimiento de las especies, y configurándose como un sistema de Reservas Archipiélago, definido como “Área protegida extensa, de proyección regional, que incluye varias áreas protegidas bajo distintas disposiciones legales y también espacios intermedios sin regulaciones de conservación” (Halffter, 2007; González, 2017).

Al igual que en otros inventarios de medianos y grandes mamíferos realizados en el Neotrópico y particularmente en la región andina (Gómez *et al.*, 2001; Lavariega *et al.*, 2012; Solari *et al.*, 2013; Cortés-Marcial & Briones-Salas, 2014), las especies de carnívoros y roedores dominaron en número en los muestreos. Investigaciones clásicas argumentan que la diversidad de carnívoros en un lugar depende directamente de la abundancia de sus potenciales presas, haciéndolos susceptibles a las perturbaciones ambientales y a la degradación y pérdida del hábitat (Woodroffe & Ginsburg, 1999; Laidlaw, 2000; Cardillo *et al.*, 2004). Bajo esta premisa, se esperaría encontrar riquezas altas para las especies de carnívoros, como también para las especies de roedores medianos, sus principales presas (Terborgh, 1988).

Entre las especies con mayor número de registros para las áreas de conservación de la CRQ se encuentra *D. marsupialis*, descrito como uno de los mamíferos más comunes y abundantes en gran parte del neotrópico (Eisenberg, 1989; Emmons & Feer, 1997). Paradójicamente, dos especies más: *M. rufina* y *L. tigrinus*, con presencia en la mayoría de las áreas, se encuentran categorizadas como vulnerables a la extinción y con poblaciones en disminución según la UICN. Ambas especies fueron registradas entre

los 2000 y 3500 m s. n. m., altitudes entre las cuales se distribuyen normalmente y que corresponden a hábitats de vegetación densa típicas de los Andes, que ofrecen zonas de refugio y alimentación (Payán & González-Maya, 2011; Lizcano & Álvarez, 2016; Payán & de Oliveira, 2016). En el caso particular de *M. rufina*, Cújar (2006), determinó que esta especie también utiliza coberturas como pastizales, zonas intervenidas e incluso coexiste con el ganado en zonas de baja presencia y tránsito de personas, como sucede en las áreas protegidas de los bosques andinos que administra la CRQ. En el caso de *L. tigrinus*, la especie es considerada rara y hasta el 2011 solo se encontraron 27 registros confiables en el país, todos restringidos a la región Andina (Payán & González-Maya, 2011).

Este estudio es una contribución para la construcción de un listado de los mamíferos presentes en las áreas de conservación de la CRQ, y representa además una base para la construcción del listado de mamíferos del departamento del Quindío. Esperamos que motive futuras investigaciones en pro de garantizar la permanencia de las especies de mamíferos y los ecosistemas que habitan, mediante la adecuada administración de las áreas de conservación. Se recalca la importancia de las áreas protegidas de la CRQ en el mantenimiento e integridad de los ecosistemas típicos de los Andes.

Agradecimientos

Los autores agradecen a las personas que brindaron apoyo logístico, humano y facilitaron la recolección de información en áreas de especial interés para este trabajo, a la Universidad del Quindío y a la Corporación Autónoma regional del Quindío (CRQ) por la ayuda y financiamiento brindados. Finalmente, a los revisores anónimos por los comentarios y sugerencias que ayudaron a mejorar el manuscrito.

References

- Andrade, G. (1993). Paisaje y biodiversidad en las selvas de los Andes. En Germán A. (Eds.). *Carpanta: selva nublada y páramo*. Pp: 31-48. Bogotá D.C: Fundación Natura.
- Aranda, J. M. (2012). *Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio).
- Arbeláez-Cortés, Baena-Tovar, O., Marín-Gómez, O., Ospina-González, J., Renjifo, L., Cardona-Camacho, P. & Gómez, H. (2011). Birds, Quindío Department, Central Andes of Colombia. *CheckList*, 7, 227-247. <https://doi.org/10.15560/7.3.227>
- Cardillo, M., Purvis, A., Sechrest, W., Gittleman, J. L., Bielby, J. & Mace, G. M. (2004). Human population density and extinction risk in the world's carnivores. *PLoS Biology*, 2(7), 197. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0020197>
- Caso, A., de Oliveira, T. & Carvajal, S.V. (2015). *Herpailurus yagouaroundi*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2015: e.T9948A50653167. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-2.RLTS.T9948A50653167.en>
- Chávez, C., De La Torre, A., Bárcenas, H., Medellín, R.A., Zarza, H. y Ceballos, G. (2013). *Manual de fototrampeo para estudio de fauna silvestre. El jaguar en México como estudio de caso*. México: Alianza WWF-Telcel, Universidad Nacional Autónoma de México. 108 pp.
- Corporación Autónoma Regional del Quindío (CRQ) (2008). *Plan de manejo de la unidad de manejo de cuenca (umc) del río lejos*. (Informe técnico). Armenia, Colombia: Corporación Autónoma Regional del Quindío. 186 pp.
- Cortés-Marcial, M. & Briones-Salas, M. (2014). Diversidad, abundancia relativa y patrones de actividad de mamíferos medianos y grandes en una selva seca del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *International Journal of Tropical Biology and Conservation*, 62(4), 1433-1448. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i4.13285>
- Cújar, A. (2006). *Caracterización y uso de hábitat del venado Mazama rufina en la Reserva Biológica Cachalú y su área de influencia en los municipios de Encino y Charalá, Santander*. (Tesis de pregrado). Bogotá D. C.: Pontificia Universidad Javeriana.
- Díaz-Pulido, A. & Payán, E. (2012). *Manual de fototrampeo: una herramienta de investigación para la*

- conservación de la biodiversidad en Colombia*. Bogotá: Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Panthera Colombia, 32 pp.
- Eisenberg, J. F. (1989). Mammals of the Neotropics: The Northern Neotropics. *Journal of Tropical Ecology*, 6(3), 290-290. <https://doi.org/10.1017/S0266467400004521>
- Falcão, F., Guanaes, D. & Paglia, A. (2012). Medium and large-sized mammals of RPPN Estação Veracel, southernmost Bahia, Brazil. *CheckList*, 8, 929-935. <https://doi.org/10.15560/8.5.929>
- Gómez, H., Wallace, R. B. y Veitch, C. (2001). Diversidad y abundancia de mamíferos medianos y grandes en el noreste del área de influencia del Parque Nacional Madidi durante la época húmeda. *Ecología en Bolivia*, 36, 17-29.
- Gómez-Hoyos, D. A., Ríos-Franco, C. A., Marín-Gómez, O. H. y González-Maya, J. F. (2014). Representatividad de mamíferos amenazados en el sistema departamental de áreas protegidas (SIDAP) del Quindío, Colombia. *Mammalogy Notes*, 1, 39-41.
- González, M. F. (2017). *Potencial de los fragmentos de bosque como Reserva Archipiélago para la conservación de la diversidad florística en un paisaje andino colombiano*. (Tesis de pregrado). Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Halffter, G. (2007). Reservas archipiélago: Un nuevo tipo de área protegida. En Halffter, G., Guevara, S y Melic, A (Eds.). *Hacia una cultura de conservación de la diversidad biológica*. P.: 281-286. Zaragoza, España: Sociedad Entomológica Aragonesa.
- Helgen, K. & Reid, F. (2016). *Mustela frenata*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2016. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T41654A45213820.en>
- Helgen, K., Kays, R. & Schipper, J. (2016). *Potos flavus*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2016. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T41679A45215631.en>
- Holdridge, L. R. (1967). *Life Zone Ecology*. San Jose, Costa Rica: Tropical Science
- Laidlaw, R. K. (2000). Effects of habitat disturbance and protected areas on mammals of Peninsular Malaysia. *Conservation Biology*, 14(6), 1639-1648.
- Lavariega, M. C., Briones-Salas, M. y Gómez-Ugalde, R.M. (2012). Mamíferos medianos y grandes de la Sierra de Villa Alta, Oaxaca, Mexico. *Mastozoología Neotropical*, 19(2), 225-241.
- Linares, O. J. (1998). *Mamíferos de Venezuela*. Caracas, Venezuela: Sociedad Conservacionista Audubon de Venezuela. 691 pp.
- Lizcano, D. J., Amanzo, J., Castellanos, A., Tapia, A. & López-Malaga, C. M. (2016). *Tapirus pinchaque*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2016. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T21473A45173922.en>
- Lizcano, D. & Álvarez, S. J. (2016). *Mazama rufina*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2016. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-2.RLTS.T12914A22165586.en>
- López-González, C., Brown, D. & Gallo, J. P. (2003). The ocelot *Leopardus pardalis* in north-western Mexico: ecology, distribution and conservation status. *Oryx*, 37, 358-364. <https://doi.org/10.1017/S0030605303000620>
- Margules, C. R., & Pressey, R. L. (2000). Systematic conservation planning. *Nature*, 405(6783), 243. <https://doi.org/10.1038/35012251>
- Morales-Jiménez, A. L. & de la Torre, S. (2008). *Aotus lemurinus*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2008. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T1808A7651803.en>
- Murray, J. & Gardner, G. (1997). *Leopardus pardalis*. *Mammalian Species*, 548, 1-10. <https://doi.org/10.2307/3504082>
- Navarro, J. F., Hincapié, S. P. y Silva, L. M. (2005). Catálogo de los mamíferos del Oriente antioqueño (estado y conservación). Rionegro, Colombia: Corporación Autónoma Regional Rionegro-Nare CORNARE-Universidad Católica de Oriente. 284 pp.
- Nowell, K. & Jackson, P. (1996). *Wild cats. Status survey and conservation action plan*. Gland, Suiza: IUCN/SSC Cat Specialist Group. 382 pp.
- Ortega, J., Tirira, D. G., Arteaga, M. & Miranda, F. (2014). *Tamandua mexicana*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2014. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-1.RLTS.T21349A47442649.en>
- PNN - Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2017). *Plan de manejo 2017 - 2022 parque nacional natural los nevados. (informe técnico)*. Manizales: Parques Nacionales Naturales de Colombia. 236 pp.

- Paviolo, A., Crawshaw, P., Caso, A., de Oliveira, T., López-González, C. A., Kelly, M., De Angelo, C. & Payán, E. (2016). *Leopardus pardalis* (errata version published in 2016). *The IUCN Red List of Threatened Species* 2015. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T11509A50653476.en>
- Payán, E. & de Oliveira, T. (2016). *Leopardus tigrinus*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2016. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-2.RLTS.T54012637A50653881.en>
- Payán, E. & González-Maya, J. F. (2011). Distribución geográfica de la Oncilla (*Leopardus tigrinus*) en Colombia e implicaciones para su conservación. *Revista Latinoamericana de Conservación*, 2(1), 51-59
- Pérez-Torres, J. & Cortéz-Delgado, N. (2009). Murciélagos de la Reserva Natural La Montaña del Ocaso (Quindío, Colombia). *Chiroptera Neotropical*, 15(1), 456-460.
- Ramírez-Chaves, H. E., Suárez-Castro, A. F. & González-Maya, J. F. (2016). Cambios recientes a la lista de los mamíferos de Colombia. *Mammalogy Notes*, 3(1), 1-9.
- Rodríguez, N., Armenteras, D. & Retana, J. (2013). Effectiveness of protected areas in the Colombian Andes: deforestation, fire and land-use changes. *Regional Environmental Change*, 13(2), 423-435. <https://doi.org/10.1007/s10113-012-0356-8>
- Solari, S., Muñoz-Saba, Y., Rodríguez-Mahecha, J. V., Defler, T. R., Ramírez-Chaves, H. E. & Trujillo, F. (2013). Riqueza, endemismo y conservación de los mamíferos de Colombia. *Mastozoología Neotropical*, 20(2), 301-365.
- IUCN (2019). The IUCN Red List of Threatened Species 2019. <https://www.iucnredlist.org>.
- Terborgh, J. (1988). The big things that run the world - a sequel to E.O. Wilson. *Conservation Biology*, 2(4), 402-403. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.1988.tb00207.x>
- Torres-Trujillo, N. T. & Mantilla-Meluk, H. (2017). Común e ignorado: ausencia de documentación científica del guatín *Dasyprocta punctata* (Rodentia: Dasyproctidae) en el departamento del Quindío, Colombia. *Biodiversidad Neotropical*, 7(1), 30-38. <https://doi.org/10.18636/bioneotropical.v7i1.588>
- Woodroffe, R. & Ginsberg, J. R. (1998). Edge effects and the extinction of populations inside protected areas. *Science*, 280(5372), 2126-2128. <https://doi.org/10.1126/science.280.5372.2126>

Sebastián Vásquez Palacios

Universidad del Quindío
Armenia, Colombia
svazquezp@uqvirtual.edu.co
<https://orcid.org/0000-0001-5635-2791>

Carlos Andrés Chica-Galvis

Universidad del Quindío
Armenia, Colombia
carlosandreschicagalvis@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4755-6677>

Hugo Mantilla-Meluk

Universidad del Quindío
Armenia, Colombia
hugomantillameluk@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8134-3694>

Vanessa Díaz-Giraldo

Universidad del Quindío
Armenia, Colombia
vandiaz91@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8923-1718>

Mariana Botero-Zuluaga

Universidad del Quindío
Armenia, Colombia
boterozmariana@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8916-0179>

Sebastián Montilla

Universidad del Quindío
Armenia, Colombia
juansomontilla94@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-6133-8142>

Mamíferos en áreas de conservación de la Corporación Autónoma Regional del Quindío, Colombia

Citación del artículo: Vásquez, S., Chica-Galvis, C.A., Mantilla-Meluk, h., Díaz-Giraldo, V., Botero-Zuluaga, M. & Montilla, S. (2019). Mamíferos en áreas de conservación de la Corporación Autónoma Regional del Quindío, Colombia. *Biota Colombiana*, 20(2), 93-104. DOI: [10.21068/c2019.v20n02a07](https://doi.org/10.21068/c2019.v20n02a07).

Recibido: 21 de octubre de 2018

Aceptado: 29 de agosto de 2019

Diagnosis of the status of the anuran collection at La Salle Museum, Bogotá, Colombia

Diagnóstico del estado de la colección de anuros del Museo de La Salle, Bogotá, Colombia

Julieth S. Cárdenas  and Diana A. Delgadillo 

Abstract

The anuran collection of the Museo de La Salle is one of the oldest in Colombia, with 2059 specimens collected since 1917. Its age represents a challenge for a thorough quantification of its status, considering that it may not necessarily fit current quality standards. Therefore, we implemented a methodology to evaluate the status of the collection in terms of health, data completeness, taxonomic representativeness, taxonomic identification and geographical coverage. The collection harbors 13 families, with Craugastoridae as the best represented, with 44 species and 517 specimens. The department with the largest number of specimens was Cundinamarca, with 363 records of 52 species. Most specimens are in optimal condition of conservation and preservation. The results of this research enabled the solution of problems in the collection and it could be useful for other collections.

Keywords. Biological collections. Curatorship. Health index. Taxonomic representativeness.

Resumen

La colección de anuros del Museo de La Salle es una de las más antiguas de Colombia, con 2059 especímenes recolectados desde 1917. Esa antigüedad representa un reto para cuantificar el estado de la colección de manera integral, considerando que no cumplirá necesariamente con los estándares actuales de calidad. Debido a esto, se implementó una metodología para evaluar el estado de la colección a partir de su salud, la completitud de datos, la representatividad taxonómica, la identificación taxonómica y la representatividad geográfica. Registramos 13 familias, siendo Craugastoridae la más abundante, con 44 especies y 517 especímenes. El departamento con el mayor número de especímenes es Cundinamarca, con 363 registros y 52 especies. Encontramos que la mayoría de los individuos presentan condiciones óptimas de conservación y preservación. Los resultados de esta investigación permitieron solucionar problemas de la colección, y se espera que, a partir de la metodología utilizada, el ejercicio sea de utilidad para otras colecciones.

Palabras clave. Colecciones biológicas. Curaduría. Índice de salud. Representatividad taxonómica.

Introduction

Biological collections are representations and historical archives of a region's or a country's natural heritage (Ramírez & Bernal, 2006). Collections are composed of specimens and biological material such as tissues, feathers and fingerprints, among others, that are preserved, catalogued, organized (numerically, alphanumerically, phylogenetically or according to the size of the storage unit) and taxonomically determined (Lozano, 2009; SINCHI, <http://www.sinchi.org.co/coleccionesbiologicas/index>). Collections harbor a great diversity of specimens and information that can be used for research, exhibition or teaching (Simmons & Muñoz-Saba, 2005; Corredores, 2009). One of the purposes of a collection is to spread knowledge, popularize research and serve as a reference for studies in taxonomy, systematics, ecology, biogeography and conservation (Ramírez & Bernal, 2006; Corredores, 2009).

To contribute to these studies, biological collections must have updated and complete basic data for each specimen, such as scientific name, location, geographical coordinates, collector information, and dates, in addition to including field notes and ecological and morphological information obtained at the time of capture. However, old specimens often lack this information (Forero, 2012; Instituto Humboldt, 2014). Additionally, biological collections often have gaps in geographic information (nonexistent coordinates, department, municipality and unspecific localities), possibly due to the lack of equipment that has become more popular in recent decades as geographic positioning systems (GPS) (Lozano, 2009). These conditions limit the use of information and prevent ancient specimens from being optimally used in biogeography studies (Escalante *et al.*, 2000; Fernández *et al.*, 2004).

Because the quality of old collections cannot be evaluated with the same standards imposed to recent specimens, appropriate methodologies must be used to identify aspects needing corrective actions. The collection health index is one of the methodologies most frequently used to evaluate collections (Paradell & Defea, 2017). It determines, among other aspects, the status of each

specimen thereby defining the collection's general state (Simmons & Muñoz-Saba, 2005). However, it could be useful to separately consider the various aspects that account for the state of a collection, in order to determine the specific areas needing attention.

In addition to the collection health index, other parameters are used to evaluate collections, taking into account specimen data quality. *Data completeness* indicates how complete the information associated with the collection data matrix is. The *representativeness analysis* determines the representation of a taxon in the collection (at the level of genus, family or subfamily). The *taxonomic identification index* gives information on the level of identification of the collection. Similarly, it is possible to generate a *geographical representativeness index*, showing the representation of a taxon in a geographical area, either at the level of departments, municipalities or ecoregions (Corredores, 2009). All these methods have been widely used (Camacho & Burneo, 2009; Vallejo & Acosta, 2005), even for older collections that do not have available information, yet do not necessarily have poor quality.

Because of its old age, the anuran collection of Museo de La Salle, in Bogotá, Colombia, has difficulties to meet the standards currently used to evaluate biological collections. Therefore, this collection is a good candidate for implementing assessment methods that consider the above-mentioned aspects. In this study, we included some aspects of the collection health index proposed by McGinley (1993) and adopted by Simmons & Muñoz-Saba (2005), together with indicators of geographic and taxonomic data completeness, in order to determine the status of the anuran collection of the Museo de La Salle, and implement a more flexible collection evaluation methodology.

Materials and methods

Collection health index. We reviewed and evaluated 2059 anuran specimens from the amphibian collection of the Museo de La Salle. Initially we took each of the

containers in which the specimens were deposited, and, using its label, confirmed the taxonomic identity through the website Amphibian Species of the World, of the American Museum of Natural History (<http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/>).

To calculate the collection health index, we adjusted the protocol proposed by McGinley (1993) and adopted by Simmons & Muñoz-Saba (2005). Specifically, the age of each specimen in the collection, its physical state, the quality of the information on the label, and the taxonomic identification were considered. Additionally, the possibilities of expansion, and the arrangement of the specimens in the collection were assessed. These criteria were evaluated separately in order to obtain a more detailed diagnosis of the collection's state, and thus perform a curation process aimed at those categories that require it, unlike the method proposed by McGinley (1993) and Simmons & Muñoz-Saba (2005). Considering this, the health index was divided into four categories:

Category 1 (SS): State of the specimen. This category takes into account the absence or presence of the specimen and its parts. In addition, it evaluates whether the available material allows for taxonomic determination or not; in the same way, the absence or presence of pests and the state of hydration (hydrated/dehydrated) is considered. Unlike other proposals, a value can be assigned specifically for the state of the specimen, considering the conservation conditions that specimens require for their maintenance. The criteria to evaluate this category are found in Table 1.

Category 2 (SD): Specimen data. This category assesses the presence or absence of a description, locality data (department and municipality), georeferenced localities (that have additional information (DW), such as collection date and/or collector). In this category, the age of the specimens was taken into account, in order not to discriminate specimens collected before 2000 that do not meet the currently proposed standards. The criteria for evaluating this category are found in Table 2.

Table 1. Levels of curatorship for the category State of the specimen for the anuran collection of the Museo de La Salle, Bogotá, Colombia.

State of the specimen	
Value	Description
0	Specimen absent.
1	Specimen with missing parts that prevent their taxonomic determination and without appropriate preservation materials, according to the collection (ethyl alcohol, glass bottles, entomological pins, acid-free paper).
2	Specimen with missing parts that impede its taxonomic determination (e. g., legs, fingers), but with appropriate preservation materials, according to the collection (e. g., ethyl alcohol, glass jar, entomological pins, acid-free paper).
4	Complete specimen, but poorly assembled or with problems like fungi, pests or dehydration, which prevent its taxonomic determination.
6	Incomplete specimen, poorly assembled or with problems such as fungi, pests or dehydration, but taxonomic determination is possible.
7	Complete specimen that is assembled properly, and although it presents problems of fungi, pests or dehydration, its taxonomic determination is possible.
10	Specimen complete and assembled in a way that facilitates its taxonomic determination. It does not have fungi, pests or any agent that affects its preservation

Table 2. Levels of curatorship for the category “Specimen data” in the anuran collection of Museo de La Salle, Bogotá, Colombia.

Data of the specimen	
Value	Description
0	Total absence of data.
1	Specimen with some kind of information, but there is no clarity in the meaning of the information and its association with the specimen.
2	Specimen without locality data; may have other information (collection method, date or collector).
3	The location data in the matrix do not agree with the information of the physical specimen.
4	Specimen with some locality data (example: country, department); may have other information (collection method, date or collector).
6	Specimen with some data of locality to municipality; may have other information (collection method, date or collector).
7	Specimen with georeferenced location data (for specimens collected after 2005) or with an exhaustive description of the collection site (for specimens collected before 2005), with incomplete and/or absent date; collector’s name present or absent.
9	Specimen that entered the collection before 2005, with complete locality data (country, department and municipality), must have date (minimum month - year), collector and/or field data. If any physical data are missing in the matrix (dates exchanged, determiner, collector) but may be solved immediately, this category will be assigned.
10	Specimen with complete locality data (country, department, with an exhaustive description of the collection site) that entered the collection before 2005; must have date (minimum month - year), collector and/or field data.
	Specimen with data of country, department, municipality, locality, georeferenced locality (latitude and longitude), original coordinate system, and date and complete collector and/or field data.

Category 3 (RCTIO): Registration, cataloging, taxonomic identification and organization. This category evaluates if the specimen has some type of taxonomic determination (family, genus or species) and if it is cataloged. The criteria for evaluating this category are found in [Table 3](#).

Category 4 (FA): Physical aspects of the collection. This category evaluates the location of the specimens, conditions and materials of storage units, and access to specimens. This category considers also problems of humidity or radiation. The criteria for evaluating this category are found in [Table 4](#).

The first three categories were applied for each individual specimen, whereas the fourth category was applied to the whole collection, resulting in a single value for the entire collection. In order to define the state of the collection in each of the first three categories (SS, SD, RCTIO), a value was generated by category for each specimen and the three values were averaged to obtain the index for the entire collection. At the end, for the whole collection we obtained three different indexes that account for the different aspects considered by category. In each category, the index has a level of curation that goes from 0 to 10 (10 being the optimal state). The collection health index (CHI) values

Table 3. Levels of curatorship for the category Registration, cataloging, taxonomic identification and organization of specimens for the anuran collection of Museo de La Salle, Bogotá, Colombia.

Registration, cataloging, taxonomic identification and organization of the specimens in the collection	
Value	Description
0	Specimen not cataloged, without minimum taxonomic determination until division and not arranged in a logical way in the collection, preventing easy location.
1	Specimen not cataloged (MLS catalog number), with some kind of minimum taxonomic determination up to class, but not arranged in a logical way in the collection, preventing easy location.
2	Specimen not cataloged (MLS catalog number), determined taxonomically between subclass and family, but arranged in a logical way in the collection, facilitating their location.
3	Specimen not cataloged (MLS catalog number), with some kind of taxonomic determination between subfamily and subspecies, arranged in a logical way in the collection, facilitating its location.
4	Different specimens that are cataloged with the same number and that are in a different storage unit, have some kind of taxonomic determination between subfamily and subspecies, but are arranged in a logical way in the collection, facilitating their location.
	Different specimens that are cataloged with different numbers and are in the same storage unit, have some kind of taxonomic determination between subfamily and subspecies, but are arranged in a logical way in the collection, facilitating their location.
5	Specimen with some kind of logical organization that allows its location, is cataloged, and has digitized information in the database, but is not determined taxonomically (at least to family).
6	Specimen with some kind of logical organization that allows its location, is cataloged, has information digitized in the database, but is are not determined taxonomically (at least to genus).
7	Specimen cataloged and registered in the database, determined at the species level and/or reviewed by a specialist, and with some kind of logical organization that allows its location.
8	The information of the specimens is included in theses and/or monographs.
9	The information of the specimens is included in the Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SiB Colombia).
10	The specimen is cataloged, identified (at the species level), organized, and its data are in scientific publications.

are ranked as high, medium or low level, based on the following criteria: 0-3.9, low; 4-6.9, medium; and 7-10, high (Cárdenas & Delgadillo, 2017).

For example, for category 1 (State of the specimen), the formulas is

$$CHI(SS) = \frac{\sum SS}{TS}$$

where CHI(SS)=Health index of the collection with respect to the state of the specimen, SS=Values of each individual obtained by the Category 1: State of the specimen, and TS=Total of specimens in the collection.

To calculate the general collection health index [CHI(G)], the values of each category were added, and the resulting value was divided into 40, which is the

Table 4. Levels of curatorship for the category Physical aspects of the collection, for the collection of anurans Museo de La Salle, Bogotá, Colombia.

Physical aspects of the collection	
Value	Description
0	Specimen not located in storage units like cabinets, shelves or drawers, and is in a space with humidity and ultraviolet radiation.
1	Specimen located in storage units such as cabinets, shelves or drawers, not exposed to humidity or ultraviolet radiation, but the storage units have flaws in their operation (for example doors and/or drawers do not close easily).
2	Specimen located in storage units such as cabinets, shelves or drawers, not exposed to humidity or ultraviolet radiation, and the storage units work properly, but are not labeled for an easy location of specimens.
3	Specimen located in storage units such as cabinets, shelves or drawers, not exposed to humidity or ultraviolet radiation, and the storage units work properly and are labeled but are not easily accessible.
4	The storage units are accessible, but they do not have enough room for collection growth, and they are not made of stable and non-reactive materials to minimize damage to the specimens.
5	The storage units are accessible, but they do not have enough room for collection growth. They are made of stable and non-reactive materials to minimize damage to the specimens.
6	The storage units have enough room for collection growth and are accessible, but they are not made of stable and non-reactive materials to minimize damage to the specimens.
8	The storage units have enough room for collection growth, they are accessible and made of stable and non-reactive materials to minimize damage to the specimens.
10	The specimen is located in storage units such as cabinets, shelves or drawers, that are nor exposed to humidity or ultraviolet radiation, and work properly. They are labeled, have enough room for collection growth, are accessible and are made of stable and not-reactive materials, to minimize damage to the specimens. There is an integrated pest management program.

maximum value that could be obtained by adding the four categories. To transform it into a percentage the value was multiplied by 100:

$$CHI(G) = \frac{(CHI(SS) + CHI(SD) + CHI(RCTIO) + CHI(FA))}{40} \times 100$$

The *Completeness of collection data* was determined from the formula proposed by [Vallejo & Acosta \(2005\)](#) and [Instituto Humboldt \(2007\)](#), evaluating if each specimen had the minimum data required, according to the 87

fields stated in the Darwin Core 3.0 standard, published by SiB Colombia. For the Museo de La Salle, 39 fields are mandatory and the remaining 48 are recommended. Of the 39 mandatory fields, 12 are geographic (continent, country, country code, department, municipality, town center, locality, original location, original coordinate, original latitude and longitude and original coordinate system), 11 are taxonomic (scientific name, kingdom, phylum, class, order, family, genus, taxon category, original category of the taxon and authorship of the scientific name), and 8 are associated with the collection event, DW (registration number, identified by, number

of individuals, date of the event, year, month, date and original date of the event).

The number of complete or empty mandatory fields was counted and multiplied by 100. Since not all the specimens comply with the Darwin Core standard the formula was applied separately for specimens collected before the year 2000 and those collected after 2000. For collection (DW), taxonomic (T) and geographic (G) events, the formulas followed the form

$$Dc = (Ef/Tf) \times 100$$

where Dc=Data completeness, Ef=Number of empty fields, and Tf=Total number of mandatory fields.

Representativeness and taxonomic identification. To determine the taxonomic representativeness of the records, we used the formula proposed by Vallejo & Acosta (2005) and Instituto Humboldt (2007):

$$TRi = [SCi/SCe] \times 100$$

where TRi=Taxonomic representativeness, SCi=Number of taxon species in the collection, and SCe=Number of species recorded in Colombia (<http://www.batrachia.com>).

The analysis of taxonomic identification was made by means of the formula proposed by the Instituto Humboldt (2007), which relates the count of records that have not been identified to species with the total of records cataloged in the collection:

$$Tla = \left(\frac{Tlid}{BRt} \right) \times 100$$

where Tla=Taxonomic identification, Tlid=Number of species identified in the collection, and

BRt=Total number of biological records in the collection

Geographic representativeness. The identification of geographic representativeness was determined by means of the formula proposed by Vallejo & Acosta

(2005) and Instituto Humboldt (2007), which relates the number of Colombian departments registered in the collection, with the total number of departments and multiplying it by a hundred:

$$GRih = \left[\frac{GAih}{GAh} \right] \times 100$$

where RGih=Geographic representativeness, GAih=Number of geographic areas represented in the collection, and GAh=Number of total geographic areas for Colombia.

Results

Collection health index

State of the specimen. We obtained a value of 9.13, which indicates that most individuals have all their parts, do not have fungi, or any type of deterioration (Figure 1a).

Specimen data. We obtained a value of 7.58, which indicates that the majority collection specimens have the fields established according to the Darwin Core standard and the criteria adopted by the Museo de La Salle. The collection has some locality data that have a relatively detailed description of the sampled area for the specimens collected before 2000. However, of these old specimens, 2088 do not comply with the field referring to geographic coordinates and 38 specimens have all the fields established in the Darwin Core standard in terms of geographical fields (Figure 1b).

Registration, cataloging, taxonomic identification and organization of the specimens. We obtained a value of 6.70, which indicates that the collection is mostly determined up to species, is cataloged and organized which allows the easy location of the specimens (Figure 1c).

Physical aspects of the collection. We found that 1998 specimens have a value of 5, with accessible storage units, but the collection does not present enough room for collection growth (Figure 1d).

The general collection health index revealed a curatorial level of 71.06 %, with the largest number of records (1633) being in level 7 (Figure 2).

Completeness of collection data. The indicator of data completeness showed that 3.22 % of the required fields for the specimens collected before the year 2000 are empty, which correspond to 1 % of the collection event (DW). Mandatory fields were missing in 879 specimens. From these data, 1.33 % correspond to taxonomic information: 1473 specimens do not have the corresponding fields, whereas 6.36 % of the specimens do not comply the Darwin Core standard (Figure 3). For the specimens collected after 2000, 2.06 % of the fields are empty, 1.96 % of the fields of the collection event (DW) are incom-

plete, 0.87 % corresponding to the taxonomic level, that is, 960 specimens do not comply with the standard, and 3.23 % of the geographical fields do not have the required fields (Figure 4).

Representativeness and taxonomic identification.

The collection of anurans has a high representation of families (13 out of families), with Craugastoridae and Hylidae as the most representative families, with 44 species each. The family Pipidae (two species) has a low representation in the collection and the family Eleutherodactylidae is not represented. Among the most abundant subfamilies, Ceuthomantinae has 38 species, followed by Leptodactylinae, with 16 species. The least represented subfamilies are Holoadeninae and Hyalinobatrachinae, with one species each. The genus with the highest number of records and species is *Pristimantis*, with 489 records and 38 species, followed by *Dendropsophus*, with 184 records and 13 species. The genera with less species are *Minyobates* and *Sphaenorhynchus*, with three records and one species each.

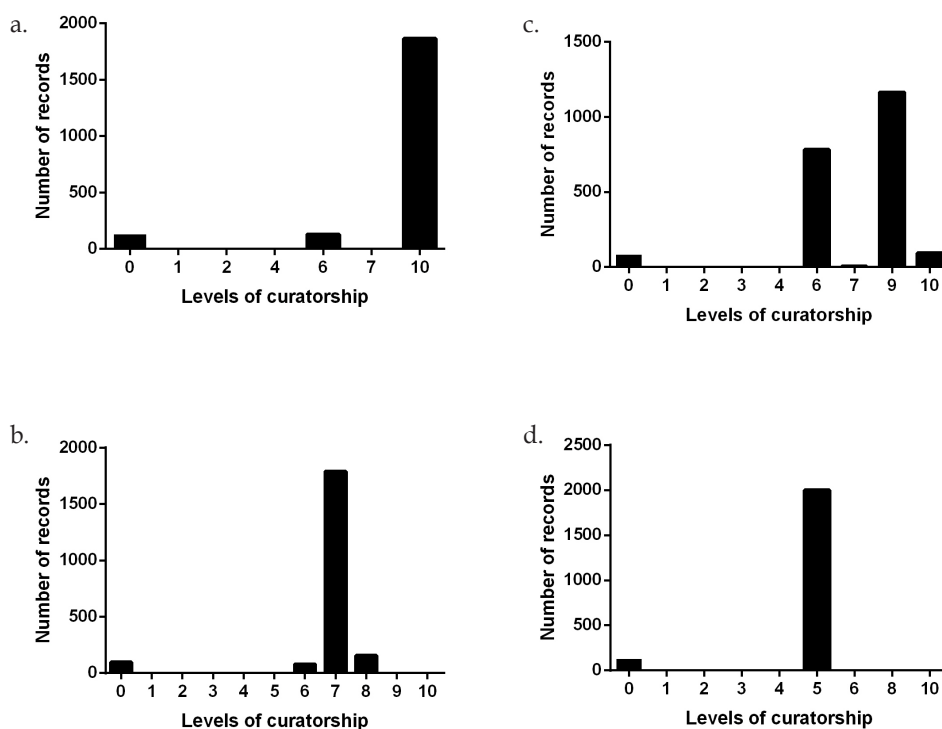


Figure 1. Health index of the anuran collection of the Museo de La Salle, Bogotá, Colombia. a. State of the specimen. b. Specimen data. c. Taxonomic determination. d. Physical aspects of the collection.

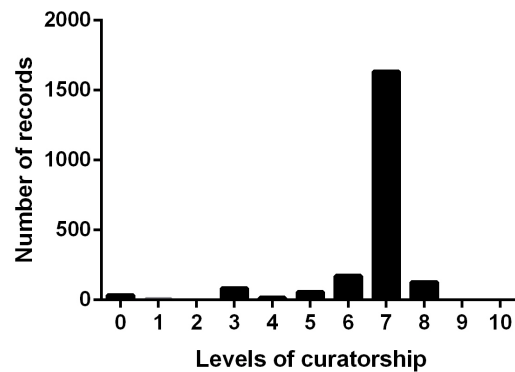


Figure 2. General health index of of the anuran collection of the Museo de La Salle, Bogotá, Colombia.

The collection is determined up to species in 92.27 %, which corresponds to 1886 specimens. There are 60 specimens determined up to genus and 186 are not determined.

Geographical representation. At the department level, the collection has a high geographical representation, showing specimens from 31 of the 32 departments (96.87 %). The department with the highest number of records and species is Cundinamarca, with 363 records and 52 species, followed by Santander, with 260 records and 33 species. The departments with the least number of records are Vaupés, Bolívar and the Archipelago de San Andrés Providencia y Santa Catalina, with one species each (Figure 5).

Discussion

The main difference of our study with indexes traditionally used is that indexes were also generated by subcategories (besides a global collection health index), thus allowing for the definition of particular areas in which actions are required for the improvement of the collection (specimen state, specimen data, taxonomic determination or physical aspects of the collection). In addition, adjustments were made within the categories, to evaluate the specimens that were collected

before 2005, as is the case of the presence or absence of geographic coordinates, since not all specimens have such information.

In general terms, the anuran collection of the Museo de La Salle is in good condition in comparison with those recorded for other Colombian collections. For example, the amphibian collection at the Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas indicates that it needs to be improved, since it had incomplete curatorship and digitization (Serna-Botero & Ramírez-Castaño, 2017) its important to clarify that this data is the result of another methodology, which means that a direct comparison cannot be made between the two studies. At the Instituto Humboldt, 4701 specimens of the amphibian collection (52.39 %) are in level 5, showing that the collection needs re-labeling, taxonomic updating and organization (Rueda, 2005). The herpetological collection of the Pontificia Universidad Javeriana had a health index of 1.46 %, which indicates that it needs improvement; the low value is due to the lack of information records for specimens, and geographic information in field notebooks, in addition to an inadequate organization of the collection (Corredores, 2009).

In 2009, the Museo de La Salle evaluated the health index of its anuran collection (strictly following the methods proposed by Simmons & Muñoz-Saba (2005).

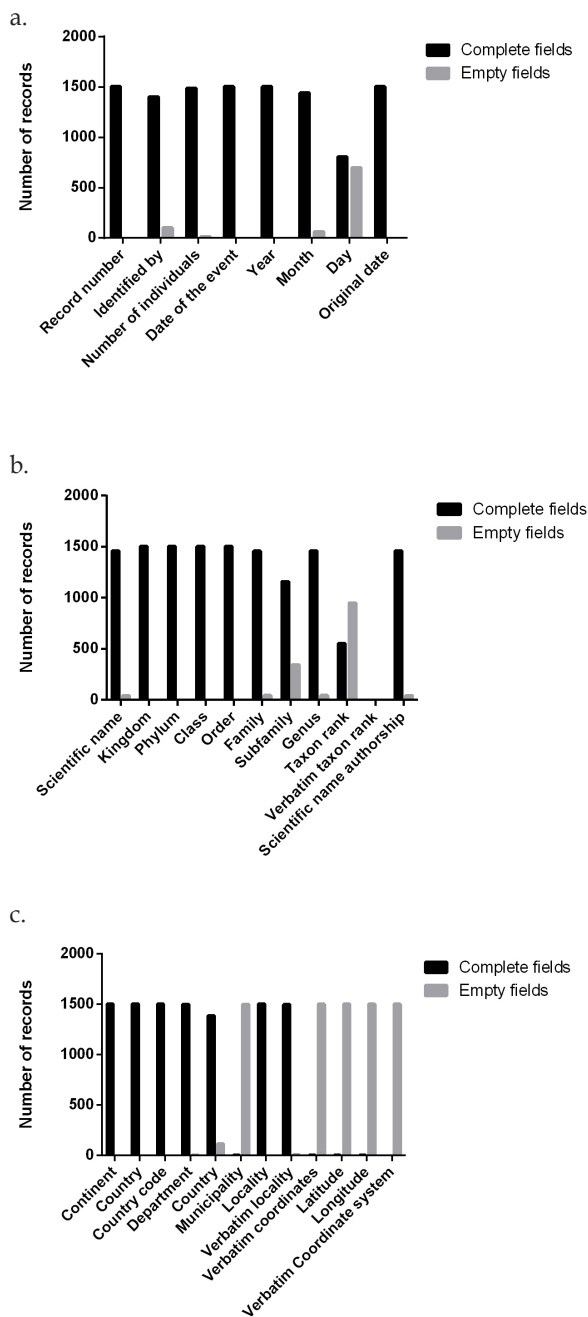


Figure 3. Data completeness of the anuran collection of the Museo de La Salle, Bogotá, Colombia, for specimens collected before 2000. a. Fields of the collection event. b. Taxonomic fields. c. Geographic fields.

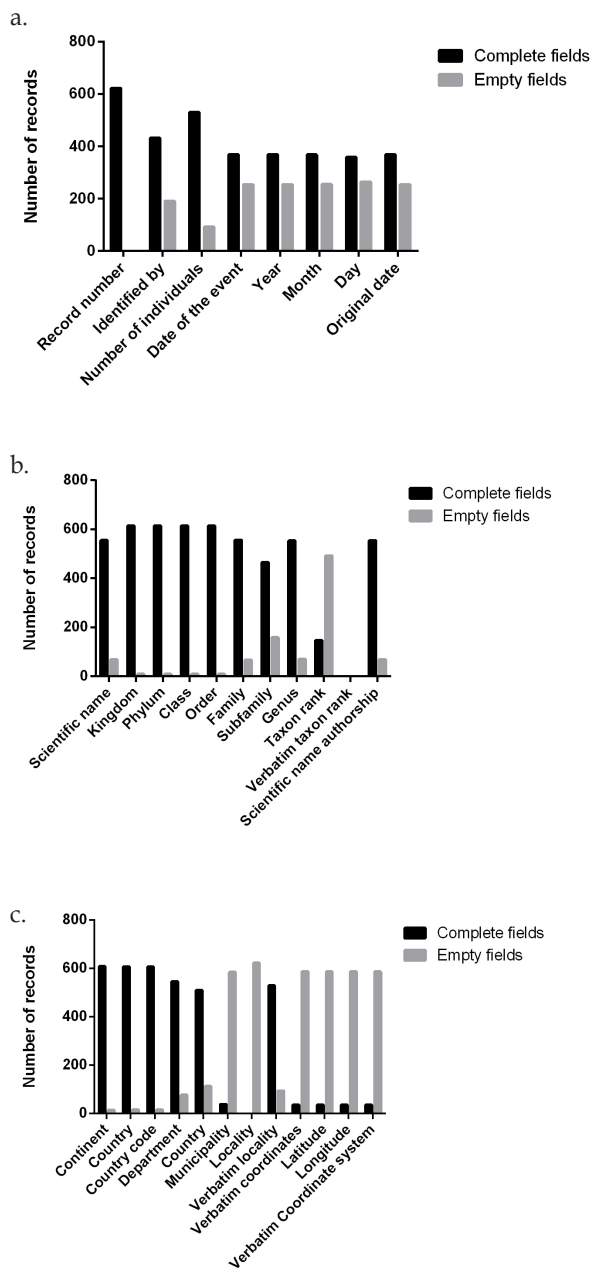


Figure 4. Data completeness of the anuran collection of the Museo de La Salle, Bogotá, Colombia, for specimens collected after 2000. a. Fields of the collection event. b. Taxonomic fields. c. Geographic fields.

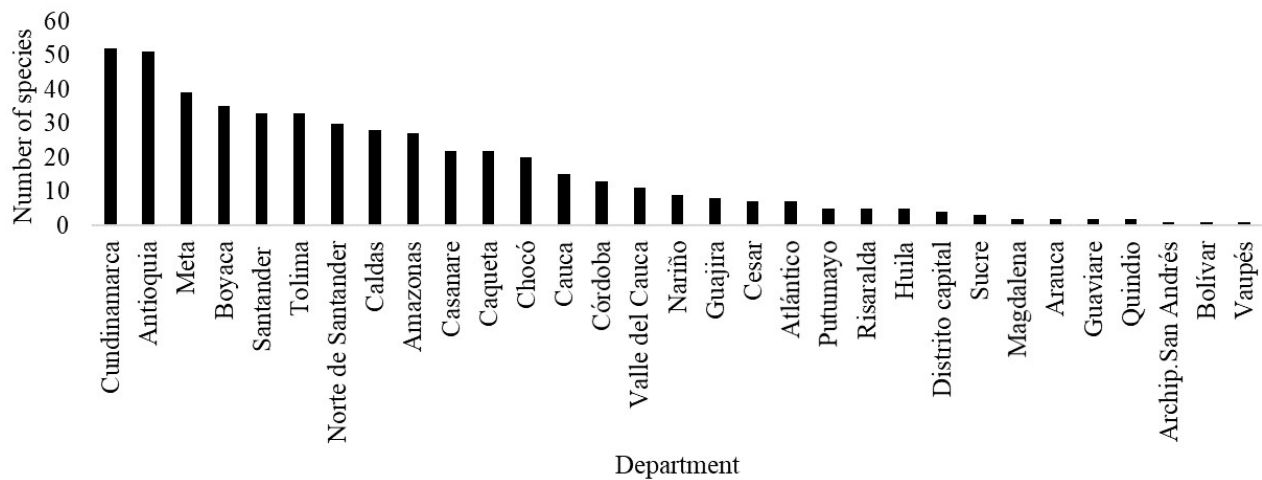


Figure 5. Geographical representativeness of the species by department in the collection of anurans of the Museo de La Salle, Bogotá.

In that study, the general health index obtained was 1.21 % (Contreras, 2009), evidencing a low level of curatorship, the lack of cataloging, the need to improve storage conditions, verification and updating of taxonomic determinations, standardization of localities and georeferencing, as well as reviewing if the specimens were reported in scientific publications.

The current health index of the La Salle collection shows that its curatorship has improved. In 2009 the collection was arranged taxonomically, and today it is completely based on a catalog number system and numerically arranged. In the new method proposed here, specific aspects of the specimens were considered and not only general aspects that could cause a conflict when deciding the assignment of a curatorial level (Appendix 1). When analyzing each category separately, it is possible to see that not all categories are at the same level, which allows proposing management strategies and determining improvements for each category.

A method similar to the one proposed in this paper was proposed by the Museo de Zoología de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (QCAZ). The authors

describe by subcategories the criteria to evaluate the status of the specimens (Camacho & Burneo, 2009), obtaining a value roughly similar to that of Museo de La Salle (79 %).

The figure of 3.22 % of fields empty for the specimens collected before 2000 reflects the fact that the collection has old specimens which do not fulfill the Darwin Core standard. This emphasizes the need of a special analysis for specimens older than 10 years. Even if they do not meet modern standards, those specimens are of vital importance, because they can be used for genetic studies involving species and populations already extinct (Burrell *et al.*, 2015). These collections also offer the opportunity to do future research in taxonomy and evolutionary history of species located in remote areas, using modern techniques (Besnard *et al.*, 2016).

In the specimens with records, the figure of 2.06 % of specimens obtained after the year 2000, which do not comply with the Darwin Core standard is low compared to that found by Corredores (2009), in which a value of 92.7 % empty mandatory fields was obtained. On the other hand, in the collection of Museo de Historia

Natural de la Universidad de Caldas, 50 % of the fields corresponding to microhabitat and description were empty (Serna-Botero & Ramírez-Castaño, 2017). Additionally, the collection of Museo Javeriano (MUJ) presented a percentage of 76.6 % with critical fields, due to the methods used to enter the information into the databases (Vallejo & Acosta, 2005). These fields prevent the information contained in the databases from being used efficiently, thus limiting their scope (Villarreal *et al.*, 2006; Trujillo *et al.*, 2014).

The collection of the Museo de La Salle has 8.82 % of specimens without information in geographical fields, limiting the utility of the collection. However, many of these specimens have the description of locality, allowing for a future georeferencing process (Besnard *et al.*, 2016). The results of this research show the enormous possibility of using the collection of anurans at the Museo de La Salle in different studies.

The anuran collection has 1607 specimens that comply with all the obligatory taxonomic fields. Their information can strengthen the national biodiversity inventory (MADS, 2013). The lack of geographic data, specifically in terms of georeferences for Museo de La Salle and the data obtained for the Museo de Historia Natural de La Universidad de Caldas, in which of the

information was complete (data collector, locations, georeferencing, among others). That collection, unlike the one of the Museo de La Salle, has morphometric information. However, in both institutions the microhabitat information, field descriptions and additional observations are not present in the database or in the specimen (Serna-Botero & Ramírez-Castaño, 2017). However, those specimens and their information may be useful data sources about the country's biodiversity (Donato *et al.*, 2015).

Because of its high geographical representativeness (96.87 %) the anuran collection of Museo de La Salle plays an important role as an information repository for the country (Besnard *et al.*, 2016). In addition, this information allows for the identification of sites where species can potentially be found and areas with high specific richness (Flores-Maldonado *et al.*, 2015).

The indices used in this study may generate a diagnosis in which all the necessary aspects for the conservation of biological collections are considered, and thus monitoring, maintenance and improvement strategies may be developed. In this way, the role of collections as sources of information for different types of research about taxonomy, biological diversity, geographic distribution or genetics, among others, may be enhanced.

Appendix 1. Results of the Health Index (CHI) from the anuran collection of the Museo La Salle, Bogotá, Colombia, developed in 2009 with the proposal put forward by Simmons & Muñoz-Saba (2005), compared with those obtained in the present study.

HEALTH INDEX OF THE COLLECTION					
Simmons & Muñoz-Saba (2005)			ISC adjusted to Museo de La Salle 2016		
2009				2016	
Category	Percentage	Level	Level	Percentage	Category
Health Index	1.21 %	NA	NA	71.06 %	General health index
Date, location but with loose parts without label	25.11 %	2	10	9.13	State of the specimen
Information of date, location and are cataloged	66.66 %	6	9	7.58	Data of the specimen
Not date or location data, no data tag	6.78 %	1	7	6.70	Taxonomic determination
They have data on location and date, do not have a taxonomic determination	2.45 %	4	5		Physical aspects of the collection

References

- Acosta, G. (2017). *Lista de los anfibios de Colombia*. Online reference. Obtained on March 5th, 2017 from <http://www.batrachia.com>.
- Besnard, G., Bertrand, J., Delahaie, B., Bourgeois, Y., Lhuillier, E. & Thébaud, C. (2016). Valuing museum specimens: high-throughput DNA sequencing on historical collections of New Guinea crowned pigeons (Goura). *Biological Journal of the Linnean Society*, 117(1), 71-82. <https://doi.org/10.1111/bj.12494>
- Berrío, J., Vásquez, M. & Estrada, V. (2011). *Museo de Historia Natural Colegio de San José Natural and historical heritage*. Colección Bicentenario de Antioquia. 72 pp
- Burrell, A., Disotell, T. & Bergey, C. (2015). The use of museum specimens with high-throughput DNA sequencers. *Journal of Human Evolution*, 79, 35-44. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2014.10.015>
- Cárdenas, S. & Delgadillo, A. (2017). *Diagnóstico del estado de la colección de anuros del Museo de La Salle - Bogotá*. (Thesis). Bogotá D. C.: Universidad de La Salle. 57 pp.
- Camacho, A. & Burneo, S. (2009). Assessment of the mammal collection at the Museo de Zoología of the Pontificia Universidad Católica del Ecuador - QCAZ. *Museology*, 12, 1-11.
- Contreras, N. (2009). *Colecciones: Batracología: Anuros (Ranas y Sapos)*. (Technical report). Bogotá D. C.: Museo de La Salle Bogotá. 9 pp.
- Corredores, L. (2009). *Diagnóstico de la colección de referencia de anfibios de la Pontificia Universidad Javeriana*. (Degree Thesis). Bogotá D. C.: Pontificia Universidad Javeriana, Faculty of Sciences, Department of Biology. 125 pp.
- Donato, J., Ortiz, C., Vega, E., Ramírez, A. & Vieira, P. (2015). *Plan institucional cuatrienal de investigación ambiental 2015-2018*. Bogotá D. C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 88 pp.
- Escalante, T., Llorente, J., Espinosa, D. & Soberón, J. (2000). Base de datos y sistemas de información: aplicaciones en biogeografía. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 92, 1-17.
- Fernández, G., Sosa, V., León, J. & Cortés, J. (2004). *Colecciones Biológicas Centros de Investigación*

- CONACYT. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). 132 pp.
- Forero, E. (2012). *Colecciones científicas de la Universidad Nacional de Colombia sistema de información sobre biodiversidad UN-SIB*. Bogotá D.C.: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 30 pp.
- Flores-Maldonado, J., Ruvalcaba-Ortega, I., Moreno, A., García, M., Favela, S. & González, J. (2015). Representatividad geográfica y ambiental del inventario de especies en el área de protección de recursos naturales "Cuenca Alimentadora del distrito Nacional de riego 004 Don Martín" Coahuila, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86(3), 809-822. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.08.002>
- Instituto Humboldt. (2007). *Memorias encuentro de experiencias en inventarios y Monitoreo biológico*. Bogotá D. C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 86 pp.
- Instituto Humboldt. (2014). *Protocolo para el depósito de especímenes colecciones de especímenes y de sonidos ambientales*. Bogotá D. C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 6 pp.
- Lozano, M. (2009). *Análisis de los registros geográficos y taxonómicos mediante SIG en la colección de anfibios de la pontificia Universidad Javeriana*. (Thesis). Bogotá D. C.: Pontificia Universidad Javeriana, Faculty of Sciences, Department of Biology. 160 pp.
- MADS-Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2013). *Por el cual se reglamentan las colecciones biológicas*. Numeral 11 of article 189 of the Political Constitution and article 2 numeral 11 and 12 of Decree Law 3570 of 2011. 8 pp.
- McGinley, R. J. (1993). Where's the management in collections management? Planning for improved care, greater use, and growth of collections. In Rose, C. L., Williams, S. L. & Gisbert, J. (Eds.). *Current Issues, Initiatives, and Future Directions for the Preservation and Conservation of Natural History Collections*. Pp. 309-333. Madrid, Spain: Ministerio de Cultura.
- Paradell, D. & Defea, B. (2017). Indicadores de biodiversidad en colecciones científicas: diagnosis de la colección Cicadellidae (Insecta: Hemiptera) del Museo de La Plata, Argentina. *Caldasia*, 39(1), 19-32. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v39n1.54618>
- Ramírez, D. & Bernal, A. (2006). Protocolo para la preservación y manejo de colecciones biológicas. *Boletín Científico Museo de Historia Natural*, 10, 117-148.
- Rueda, L. (2005). *Índice de salud de la colección herpetológica del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*. Universidad del Magdalena. 22 pp.
- Serna-Botero, V. & Ramírez-Castaño, R. (2017). Curaduría y potencial de investigación de la colección herpetológica del museo de historia natural de la universidad de caldas, Manizales, Colombia. *Boletín científico Centro de Museos, Museo de Historia Natural*, 21, 138-153.
- Simmons, J. & Muñoz-Saba, Y. (2005). *Cuidado, manejo y conservación de las colecciones biológicas*. Bogotá D. C.: Conservación Internacional. 146 pp.
- Trujillo, E., Vargas, A. & Salazar, L. (2014). Clasificación, manejo y conservación de colecciones biológicas: una mirada a su importancia para la biodiversidad. *Momentos de Ciencia*, 11(2), 97-106.
- Vallejo, M. & Acosta, A. (2005). Aplicación de indicadores de conocimiento sobre biodiversidad para el diagnóstico y comparación de colecciones biológicas. *NOVA*, 3(4), 1-116. <https://doi.org/10.22490/24629448.336>
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M. & Umaña, A. M. (2006). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Bogotá, D. C.: Biodiversity Inventories Program. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá. 236 pp.

Julieth S. Cárdenas

Universidad de La Salle

Bogotá, Colombia

Juliethscardenas@gmail.com

<http://orcid.org/0000-0003-1076-5798>

Diana A. Delgadillo

Universidad de los Andes

Bogotá, Colombia

alexandradelgadillo@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-8144-193X>

Diagnosis of the status of the anuran collection at La Salle Museum, Bogotá, Colombia

Citación del artículo: Cárdenas, J.S. & Delgadillo, D.A. (2019). Diagnosis of the status of the anuran collection at La Salle Museum, Bogotá, Colombia. *Biota Colombiana*, 20(2), 105-119. DOI: [10.21068/c2019.v20n02a08](https://doi.org/10.21068/c2019.v20n02a08).

Recibido: 10 de noviembre de 2018

Aceptado: 29 de julio de 2019

Nota

Presencia de *Hemidactylus frenatus* y *Hemidactylus mabouia* (Squamata: Gekkonidae) en Leticia, Amazonia colombiana

Presence of *Hemidactylus frenatus* and *Hemidactylus mabouia* (Squamata: Gekkonidae) in Leticia, Colombian Amazon

José Rancés Caicedo Portilla 

Resumen

Se documenta la presencia del gecko casero común *Hemidactylus frenatus* en la ciudad de Leticia, Colombia. La especie posiblemente ingresó a esta región por vías aéreas o fluviales. Se registra a *H. frenatus* y *H. mabouia* coexistiendo en un punto del centro de la ciudad, donde *H. frenatus* parece estar desplazando a *H. mabouia*. Posiblemente, la especie se seguirá dispersando a otros centros poblados de la cuenca amazónica y podría, entrar a Brasil. *H. frenatus* podría llegar a dispersarse a hábitats naturales, como ha sucedido en otras regiones del mundo, lo cual sería desfavorable para las poblaciones de geckos y otros lagartos pequeños nativos de la Amazonia. Se deben realizar monitoreos constantes en Leticia para entender y rastrear los patrones de dispersión de esta especie en la cuenca amazónica.

Palabras clave. Colombia. Desplazamiento ecológico. Especies introducidas. Lagartos. Leticia.

Abstract

The Common House Gecko *Hemidactylus frenatus* is recorded for the first time in the city of Leticia, in Colombian Amazonia. The species probably reached this region through air and/or fluvial ways. *H. frenatus* and *H. mabouia* are recorded coexisting in downtown Leticia, where it seems to be displacing *H. mabouia*. *H. frenatus* will probably continue its dispersal to other populated centers in the Amazon, and will eventually reach Brazil. It could disperse into natural habitats, as it has happened elsewhere, causing an adverse impact on populations of native geckos and small lizards. Monitoring should be carried out in Leticia in order to understand and track the dispersal patterns of this species in the Amazon basin.

Keywords. Colombia. Ecological displacement. Introduced species. Lizards. Leticia.

Introducción

El género *Hemidactylus* es uno de los más diversos entre los lagartos, y uno de los más ampliamente distribuidos (Kluge, 2001; Carranza & Arnold, 2006; Giri & Bauer, 2008), con 149 especies en todo el mundo (Uetz *et al.*, 2018). Estos geos se distribuyen naturalmente en gran parte de los trópicos y las zonas subtropicales de Asia, África y el Pacífico, así como al norte del Mediterráneo y el norte de Suramérica. A América, al parecer, arribaron por medio de dispersión transatlántica natural (Kluge, 1969; Carranza & Arnold, 2006; Bauer *et al.*, 2010; Gamble *et al.*, 2010).

Hemidactylus es el grupo de reptiles con mayor número de casos de extensión de rango (Carranza & Arnold, 2006). Esto se debe principalmente a ocho especies responsables de la enorme distribución geográfica del género. Cinco de ellas (*H. angulatus*, *H. frenatus*, *H. garnotii*, *H. mabouia* y *H. turcicus*) parecen tener una gran capacidad de dispersión y plasticidad ecológica (Kluge, 1969). A excepción de *H. turcicus*, las otras especies se encuentran distribuidas en Colombia (Ayala, 1986; Caicedo-Portilla & Dulcey-Cala, 2011; Vásquez-Restrepo & Lapwong, 2018).

En la Amazonia colombiana se han registrado tres especies: *H. palaichthus* en el límite norte, departamento de Guainía (Vanzolini, 1978; Ayala, 1986); *H. mabouia*, el que más comúnmente se encuentra asociado a viviendas humanas en la mayor parte de la cuenca amazónica (Kluge, 1969; Ayala, 1986; Dixon & Soini, 1986; Ávila-Pires, 1995; Bock, 1996); y *H. frenatus*, registrado por Caicedo-Portilla & Dulcey-Cala (2011) en San Vicente del Caguán, departamento del Caquetá, en el noroccidente de la Amazonia colombiana.

Hemidactylus frenatus es nativo del sur y sureste de Asia, incluyendo el sur de la India, Sri Lanka, Bangladesh, Indochina, Tailandia, el occidente de Malasia e Indonesia (Lever, 2006). Aunque los límites exactos de

su distribución natural son inciertos (Case *et al.*, 1994; Lever, 2006; Tonione *et al.*, 2011), se trata de una especie del trópico asiático que se ha venido dispersando por todo el mundo en el último siglo, como resultado del aumento de las actividades comerciales, los viajes transoceánicos y el mejoramiento de los medios de transporte (Baptiste & Múnica, 2010; Hoskin, 2011). Actualmente es una de las especies con mayor rango de distribución en el planeta (Hoskin, 2011) y su dispersión continúa aceleradamente en las regiones donde se ha introducido, en tanto que, al parecer, sigue invadiendo nuevas áreas (Hoskin, 2011; Torres-Carvajal, 2015). En esta nota se registra la presencia de una población estable de *H. frenatus* en la ciudad de Leticia, y se señala su coexistencia allí con *H. mabouia*.

Materiales y métodos

Se hicieron búsquedas nocturnas sin restricción de tiempo en la ciudad de Leticia, Colombia, en febrero-abril y noviembre-diciembre de 2015. Los ejemplares de *H. frenatus* y *H. mabouia* se capturaron manualmente en las paredes exteriores de las casas y locales comerciales y se guardaron en bolsas de tela numeradas. Posteriormente, en el laboratorio del Instituto Sinchi se tomaron fotografías a algunos individuos. Los ejemplares fueron sacrificados con una inyección pericardíaca de Lidocaina al 2 %, fijados en formol al 10 %, preservados en etanol al 70 % y depositados en la colección de reptiles del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi (SINCHI-R) en Leticia.

En noviembre de 2015 se hicieron conteos en diferentes lugares de la ciudad, especialmente en el centro, donde se revisaron cuatro manzanas localizadas entre las carreras 8 y 10, y las calles 7 y 9 (numeradas de 1 a 4). En diciembre del mismo año se hizo un muestreo cerca al puerto civil y otro en el Aeropuerto Internacional Alfredo Vásquez Cobo. Durante estos muestreos se realizaron capturas y conteos de los ejemplares de las dos especies, así como la observación de las distintas

interacciones intra e interespecíficas. Para evitar la repetición en el conteo de ejemplares, los sitios fueron revisados una sola vez durante los muestreos. Las dos especies se diferenciaron porque *H. mabouia* presenta cola bandeada de color gris y una piel dorsal más tuberculada (Figura 1); así mismo, en esta especie las lamelas subdigitales del cuarto dedo del pie, no alcanzan la base del dedo (Kluge, 1969; Köhler, 2003; Krysko & Daniels, 2005).

En la elaboración del mapa se utilizaron los datos de la Amazonia presentados por Caicedo-Portilla & Dulcey-Cala (2011) y Torres-Carvajal (2015), los cuales fueron graficados con el registro que se presenta en este trabajo por medio del programa Quantum GIS versión 2.18.14z (QGIS Development team, 2017).

Resultados

El primer sitio de Leticia donde se detectó *H. frenatus* (Figura 1a) fue en un establecimiento comercial en el centro de la ciudad (Figura 2); este ejemplar se observó a finales de febrero de 2015, el 13 de marzo de ese mismo año se capturó el primer espécimen (SINCHI R 0455), y se pudieron observar otros tres individuos. El 23 de marzo se capturaron dos ejemplares en los locales aledaños a ese establecimiento; esa misma noche, en la manzana número 1, y parte de la manzana número 3 se pudieron observar al menos 30 individuos, pero no se observó ningún ejemplar de *H. mabouia*. Posteriormente, el 25 de abril se capturó otro ejemplar en el centro de Leticia; esa noche se observaron 20 ejemplares.

En las manzanas 1 y 3 del centro de Leticia solo se registró *H. frenatus*, en las manzanas 2 y 4 se encontraron ejemplares de las dos especies. En la manzana 4 se observaron algunos ejemplares de *H. mabouia* (Figura 1b) en un pasillo sin iluminación; alrededor de este pasillo, en los sitios iluminados, se encontraban ejemplares de *H. frenatus* (Figura 3).

En la manzana 2 se registró una mayor cantidad de *H. frenatus*, y se observó la presencia de las dos especies en dos establecimientos contiguos. Donde se encontraron las dos especies, se observó a un adulto de *H. mabouia* pasar por el lado de un adulto de *H. frenatus*, sin que hubiera interacción entre ellos. En la manzana 4, aunque no se registró coexistencia de las dos especies, sus densidades poblacionales fueron muy similares (Tabla 1).

Durante el mes de diciembre, en los locales que quedan cerca del puerto civil se registró un mayor número de *H. mabouia*, y solo se registraron dos ejemplares de *H. frenatus* en las paredes de un local comercial. En la zona externa de las bodegas solo se registraron subadultos, mientras que no se encontraron adultos en la zona de bodegas del aeropuerto (Tabla 1). Los ejemplares de *H. frenatus* se observaron en las paredes y vidrios de las casas y locales, entre 2 y 7 m de altura.

Tabla 1. Registros de *Hemidactylus frenatus* y *H. mabouia* en Leticia, Amazonas, Colombia.

Localidad	<i>H. frenatus</i>	<i>H. mabouia</i>	Tiempo muestreo (minutos)
Manzana 1	39	0	19:40-20:30 (50)
Manzana 2	49	3	19:15-19:45 (30)
Manzana 3	41	0	18:30-19:40 (70)
Manzana 4	8	7	19:45-20:25 (40)
Puerto civil	2	14	19:55-20:35 (40)
Aeropuerto	37	0	19:25-20:10 (45)
TOTAL	176	24	275



Figura 1. Vista general de lagartos del género *Hemidactylus* presentes en Leticia, Colombia. a. *H. frenatus* (SINCHI R 0479). b. *H. mabouia* (SINCHI R 0493).

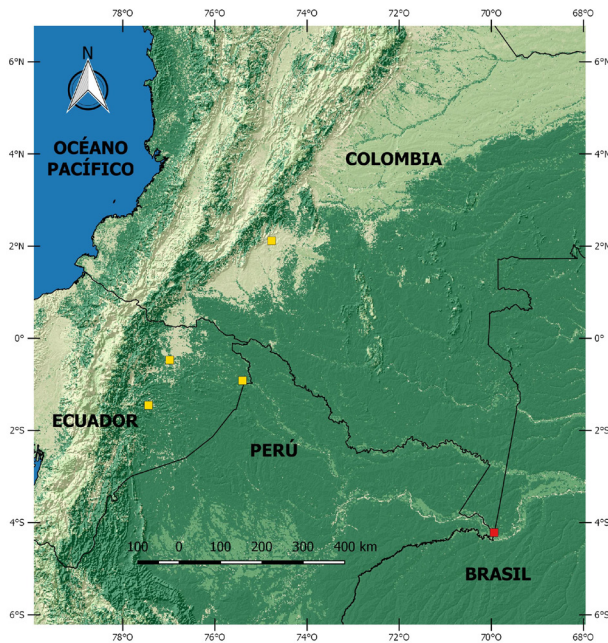


Figura 2. Registros de *Hemidactylus frenatus* en el noroccidente de la Amazonia colombiana. Los cuadros amarillos son registros de literatura (Caicedo-Portilla & Dulcey-Cala 2011, Torres-Carvajal, 2015). El cuadro rojo es el nuevo registro de Leticia.

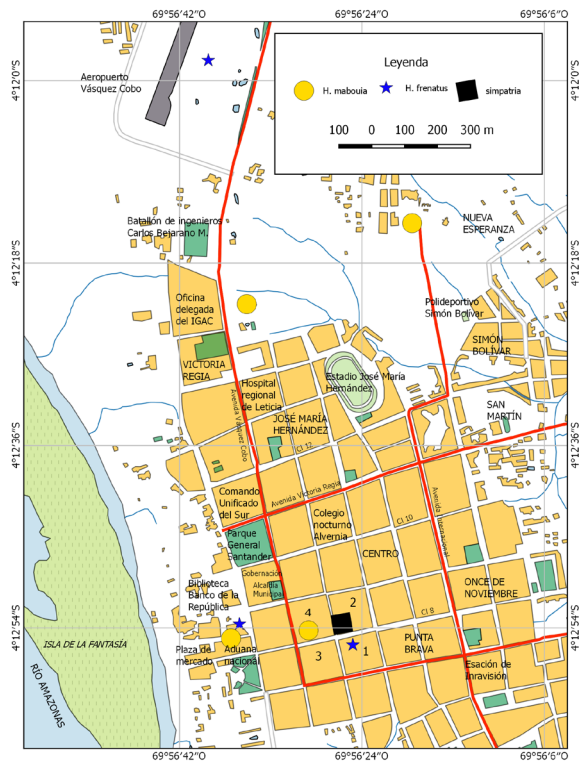


Figura 3. Mapa de Leticia, Colombia, con registros de geos del género *Hemidactylus*. Estrella azul, registros de *H. frenatus*. Círculo amarillo, registros de *H. mabouia*. Cuadrado negro, registro de simpatria entre las dos especies. Modificado del Mapa del departamento de Amazonas, Colombia. Instituto geográfico Agustín Codazzi (2008).

Discusión

La introducción de *Hemidactylus frenatus* a Leticia probablemente fue accidental, como lo argumenta Torres-Carvajal (2015) para Ecuador. La especie tiene gran habilidad para ampliar su área de distribución como polizón en los diferentes medios de transporte (Case *et al.*, 1994; Hoskin, 2011), así que pudo llegar por una o varias rutas, y no solo una vez, sino posiblemente varias veces.

No se tiene una fecha exacta de la introducción de *H. frenatus* a la ciudad. Sin embargo, en 2012 y 2014 el autor estuvo en Leticia 15 y 7 días, respectivamente, y en un sitio ubicado a ca. 100 m de la zona donde actualmente se encuentra la población establecida de *H. frenatus*, solo se observó a *H. mabouia*. En ese mismo sitio tampoco se encontró a *H. frenatus* en septiembre de 2015.

Hoskin (2011) menciona que no se puede datar el ingreso, establecimiento y dispersión de *H. frenatus* en Australia, debido entre otras razones a que los datos de registros son esporádicos, los esfuerzos no son iguales en el tiempo, y la especie se puede presentar en un sitio por algún tiempo antes de la detección o el registro, y no siempre se puede determinar si la especie se estableció y persistió en el sitio de registro. En el caso de *H. frenatus* en Leticia, se ha podido observar una gran cantidad de ejemplares de todas las edades en la zona céntrica y en el aeropuerto de la ciudad, lo que indica que la población está reproductivamente activa y establecida en esta parte de la ciudad.

Según Rödder *et al.* (2008), en su análisis de modelamiento de nicho ecológico actual, *H. frenatus* puede encontrar en la cuenca amazónica mejores condiciones climáticas. Bajo un escenario de cambio climático, en el año 2100 podría haber más hábitat disponible para *H. frenatus* que para *H. mabouia*, incluyendo la cuenca amazónica y el oriente de Colombia. Estos mismos autores mencionan que esta especie podría aumentar su dispersión en partes del norte y centro de Suramérica; sin embargo, *H. frenatus* se encuentra

ampliamente distribuido en las zonas bajas del norte de Colombia (Caicedo-Portilla & Dulcey-Cala, 2011; Torres-Carvajal, 2015) y solo ahora está dispersándose hacia la Amazonia colombiana.

H. frenatus podría desplazar a *H. mabouia* de las localidades que actualmente ocupa, ya que, en algunas partes del mundo es un fuerte competidor de otros geos introducidos y muchas veces desplaza a geos nativos (Bolger & Case, 1992; Case *et al.*, 1994; Petren *et al.*, 1993; Petren & Case, 1996; Cole *et al.*, 2005; Dame & Petren, 2006; Farr *et al.*, 2009), incluyendo a *H. mabouia* (Powell *et al.*, 1998). De momento, en algunas cuadras del centro de Leticia *H. frenatus* es ya más abundante que *H. mabouia*. En cambio, en algunos sectores del centro de la ciudad y los barrios periféricos todavía se observa sólo a *H. mabouia* en las paredes de las casas. Case *et al.* (1991) encontraron que *H. frenatus* desplazó *Lepidodactylus lugubris* en las islas del Pacífico y es más abundante en las zonas externas iluminadas de los edificios, que en el interior de los mismos. En el Pacífico tropical, *H. frenatus* caza cerca de las fuentes de luz, donde se concentran los insectos. Aunque la observación en Leticia fue aislada, podría estar sucediendo que *H. frenatus* esté desplazando de los mejores sitios de forrajeo (cerca de los bombillos de luz) a *H. mabouia*. Se requieren más muestreos para verificar esta hipótesis.

H. frenatus puede llegar a dispersarse a otros centros poblados de la Amazonia como Iquitos en Perú y Manaus en Brasil, ya que estos lugares mantienen un comercio fluvial dinámico con Leticia (transporte de pasajeros y mercancías). Se deben iniciar trabajos de seguimiento para evaluar la tasa de dispersión de *H. frenatus* en Leticia y en la conurbada ciudad brasileña de Tabatinga, ya que hasta el momento solo se encuentra localizado en unas cuadras del centro de la ciudad y una población aislada en el aeropuerto. Esto ayudaría a entender y rastrear los patrones de dispersión de esta especie en la cuenca amazónica, ya que podría tener un alto potencial invasor en la Amazonia.

Agradecimientos

A María Camila Velosa, Misael Rodríguez y Francisco Luque por la ayuda en la captura de algunos de los ejemplares de este estudio. Agradecimientos especiales a la familia Nieto Murillo propietarios del Estanco Mi Barrilito, por permitir adecuar el sitio en algunas ocasiones como centro de trabajo para la captura de los geckos en la ciudad de Leticia. A Gustavo Ballen por la ayuda en la traducción del resumen, A Claudia Juliana Dulcey por los comentarios hechos al manuscrito, y a Henry Alberto Suárez por la realización de los mapas. A los revisores anónimos, que con sus acertados comentarios han ayudado a darle una mejor estructura a este trabajo.

Referencias

- Avila-Pires, T. C. S. (1995). Lizards of Brazilian Amazonia (Reptilia: Squamata). *Zoologische Verhandelingen*, 299(1), 1-706.
- Ayala, S. C. (1986). Saurios de Colombia: lista actualizada, y distribución de ejemplares colombianos en los museos. *Caldasia*, 15(71-75), 555-575.
- Baptiste, M. P. & Múnera, C. (2010). Análisis de riesgo de vertebrados terrestres introducidos en Colombia. En Baptiste, M. P., Castaño, N., Cárdenas, D., Gutiérrez, F. P., Gil, D. L. & Lasso, C. A. (Eds). *Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia*. Pp: 149-199. Bogotá, D. C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Bauer, A. M., Jackman, T. R., Greenbaum, E., Giri, V. & De Silva, A. (2010). South Asia supports a major endemic radiation of *Hemidactylus* geckos. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 57(1), 343-352. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2010.06.014>
- Bock, C. B. (1996). Interclutch interval and egg aggregations in the tropical house gecko, *Hemidactylus mabouia*. *Herpetological Review*, 27, 181-183.
- Bolger, D. T. & Case, T. J. (1992). Intra- and interspecific interference behaviour among sexual and asexual geckos. *Animal Behaviour*, 44(1), 21-30. [https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(05\)80750-X](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(05)80750-X)
- Caicedo-Portilla, J. R. & Dulcey-Cala, C. J. (2011). Distribución del gecko introducido *Hemidactylus frenatus* (Duméril y Bribon 1836) (Squamata: Gekkonidae) en Colombia. *Biota Colombiana*, 12(2), 45-56.
- Carranza, S. & Arnold, E. N. (2006). Systematics, biogeography, and evolution of *Hemidactylus* geckos (Reptilia: Gekkonidae) elucidated using mitochondrial DNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 38(2), 531-545. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2005.07.012>
- Case T. J., Bolger, T. & Petren, K. (1994). Invasions and competitive displacement among house geckos in the tropical Pacific. *Ecology*, 75(2), 464-477. <https://doi.org/10.2307/1939550>
- Cole, N. C., Jones, C. G. & Harris, S. (2005). The need for enemy-free space: The impact of an invasive gecko on island endemics. *Biological Conservation*, 125(4), 467-474. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.04.017>
- Dame, A. E. & Petren, K. (2006). Behavioural mechanisms of invasion and displacement in Pacific island geckos (*Hemidactylus*). *Animal Behaviour*, 71(5), 1165-1173. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2005.10.009>
- Dixon, J. R. & Soini, P. (1986). *The reptiles of the upper Amazon basin, Iquitos region, Peru*. Wisconsin: Milwaukee: Milwaukee Public Museum. 154 pp.
- Farr, W. L., Lazcano, D. & Laviñ-Murcio, P. A. (2009). New distributional records for amphibians and reptiles from the state of Tamaulipas, Mexico II. *Herpetological Review*, 40(4), 459-467.
- Gamble, T., Bauer, A. M., Colli, G. R., Greenbaum, G., Jackman, T. R., Vitt, L. J. & Simons, A. M. (2010). Coming to America: multiple origins of New World geckos. *Journal of Evolutionary Biology*, 24(2), 231-244. <https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2010.02184.x>
- Giri, V. & Bauer, A. M. (2008). A new ground-dwelling *Hemidactylus* (Squamata: Gekkonidae) from Maharashtra, with a key to the *Hemidactylus* of India. *Zootaxa*, 1700, 21-34. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1700.1.2>
- Hoskin, C. J. (2011). The invasión and potential impact of the Asian house gecko (*Hemidactylus frenatus*) in Australia. *Austral Ecology*, 36(3), 20-251. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2010.02143.x>

- Köhler, G. (2008). *Reptiles of Central America* (2nd edition). Offenbach, Alemania: Herpeton Verlag Elke Kohler, 400 pp.
- Krysko, K. L. & Daniels, K. J. (2005). A key to the geckos (Sauria: Gekkonidae) of Florida. *Caribbean Journal of Science*, 41(1), 28-36.
- Kluge, A. G. (1969). The evolution and geographical origin of the New World *Hemidactylus mabouia-brookii* Complex (Gekkonidae, Sauria). *Miscellaneous Publications Museum of Zoology*, 138, 1-78.
- Kluge, A. G. (2001). Gekkotan lizard taxonomy. *Hamadryad*, 26(1), 1-209.
- Lever, C. (2006). *Naturalized Reptiles and Amphibians of the World*. New York, USA: Oxford University Press. 344 pp.
- Petren, K., Bolger, D. T. & Case, T. J. (1993). Mechanisms in the competitive success of an invading sexual gecko over an asexual native. *Science*, 259(5093), 354-358. <https://doi.org/10.1126/science.259.5093.354>
- Petren, K. & Case, T. J. (1996). An experimental demonstration of exploitation competition in an ongoing invasion. *Ecology*, 77(1), 118-132. <https://doi.org/10.2307/2265661>
- Powell, R., Crombie, R. I. & Boos, H. E. A. (1998). *Hemidactylus mabouia* (Moreau de Jonnes). Catalogue of American Amphibians and Reptiles. St. Louis, USA: Society for the Study of Amphibians and Reptiles 674.1-674.11.
- Qgis Development Team. (2017). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Recuperado de <http://qgis.osgeo.org>
- Rödger, D., Solé, M. & Böhme, W. (2008). Predicting the potential distributions of two alien invasive housegeckos (Gekkonidae: *Hemidactylus frenatus*, *Hemidactylus mabouia*). *North-Western Journal of Zoology*, 4(2), 236-246.
- Tonione, M. A., Reeder, N. & Moritz, C. C. (2011). High genetic diversity despite the potential for stepping-stone colonizations in an invasive species of gecko on Moorea, French Polynesia. *Plos One*, 6(11), e26874. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0026874>
- Torres-Carvajal, O. (2015). On the origin of South American populations of the common house gecko (Gekkonidae: *Hemidactylus frenatus*). *NeoBiota*, 27, 69-79. <https://doi.org/10.3897/neobiota.27.5437>
- Uetz, P., Freed, P. & Hošek J. (Eds.). (2018). The Reptile Database. Recuperado de <http://www.reptile-database.org>
- Vanzolini, P. E. (1978). On South American *Hemidactylus* (Sauria, Gekkonidae). *Papeis Avulsos de Zoologia*, 31(20), 307-343.
- Vásquez-Restrepo, J. D. & Lapwong, Y. (2018). Confirming the presence of a fourth species of non-native house gecko of the genus *Hemidactylus* Oken, 1817 (Squamata, Gekkonidae) in Colombia. *Check List*, 14(4), 665-669. <https://doi.org/10.15560/14.4.665>

José Rancés Caicedo Portilla

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas-Sinchi
Bogotá, Colombia

jcaicedo@sinchi.org.co

<https://orcid.org/0000-0001-5689-5657>

Presencia de *Hemidactylus frenatus* y *Hemidactylus mabouia* (Squamata: Gekkonidae) en Leticia, Amazonia colombiana

Citación del artículo: Caicedo-Portilla, J.R. (2019). Presencia de *Hemidactylus frenatus* y *Hemidactylus mabouia* (Squamata: Gekkonidae) en Leticia, Amazonía colombiana. *Biota Colombiana*, 20(2), 120-127. DOI: [10.21068/c2019.v20n02a09](https://doi.org/10.21068/c2019.v20n02a09).

Recibido: 15 de febrero de 2019

Aceptado: 8 de agosto de 2019

Nota

Primer registro de leucismo en *Dasyprocta fuliginosa* (Dasyproctidae, Rodentia) en Ecuador

First record of leucism in the *Dasyprocta fuliginosa* (Dasyproctidae, Rodentia) in Ecuador

Edison Gabriel Mejía Valenzuela 

Resumen

El leucismo es un desorden hipopigmentario congénito que ha sido descrito en varias especies de mamíferos silvestres, como una condición anormal e inusual. Se presenta el primer registro de *Dasyprocta fuliginosa* con leucismo y se discuten las posibles causas de esta condición.

Palabras clave. Coloración anómala. Dasyproctidae. Mamíferos neotropicales.

Abstract

Leucism is a congenital hypopigmentary disorder that has been described in several species of wild mammals, as an abnormal and unusual condition. The first record of *Dasyprocta fuliginosa* with leucism is presented and the possible causes of this condition are discussed.

Keywords. Abnormal Coloration. Dasyproctidae. Neotropical mammals.

Introducción

Los eventos anómalos de coloración en la fauna silvestre se documentan mediante la revisión de especímenes en museos y mediante el uso de cámaras trampa. En mamíferos sudamericanos, condiciones anómalas de pigmentación han sido reportadas en murciélagos (Geige & Pacheco, 2006), pequeños roedores (Pessoa & Barret, 1995; Cademartori & Pacheco, 1999; Camargo *et al.*, 2014), mamíferos medianos y cérvidos (Veiga, 1994; Rodríguez *et al.*, 1999; Vilges de Olivera, 2009; Abreu *et al.*, 2013). En Ecuador se ha reportado esta anomalía en aves (Cadena-Ortiz *et al.*, 2015), y en algunas especies de roedores pequeños (Brito & Valdivieso-Bermeo, 2016), murciélagos (De Córdova *et al.*, 2017) y peces (Mena-Valenzuela & Valdivieso-Riveira, 2016; Nugra *et al.*, 2018).

Una de estas alteraciones de coloración es el leucismo, que se caracteriza por la reducción o ausencia de pigmento integumentario en todo el cuerpo o en una parte de él, conservando la pigmentación en piel, retinas y uñas (Sazima & Di Bernardo, 1991; McCardle, 2012; Geiger & Pacheco, 2014; Brito & Valdivieso-Bermeo, 2016; Mena-Valenzuela & Valdivieso-Riveira, 2016; Nobile & Da Silva, 2016). Es controlado por un solo alelo recesivo, a diferencia del albinismo, que es causado por diferentes tipos de genes (McCardle, 2012). Su ocurrencia se asocia a factores ambientales, como hábitat con condiciones inadecuadas, dieta (Peles *et al.*, 1995) y contaminación (Moller & Mousseau, 2001). Los individuos con leucismo son, la mayoría de veces, reportados en poblaciones pequeñas y aisladas, donde la endogamia causa recesión de los alelos (Bensch *et al.*, 2000) y las tasas de sobrevivencia son bajas (Owen & Shimmings, 1992). La presente nota registra el primer caso conocido en Ecuador de leucismo en el agutí negro, *Dasyprocta fuliginosa*.

Materiales y métodos

El agutí negro (*Dasyprocta fuliginosa*) se distribuye desde la Amazonía de Colombia, Ecuador y Perú hasta la Ama-

zonía occidental de Brasil y el sur de Venezuela (Patton & Emmons, 2015; Catzefflis *et al.*, 2016). En Ecuador se encuentra entre los 200-1600 m s. n. m., en el bosque tropical y subtropical amazónico. Es de hábitos mayormente diurnos y juega un papel importante como dispersor de semillas (Tirira, 2017). Esta especie está catalogada como de Preocupación Menor, según el Libro Rojo de Mamíferos del Ecuador (Tirira, 2011) y la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN (Catzefflis *et al.*, 2016).

En los territorios de conectividad del Parque Nacional Yasuní (PNY) y la Reserva de Producción de Fauna Cuyabeno (RPFC), donde habitan las naciones indígenas kichwa y secoya, se registró, mediante una cámara trampa, la condición de leucismo en *D. fuliginosa* en la localidad de Santa Elena, junto al río Napo, en la provincia de Sucumbíos (0°25'13"S-76°9'17"O, 225 m s. n. m.). El sitio se eligió con base en los registros indirectos de paso de fauna silvestre y en las actividades de cacería de subsistencia (información del guía local). En esta zona las principales amenazas a la fauna silvestre son la cacería comercial selectiva y el tráfico de vida silvestre. Hay, además, otras amenazas importantes como la explotación de petróleo y madera, el crecimiento de la población, la expansión de la frontera agrícola, la fragmentación de ecosistemas, la pérdida del hábitat y el desarrollo de carreteras en áreas de gran biodiversidad (Bass *et al.*, 2010).

En noviembre del 2017 y enero del 2018, mientras se llevaba a cabo el monitoreo de fauna en los territorios de conexión de las áreas protegidas Yasuní y Cuyabeno, se instalaron 30 cámaras trampa en celdas al azar de 1 km² que fueron visitadas en dos ocasiones. Durante la primera se instalaron las cámaras y se recorrieron tres senderos de hasta 600 m, para identificar registros indirectos de fauna (e.g., huellas, rastros, rasguños). La segunda visita se realizó para retirar las cámaras trampa, 62 días después de su instalación, y para seleccionar una celdas adicional, que se muestrea únicamente a través de tres senderos.

Resultados

Con un esfuerzo de muestreo de 62 trampas-noche, se obtuvieron 705 fotografías, que incluyen 18 eventos independientes de *D. fuliginosa*, de los cuales 13 corresponden a individuos con coloración normal, y cinco corresponden a eventos de un mismo individuo con leucismo la localidad de Santa Elena.

El ejemplar fotografiado es un macho adulto, que presenta una mancha notoria de color blanco pálido que recorre el flanco derecho, el pecho y el flanco izquierdo. La coloración de las retinas y párpados fue normal (Figuras 1a y 1b). El presente registro constituye el primer caso de leucismo en *D. fuliginosa* y puede dar inicio a futuras investigaciones que determinen las causas de esta condición en las poblaciones silvestres.

Discusión

Los patrones de coloración en especies de fauna silvestre son adaptaciones ecológicas fundamentales para la sobrevivencia de las especies, porque facilitan el camuflaje, mimetismo, selección sexual y termorregulación (Caro,

2005; Mullen & Hoekstra, 2008; Protas & Patel, 2008; Hubbard *et al.*, 2010). En individuos con condiciones anómalas de coloración, como el leucismo, la condición se considera una desventaja, porque son más propensos a ser detectados por depredadores que los individuos que tienen coloración normal (Vignieri *et al.*, 2010).

El presente caso de leucismo podría deberse a factores de tipo ecológico y genético como una baja variabilidad genética y la prevalencia de endogamia, o a factores de estrés ambiental (Bensch *et al.*, 2000; Chętnicki *et al.*, 2007; McCardle, 2012; Brito & Valdiviezo-Bermeo, 2016; Mena-Valenzuela & Valdiviezo-Riveira, 2016). Los territorios de la comunidad kichwa de Santa Elena y otras comunidades aledañas que forman parte del Corredor Cuyabeno-Yasuní están afectadas por la fragmentación del bosque debido a proyectos extractivos, la cacería comercial y de subsistencia (selectiva) y la reducción de fragmentos de bosque poco frecuentados (Zapata, 2001; Cueva *et al.*, 2004; De la Montaña, 2013; Espinosa & Salvador, 2017; Espinosa *et al.*, 2018). Estos factores pueden favorecer la ocurrencia de individuos leucísticos en la región. Se requieren estudios encaminados a determinar las condiciones ambientales y ecológicas que están generando este tipo de condiciones en la fauna silvestre, específicamente en *D. fuliginosa*.



Figura 1. Condición de leucismo en individuo de *Dasyprocta fuliginosa* en Santa Elena, Sucumbíos, Ecuador. a. mancha blanquecina en el flanco derecho. b. mancha blanquecina en el flanco izquierdo

Agradecimientos

Agradezco al Proyecto Paisajes Vida Silvestre, del Ministerio del Ambiente, por el financiamiento para realizar este trabajo y por proveer de los insumos de campo necesarios. A los dirigentes de la comunidad kichwa de Santa Elena por permitirnos ingresar a sus territorios y desarrollar el estudio de monitoreo de fauna con cámaras trampa, a los guías locales, a la empresa estatal Petroamazonas E.P. por brindarnos las facilidades para llevar a cabo el monitoreo en sus áreas de intervención y a los guardaparques del Parque Nacional Yasuní y Reserva de Producción Faunística Cuyabeno por la colaboración y acompañamiento en la instalación y retiro de las cámaras trampa.

Referencias

- Abreu, M. S., Machado, R., Barbieri, F., Freitas, N. S. & Olivera, L. R. (2013). Anomalous color in Neotropical mammals: a review with new records for *Didelphis* sp. (Didelphidae, Didelphimorphia) and *Arctocepalus australis* (Otariidae, Carnivora). *Brazilian Journal of Biology*, 73(1), 85-194. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842013000100020>
- Bass, M. S., Finer, M., Jenkins, C. N., Kreft, H., Cisneros-Heredia, D. F., McCracken, S. F. & Di Fiore, A. (2010). Global conservation significance of Ecuador's Yasuní National Park. *PloS one*, 5, e8767. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0008767>
- Bensch, S., Hansson, B., Hasselquist, D. & Noelsen, B. (2000). Partial albinism in a semi-isolated population of Great Reed Warblers. *Hereditas*, 133(2), 167-170. <https://doi.org/10.1111/j.1601-5223.2000.t01-1-00167.x>
- Brito, J. & Valdivieso-Bermeo, K. (2016). First records of leucism in eight species of small mammals (Mammalia: Rodentia). *Therya*, 7(6), 483-489. <https://doi.org/10.12933/therya-16-408>
- Cademartori, C. V. & Pacheco, S. M. (1999). Registro de albinismo em *Delomys dorsalis* (Hensel, 1872)(Cricetidae, Sigmodontinae). *Biociências*, 7(1), 195-197.
- Cadena-Ortiz, H. F., Bahamonde-Vinueza, D., Cisneros-Heredia, D. F. & Buitrón-Jurado, G. (2015). Alteraciones de coloración en el plumaje de aves silvestres del Ecuador. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 7(2), 75-90. <https://doi.org/10.18272/aci.v7i2.259>
- Camargo, I., Rios, E., Cornejo-Latorre, C. & Álvarez-Castañeda, S. T. (2014). First record of leucism in the genus *Peromyscus* (Mammalia: Rodentia). *Western North American Naturalist*, 74(3), 366-369. <https://doi.org/10.3398/064.074.0301>
- Caro, T. I. M. (2005). The adaptive significance of coloration in mammals. *BioScience*, 55(2), 125-136. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2005\)055\[0125:TASOCI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2005)055[0125:TASOCI]2.0.CO;2)
- Catzefflis, F., Patton J., Percequillo, A. & Weksler, M. 2016. *Dasyprocta fuliginosa*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2016.
- Chętnicki, W., Fedyk, S. & Bajkowska, U. (2007). Cases of coat colour anomalies in the common shrew, *Sorex araneus* L. *Folia biologica*, 55(1-2), 73-76. <https://doi.org/10.3409/173491607780006308>
- Cueva, R., Ortiz, A. & Jorgenson, J. (2004). Cacería de fauna silvestre en el área de amortiguamiento del Parque Nacional Yasuní, Amazonía Ecuatoriana. In *Wildlife Conservation Society-WCS. Memorias del VI Congreso Internacional sobre Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonía y Latinoamérica*. Iquitos, Perú: Universidad Nacional de la Amazonia Peruana (UNAP), Durrell Institute of Conservación and Ecology (DICE).
- De Córdova, C. J. F., Niveló-Villavicencio, C. H. & Webster, P. X. A. (2017). Primer reporte de leucismo para *Artibeus fraterculus* (Chiroptera: Phyllostomidae) en Ecuador. *Revista Biodiversidad Neotropical*, 7(2), 114-118.
- De la Montaña Andrés, E. (2013). Cacería de subsistencia de distintos grupos indígenas de la Amazonía ecuatoriana. *Revista Ecosistemas*, 22(2), 84-96. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2013.22-2.13>
- Espinosa, S., Celis, G. & Branch, L. C. (2018). When roads appear jaguars decline: Increased access to an Amazonian wilderness area reduces potential for jaguar conservation. *PloS one*, 13, e0189740. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189740>
- Espinosa, S. & Salvador, J. (2017). Hunters' landscape accessibility and daily activity of ungulates in Yasuní Biosphere Reserve, Ecuador. *Therya*, 8(1), 45-52. <https://doi.org/10.12933/therya-17-444>

- Geiger, D. & Pacheco, S. M. (2006). Registro de albinismo parcial em *Nyctinomops laticaudatus* (E. Geoffroy, 1805) (Chiroptera: Molossidae) no Sul do Brasil. *Chiroptera Neotropical*, 12(1), 250-254.
- Hubbard, J. K., Uy, J. A. C., Hauber, M. E., Hoekstra, H. E. & Safran, R. J. (2010). Vertebrate pigmentation: from underlying genes to adaptive function. *Trends in Genetics*, 26(5), 231-239. <https://doi.org/10.1016/j.tig.2010.02.002>
- McCardle H. (2012). Albinism in wild vertebrates (Master Dissertation). San Marcos, USA: Texas State University.
- Mena-Valenzuela P. & Valdiviezo-Rivera, J. (2016). Leucismo en *Astroblepus ubidiai* (Pellegrin 1931) (Siluriformes: Astroblepidae), de la provincia de Imbabura, Ecuador. *Biota Colombiana*, 17(1), 131-135. <https://doi.org/10.21068/c2016v17r01a10>
- Nugra, F., Anaguano-Yancha, F., Arizaga, C., Zárate, E. & Brito, J. (2018). Leucismo en el pez *Lebiasina bimaculata* (Characiformes: Lebiasinidae) en Guayas, Ecuador. *Biota Colombiana*, 19(2), 133-139. <https://doi.org/10.21068/c2018.v19n02a12>
- Moller, A. P. & Mousseau, T. A. (2001). Albinism and phenotype of Barn Swallows form Chernobyl. *Evolution*, 55(10), 2097-2104. <https://doi.org/10.1111/j.0014-3820.2001.tb01324.x>
- Mullen, L. M. & Hoekstra, H. E. (2008). Natural selection along an environmental gradient: a classic cline in mouse pigmentation. *Evolution: International Journal of Organic Evolution*, 62(7), 1555-1570. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2008.00425.x>
- Nobile A. B. & Da Silva, R. J. (2016). Partial albinism in *Rhinelepis aspera* from the Upper Paraná Basin, Brazil, with a review of albinism in South American freshwater fishes. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(2), 531-534. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.04.005>
- Owen, M. & Shimmings, P. (1992). The occurrence and performance of leucistic Barnacle Geese *Branta leucopsis*. *Ibis*, 134(1), 22-26. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1992.tb07224.x>
- Patton, J. L. & Emmons, L. H. (2015). Family Dasyproctidae Bonaparte, 1838. *Mammals of South America*, 2, 733-762. <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226169606.001.0001>
- Peles, J. D., Licas, M. F. & Barret, G. W. (1995). Population dynamics of agouti and albino meadow voles in high-quality, grassland habitats. *Journal of Mammalogy*, 76(4), 1013-1019. <https://doi.org/10.2307/1382595>
- Pessoa, L. M. & Dos-Reis, S. F. (1995). Coat color variation in *Proechimys albispinus* (Geoffroy, 1838) (Rodentia, Echimyidae). *Boletim do Museu Nacional, Nova Série Zoologia*, 361, 1-5.
- Protas, M. E. & Patel, N. H. (2008). Evolution of coloration patterns. *Annual review of cell and developmental biology*, 24, 425-446. <https://doi.org/10.1146/annurev.cellbio.24.110707.175302>
- Rodrigues, F. H., Silveira, L., Jácomo, A. T. & Monteiro-Filho, E. L. (1999). Um albino parcial de veado campeiro (*Ozotoceros bezoarticus*, Linnaeus) no Parque Nacional das Emas, Goiás. *Revista Brasileira de Zoologia*, 16(4), 1229-1232. <https://doi.org/10.1590/S0101-81751999000400032>
- Sazima, I. & Di-Bernardo, M. (1991). Albinismo em serpentes neotropicais. *Memórias do Instituto Butantan*, 53, 167-173.
- Tirira, D. G. (2011). *Guatusa negra (Dasyprocta fuliginosa)*. En: *Libro Rojo de los mamíferos del Ecuador*. 2da. edición. Versión 1 (2011). Quito: Fundación Mamíferos y Conservación, Pontificia Universidad Católica del Ecuador y Ministerio del Ambiente del Ecuador.
- Tirira, D. G. (2017). *Guía de campo de los mamíferos del Ecuador*. 2a. ed. Quito: Editorial murciélago blanco.
- Veiga, L. A. (1994). A case of albinism in *Tayassu tajacu* Linnaeus (Artiodactyla, Tayassuidae) in Serra do Mar, São José dos Pinhais, Paraná. *Revista Brasileira de Zoologia*, 11(2), 341-343. <https://doi.org/10.1590/S0101-81751994000200019>
- Vignieri, S. N., Larson, J. G. & Hoekstra, H. E. (2010). The selective advantage of crypsis in mice. *Evolution*, 64(7), 2153-2158. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2010.00976.x>
- Vilges de Olivera S. (2009). Albinismo parcial em cutia *Dasyprocta azarae* (Rodentia, Dasyproctidae), no sul do Brasil. *Biotermas*, 22(4), 243-246. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2009v22n4p243>
- Zapata-Ríos, G. (2001). Sustentabilidad de la cacería de subsistencia: el caso de cuatro comunidades quichuas en la Amazonía nororiental ecuatoriana. *Journal Neotropical. Mammal*, 8(1), 59-66.

Edison Gabriel Mejía Valenzuela
Ministerio del Ambiente
Quito, Ecuador
fishocol@yahoo.com
<https://orcid.org/0000-0002-6565-3737>

Primer registro de leucismo en *Dasyprocta fuliginosa* (Dasyproctidae, Rodentia) en Ecuador

Citación del artículo: Mejía-Valenzuela, E.G. (2019). Primer registro de leucismo en *Dasyprocta fuliginosa* (Dasyproctidae, Rodentia) en Ecuador. *Biota Colombiana*, 20(2), 128-133. DOI: [10.21068/c2019.v20n02a10](https://doi.org/10.21068/c2019.v20n02a10).

Recibido: 28 de marzo de 2019

Aceptado: 8 de agosto de 2019

Lista anotada de Bombicoideos (Lepidoptera: Bombycoidea) del Parque Nacional Natural Utría, Chocó, Colombia

Annotated checklist of Bombicoids (Lepidoptera: Bombycoidea) in the Utría National Natural Park, Chocó, Colombia

Liliana Prada Lara , Yenny Correa-Carmona , Alejandra Clavijo Giraldo , Sergio Andrés Vargas  y Ariel Dumar Parrales 

Resumen

Se presenta una lista anotada de especies de las familias Bombycidae, Saturniidae y Sphingidae recolectadas en el Parque Nacional Natural Utría, Chocó, Colombia. El muestreo se realizó en cuatro hábitats del parque durante 31 días, utilizando una trampa de luz con un bombillo de vapor de mercurio. Se registraron 35 especies: 19 Saturniidae, 15 Sphingidae y 1 Bombycidae. Por primera vez se registran 18 especies para el departamento del Chocó. Se resaltan los registros de las especies *Syssphinx chocoensis*, endémica del Chocó colombiano, *Manduca dalica dalica* depositada por primera vez en una colección colombiana y el quinto instar de *Isognathus scyron*. El número de individuos recolectados concuerda con la hipótesis de la fobia lunar. El presente trabajo es la primera aproximación a la diversidad de estas familias para el Parque Nacional Natural Utría.

Palabras clave. Biodiversidad. Chocó Biogeográfico. Fases lunares. Hábitats. Polillas.

Abstract

We present an annotated checklist of the species of Bombycidae, Saturniidae and Sphingidae collected in the Utría National Natural Park, Chocó, Colombia. We used mercury light trap for 31 days in four different habitats. We found 35 species: 19 Saturniidae, 15 Sphingidae and 1 Bombycidae. Eighteen species are recorded for the first time in the department of Chocó. These include the Chocó endemic *Syssphinx chocoensis*, the first specimen of *Manduca dalica dalica*, in a Colombian collection, and the fifth instar of *Isognathus scyron*. Our results agree with the lunar phobia hypothesis. This work is the first approach to the diversity of these families in the Utría National Park.

Keywords. Biodiversity. Chocó Biogeographical region. Habitats. Moon phases. Moths.

Introducción

Los lepidópteros son el segundo orden más diverso dentro de la clase Insecta, con aproximadamente 157 424 especies descritas en el mundo (Nieukerken *et al.*, 2011). Dentro del orden, cerca del 11 % son mariposas pertenecientes a la superfamilia Papilionoidea. El resto de las superfamilias, que conforman el 89 % del grupo, son conocidas como polillas, para las cuales el conocimiento es más restringido, ya que la mayoría presenta hábitos nocturnos, lo que suele dificultar su estudio (Kawahara *et al.*, 2017).

Sin embargo, la superfamilia Bombycoidea ha sido muy atractiva para investigadores y aficionados por agrupar a las polillas de mayor tamaño y de gran variedad en patrones de coloración y formas. De acuerdo con Kitching *et al.* (2018), esta superfamilia es una de las más estudiadas en el orden, y está compuesta por 10 familias, con alrededor de 12 159 especies descritas en el mundo y cerca de 500 géneros presentes en el Neotrópico. Además, varias especies dentro del grupo son conocidas por tener importancia en términos de bioindicación y conservación, importancia económica, médica y agrícola (Vélez, 1997; Pineda *et al.*, 2001; Moré *et al.*, 2005; Gómez, 2014; Correa-Carmona *et al.*, 2015). Estas polillas han sido estudiadas en Colombia, destacándose los trabajos para las familias Saturniidae (Amarillo, 2000) y Sphingidae (Correa-Carmona *et al.*, 2015).

Aun así, poco se conoce sobre la fauna de esta superfamilia en áreas protegidas de Colombia, y en particular el departamento del Chocó, considerado como una “zona hotspot de biodiversidad” (Decaëns *et al.*, 2003). Este trabajo está enfocado en documentar registros de especies de las familias Bombycidae, Saturniidae y Sphingidae del Parque Nacional Natural Utría (PNN Utría), considerado único por sus condiciones biológicas de endemismo y diversidad de especies (Velásquez *et al.*, 2006).

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el Parque Nacional Natural Utría, que comprende los municipios de Bahía Solano, Nuquí, Alto Baudó y Bojayá, en el departamento del Chocó. El PNN Utría tiene una extensión de 54 380 ha, con cuatro ecosistemas: arrecifes de coral, manglares, bosque húmedo tropical y medio marino. Además, comprende altitudes desde los 0 a 1200 m s.n.m. Se realizó el muestreo entre el 15 de agosto y el 14 de septiembre de 2017 en localidades con diferente tipo de cobertura de bosque: (1) Entrada Sendero Cocalito/ Borde de playa, (2) Puente Esterogrande/ Ecosistema de Manglar, (3) Sector La Aguada/ Borde de playa y (4) Centro de guía turístico (CGT)/ Ecosistema Bosque Húmedo Tropical (Figura 1).

Se utilizó una única trampa de luz para el muestreo con un bombillo de vapor de mercurio de 220 V reflejada en una sábana de color blanco, el cual estuvo encendido entre las 19:00 y las 05:00 h. Siguiendo a Villareal *et al.* (2004), los especímenes se sacrificaron con una inyección en el tórax de ETOH al 75 % y se depositaron en papel milano dentro de cajas herméticas con sílica-gel para su conservación.

Para la identificación taxonómica se siguió la clasificación de Kitching (<http://sphingidae.myspecies.info/>) para la familia Sphingidae, Lemaire (1978, 1980, 1987, 2002) para la familia Saturniidae y descripciones originales (Forbes, 1939) para la familia Bombycidae. Los especímenes se depositaron en la colección Entomológica del Museo de Historia Natural de la Pontificia Universidad Javeriana (MPUJ_ENT).

La lista anotada de las especies se organizó en orden alfabético indicando: 1) nombre de la especie con su respectivo autor o autores y año de publicación, 2) foto del espécimen, si se presenta, 3) datos de los especímenes registrados en el PNN Utría y su número del catálogo en la colección MPUJ_ENT, y 4) comentarios sobre la especie.

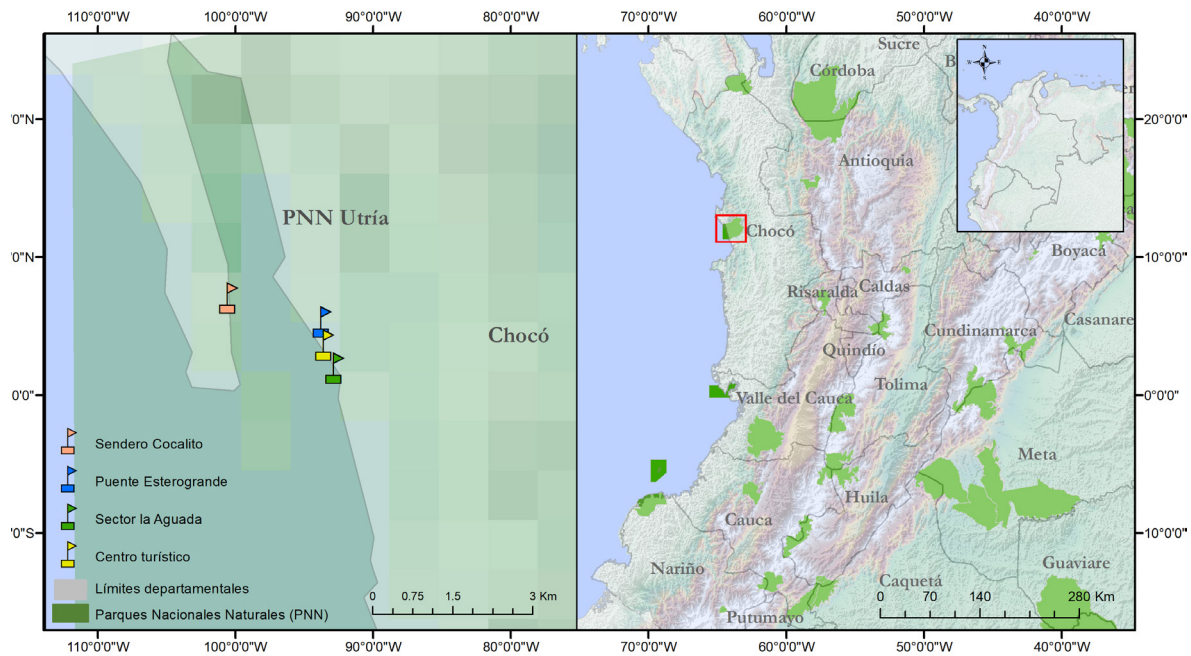


Figura 1. Mapa de las localidades muestreadas para Bombycidae, Saturniidae y Sphingidae en el Parque Nacional Natural Utría, Chocó, Colombia.

Resultados

Se recolectaron 63 ejemplares, los cuales corresponden a 25 géneros y 35 especies (Anexo 1). Para la familia Bombycidae solo se registró la especie *Epia muscosa*, que comprende el primer registro para el departamento del Chocó. Para Saturniidae, de las cinco subfamilias presentes en Colombia (Amarillo, 2000), en el parque se encontraron tres: Arsenurinae, Ceratocampinae y Hemileucinae, representadas en 13 géneros y 19 especies. Finalmente, para la familia Sphingidae se registraron las tres subfamilias reportadas para el país (Correa-Carmona et al., 2015): Smerinthinae, Sphinginae y Macroglossinae reflejadas en 11 géneros y 15 especies. En cuanto al género *Adhemarius*, la identificación de los individuos no fue posible hasta la categoría de especie, ya que este grupo es de difícil identificación taxonómica debido a su variabilidad fenotípica (Daghmoumi, 2018), por lo que para lograr identificar y delimitar correctamente las especies recolectadas es necesario un análisis molecular (Com. pers. Ian Kitching).

Lista anotada de especies

Familia Bombycidae

Epia muscosa (Butler, 1878) (Figura 2A)

Especímenes registrados. 1 ♂. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Puente Esterogrande, Segunda Estación. 06°01'08" N- 77°21'44" O, 6 m s.n.m. 15 ago-14 sep 2017, L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0048680.

Especie relativamente común, con ciclo de vida conocido y documentado (Janzen & Hallwachs, <http://janzen.sas.upenn.edu>). Se encuentra en Centroamérica y Suramérica. Nuevo registro para el departamento del Chocó.

Familia Saturniidae

Adeloneivaia boisduvalii (Domet, 1859) (Figura 2B)

Especímenes registrados. 1 ♂. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Playa La Aguada. 06°00' 41" N- 77°20'35" O, 0 m s.n.m. 15 ago-14 sep 2017, L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0048615.

Se caracteriza por el naranja oscuro del ala anterior en ambos sexos y por la presencia de un pequeño punto discal blanco en los machos mientras que en las hembras puede ser una pequeña línea negra (Lemaire, 1987). Registrada en los departamentos de Chocó, Valle del Cauca, Antioquia y Meta (Amarillo, 2000; Decaëns *et al.*, 2003).

Adelowalkeria caeca Lemaire, 1969 (Figura 2C)

Especímenes registrados. 1 ♂. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Puente Esterogrande, Segunda Estación. 06°01'08" N- 77°21'44" O, 6 m s.n.m. 15 ago-14 sep 2017, L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0048620.

Especie endémica de la región del Pacífico y el noroccidente de los Andes (Decaëns *et al.*, 2003). En Colombia se ha registrado en los departamentos de Santander y Valle del Cauca (Amarillo, 2000). Nuevo registro para el departamento del Chocó. Encontrada en manglar a las 4:33 h el 12 de septiembre de 2017.

Automeris belti Druce, 1886 (Figura 2D)

Especímenes registrados. 2 ♂. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Puente Esterogrande, Segunda Estación. 06°01'08" N- 77°21'44" O, 6 m s.n.m. 15 ago-14 sep 2017, L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0047750, MPUJ_ENT 0047654.

Habita en bosques húmedos (Lemaire, 2002) y se ha registrado para los departamentos de Chocó, Valle del Cauca, Nariño y Antioquia (Amarillo, 2000). Encontrada en manglar a la 1:00 h el 11 de septiembre de 2017.

Automeris exigua Lemaire, 1977

Especímenes registrados. 2 ♂. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Puente Esterogrande, Segunda Es-

tación. 06°01'08" N- 77°21'44" O, 6 m s.n.m. 15 ago-14 sep 2017, L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0047753, MPUJ_ENT 0047849.

Larvas gregarias en todos sus estadios; se han documentado casos de erucismo por el tacto con la oruga (Gómez, 2014). Registrada en los departamentos del Chocó, Nariño, Cundinamarca y Valle del Cauca (Amarillo, 2000). Encontrada en manglar a las 24:20 h el 22 de agosto de 2017.

Automeris postalbida Schaus, 1900 (Figura 2E)

Especímenes registrados. 1 ♂. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Entrada Sendero Cocalito. 06°01'42" N- 77°21'36" O, 0 m s.n.m. 15 ago-14 sep 2017, L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0047845.

Ciclo de vida conocido y documentado (Janzen & Ha-Illwachs, <http://janzen.sas.upenn.edu>). Su distribución en el país incluye los departamentos de Valle del Cauca, Chocó y Nariño (Amarillo, 2000). Encontrada en alturas a nivel del mar en la entrada al sendero de Cocalito.

Automeris zugana Druce, 1886

Especímenes registrados. 1 ♂. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Puente Esterogrande, Segunda Estación. 06°01'08" N- 77°21'44" O, 6 m s.n.m. 15 ago-14 sep 2017, L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0047846.

Su distribución en el país incluye los departamentos de Chocó, Antioquia y Valle del Cauca (Amarillo, 2000). Encontrada en manglar a las 5:00 h el 22 de agosto de 2017.

Cerodirphia candida Lemaire, 1969

Especímenes registrados. 3 ♂. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Puente Esterogrande, Segunda Estación. 06°01'08" N- 77°21'44" O, 6 m s.n.m. 15 ago-14 sep 2017, L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0047752, MPUJ_ENT 0047847, MPUJ_ENT 0047656.

Según [Lemaire \(2002\)](#), se encuentra en zonas bajas y se ha registrado en los departamentos de Caldas, Valle del Cauca y Chocó ([Amarillo, 2000](#)). Registrada en manglar a las 5:00 h el 25 de agosto de 2017.

Dirphia somniculosa (Cramer, 1777) ([Figura 2F](#))

Especímenes registrados. 1 ♂. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Puente Esterogrande, Primera Estación. 06°01'08" N- 77°21'44" O, 6 m s.n.m. 15 ago-14 sep 2017, L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0047749.

Distribuida en Colombia, Venezuela y Ecuador. Las plantas hospederas de las larvas pertenecen a las familias Salicaceae y Ericaceae ([Lemaire, 2002](#)). Nuevo registro para el departamento del Chocó. Encontrada en manglar a las 5:00 h el 18 de agosto de 2017.

Eacles imperialis anchicayensis Lemaire, 1988 ([Figura 2G](#))

Especímenes registrados. 2 ♂. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Puente Esterogrande, Segunda Estación. 06°01'08" N- 77°21'44" O, 6 m s.n.m. 15 ago-14 sep 2017, L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0048617, MPUJ_ENT 0048618.

Es una de las especies representativas del occidente de los Andes ([Lemaire, 1987](#)). Ampliamente distribuida en Colombia, registrada en Chocó, Caldas, Antioquia, Tolima, Cundinamarca, Valle del Cauca y Nariño ([Amarillo, 2000](#)). Encontrada en manglar a las 21:30 h el 18 de agosto de 2017.

Eacles ormondei niepelti Draudt, 1930 ([Figura 2H](#))

Especímenes registrados. 1 ♂. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Entrada Sendero Cocalito. 06°01'42" N- 77°21'36" O, 0 m s.n.m. 15 ago-14 sep 2017, L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0048616.

Especie representativa del occidente de los Andes en Ecuador y Perú ([Lemaire, 1987](#)). Registrada en Chocó, Nariño y Valle del Cauca ([Amarillo, 2000](#); [Decaëns et al.,](#)

[2003](#)). Encontrada en el borde de playa del sendero de Cocalito a las 21:40 h el 25 de agosto de 2017.

Hylesia rosacea Schaus, 1911 ([Figura 2I](#))

Especímenes registrados. 2 ♂. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Puente Esterogrande, Segunda Estación. 06°01'08" N- 77°21'44" O, 6 m s.n.m. 15 ago-14 sep 2017, L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0047655, MPUJ_ENT 0047751.

Se conoce muy poco de su historia natural y distribución ([Lemaire, 2002](#)). Encontrada en manglar.

Molippa nibasa Maassen & Weyding, 1885 ([Figura 2J](#))

Especímenes registrados: 1 ♂. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Puente Esterogrande, Segunda Estación. 06°01'08" N- 77°21'44" O, 6 m s.n.m. 15 ago-14 sep 2017, L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0048643.

Según [Lemaire \(2002\)](#), esta especie se alimenta de plantas pertenecientes a las familias Fabaceae y Salicaceae y se puede diferenciar de *Molippa sabina* por las estructuras de la genitalia. Encontrada en manglar.

Othorene purpurascens (Schaus, 1905) ([Figura 2K](#))

Especímenes registrados. 1 ♂. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Puente Esterogrande, Segunda Estación. 06°01'08" N- 77°21'44" O, 6 m s.n.m. 15 ago-14 sep 2017, L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0048619.

Posee una amplia distribución, la cuál va desde México hasta el Sur de Brasil ([Lemaire, 1987](#)). Citada en Colombia para los departamentos de Chocó, Meta, Valle del Cauca y Nariño ([Amarillo, 2000](#); [Decaëns et al., 2003](#)). Encontrada en manglar.

Syssphinx chochoensis Lemaire, 1988 ([Figura 2L](#))

Especímenes registrados. 1 ♂. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Puente Esterogrande, Sexta Estación.

06°01'15.1" N- 77°21'16.7" O, 6 m s.n.m. 15 ago-14 sep 2017, L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0048644.

Es endémica del departamento del Chocó (Lemaire, 1987; Amarillo, 2000; 2007). Se encuentra en la categoría nacional de vulnerable VU; se desconoce su ecología y su principal amenaza es la desaparición de los bosques (Amarillo, 2007). Encontrada en manglar a la 1:22 h el 30 de agosto de 2017.

Rhescyntis hippodamia (Cramer, 1777) (Figura 2M)

Especímenes registrados. 1 ♂. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Entrada Sendero Cocalito. 06°01'42" N- 77°21'36" O, 0 m s.n.m. 15 ago-14 sep 2017, L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0048645. 1 ♂. Puente Esterogrande, Segunda Estación, 6 m s.n.m. MPUJ_ENT 0048647. 1 ♀ Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Playa La Aguada, 0 m s.n.m. MPUJ_ENT 0048646.

Ciclo de vida conocido y documentado (Janzen & Hallwachs, <http://janzen.sas.upenn.edu>). Registrada para Colombia en los departamentos de Chocó, Valle del Cauca, Nariño y Caquetá (Amarillo, 2000). Encontrada en manglar, borde de playa y borde de bosque entre las 24:00 h y las 4:00 h el 21 y 25 de agosto de 2017.

Schausiella toulgoeti Lemaire, 1969 (Figura 2N)

Especímenes registrados. 1 ♂. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Entrada Sendero Cocalito. 06°01'42" N- 77°21'36" O, 0 m s.n.m. 15 ago-14 sep 2017, L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0048622. 2 ♂. Puente Esterogrande, 6 m s.n.m. MPUJ_ENT 0048621, MPUJ_ENT 0048623.

Esta especie se encuentra en las tierras bajas del pacífico colombiano (Lemaire, 1987), en los departamentos de Chocó y Valle del Cauca (Amarillo, 2000). Especímenes encontrados en manglar y entrada al Sendero de Cocalito entre las 22:00 h y las 24:00 h el 21 y 25 de agosto de 2017.

Titaea tamerlan nobilis (Schaus, 1912) (Figura 2O)

Especímenes registrados. 2 ♂. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Puente Esterogrande, Segunda Estación. 06°01'08" N- 77°21'44" O, 6 m s.n.m. 15 ago-14 sep 2017, L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0048650, MPUJ_ENT 0048648. 1 ♂. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Entrada Sendero Cocalito. 06°01'42" N- 77°21'36" O, 0 m s.n.m. 15 ago-14 sep 2017, L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0048649.

Se encuentra en Centroamérica y en los Andes (Lemaire, 1980). Registrada en Chocó, Antioquia, Nariño, Caquetá y Meta (Amarillo, 2000). Se encontró en manglar y borde de playa del sendero Cocalito entre las 24:00 y las 2:00 h el 21 y 25 de agosto de 2017.

Familia Sphingidae

Aellopos titan titan (Cramer, 1777) (Figura 3A)

Especímenes registrados. 1 ♂, 1 ♀. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Puente Esterogrande, Primera Estación. 06°01'08" N- 77°21'44" O, 6 m s.n.m. 15 ago-14 sep 2017, L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0048653, MPUJ_ENT 0048654. 1 ♀. Casa Guardaparques. 5 m s.n.m., L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0048652.

Especie de comportamiento diurno, registrada en Colombia entre 0 y 2600 m s. n. m. Es común observarla en vuelo en zonas bajas cerca de costas o de cuerpos de agua, donde sumergen su cuerpo con frecuencia (Correa-Carmona *et al.*, 2015). Encontrada en manglar y en el centro de guía turístico del parque.

Callionima nomiis (Walker, 1856) (Figura 3B)

Especímenes registrados. 6 ♂. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Puente Esterogrande, Primera Estación. 06°01'08" N- 77°21'44" O, 6 m s.n.m. 15 ago-14 sep 2017, L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0048664, MPUJ_ENT 0048663, MPUJ_ENT 0048659, MPUJ_ENT 0048662, MPUJ_ENT 0048660, MPUJ_ENT 0048661. 1 ♂. Playa La Aguada. 06°00' 41" N- 77°20'35" O, 0 m s.n.m. 15 ago-14 sep 2017, L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0048665.

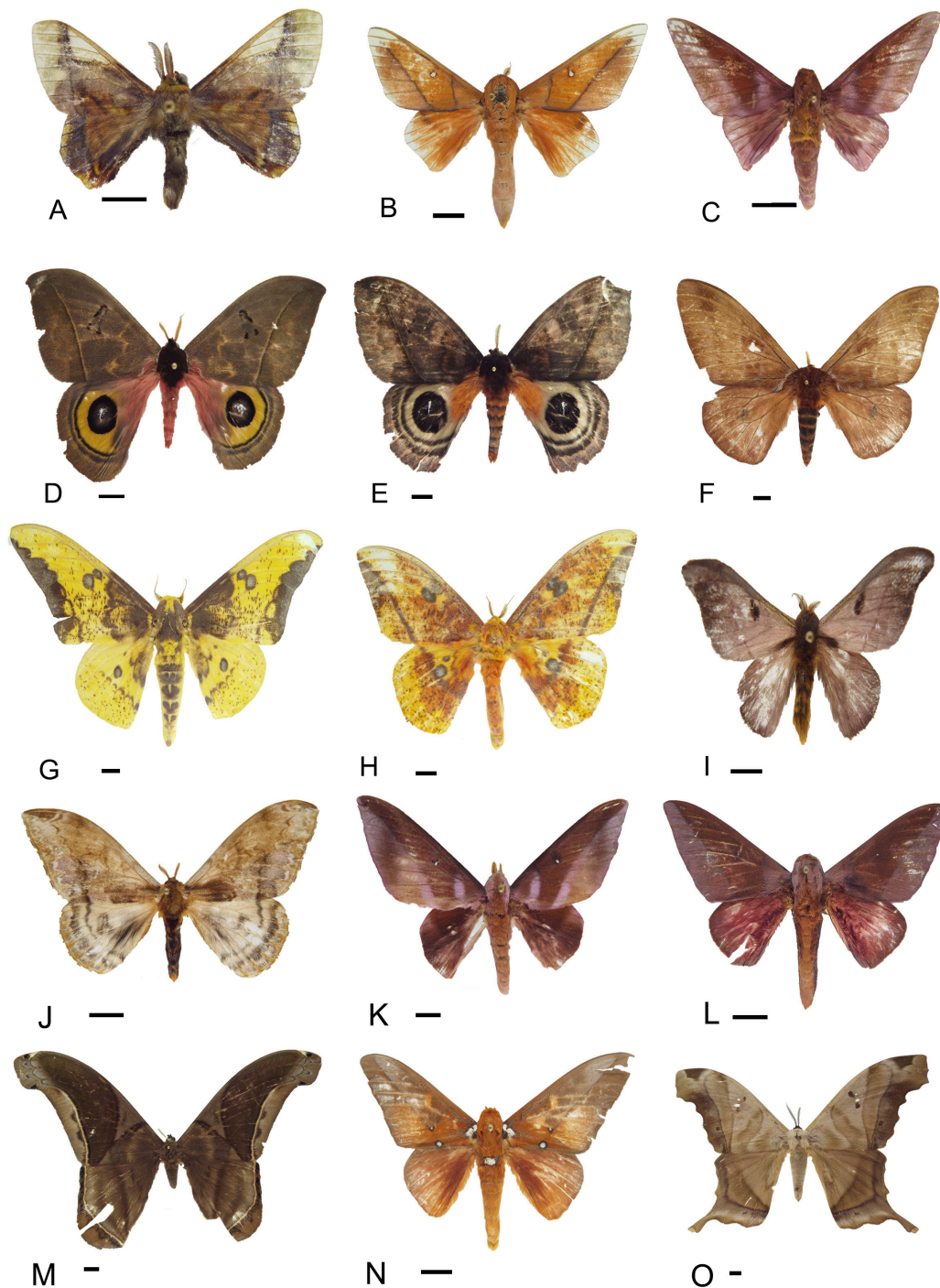


Figura 2. Bombycidos y Saturnídeos del Parque Nacional Natural Utría, Chocó, Colombia. Escala de 1 cm. A, *Epia muscosa* (♂). B, *Adeloneivaia boisduvalii* (♂). C, *Adelowalkeria caeca* (♂). D, *Automeris belti* (♂). E, *Automeris postalbida* (♂). F, *Dirphia somniculosa* (♂). G, *Eacles imperialis anchicayensis* (♂). H, *Eacles ormondei niepelti* (♂). I, *Hylesia rosacea* (♂). J, *Molippa nibasa* (♂). K, *Othorene purpurascens* (♂). L, *Syssphinx chocoensis* (♂). M, *Rhescyntis hippodamia* (♂). N, *Schasiella toulgoeti* (♂). O, *Titaeta tamerlan nobilis* (♂).

Especie mayormente de hábitos crepusculares (Haxaire & Herbin, 1999). Según los reportes de Correa-Carmona *et al.* (2015), este es un nuevo registro para el departamento del Chocó. Encontrada en manglar y borde de playa del sector La Aguada.

Callionima pan pan (Cramer, 1779) (Figura 3C)

Especímenes registrados. 1 ♂. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Playa La Aguada. 06°00' 41" N- 77°20'35" O, 0 m s.n.m.. 15 ago-14 sep 2017, L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0048666.

Simpátrica con *Callionima denticulata* en el occidente del país, siendo en muchos casos difícil la diferenciación entre las especies (Kitching & Cadiou, 2000). Según los reportes de Correa-Carmona *et al.* (2015), esta especie es un nuevo registro para el departamento del Chocó. Se reporta únicamente un macho al borde de la playa del sector La Aguada.

Erinnyis alope alope (Drury, 1773) (Figura 3D)

Especímenes registrados. 1 ♂. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Puente Esterogrande, Primera Estación. 06°01'08" N- 77°21'44" O, 6 m s.n.m. 15 ago-14 sep 2017, L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0048651.

Registrada en los departamentos de Amazonas, Antioquia, Chocó, Cundinamarca, Meta, Norte de Santander, Putumayo, Santander, Tolima y Valle del Cauca (Correa-Carmona *et al.*, 2015). Se recolectó en manglar.

Isognathus scyron (Cramer, 1780) (Figura 4)

Especímenes registrados. Quinto instar. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría. Centro de Guía Turístico. Ecosistema Bosque Húmedo Tropical. 06°00'56.4" N- 77°20'19.01" O, 6 m s.n.m. 15 ago-14 sep 2017. L. Prada & S. Vargas.

Se ha observado a las larvas alimentarse de *Allamanda cathartica* y formando un capullo de hojas secas antes de empupar (Oehlke, <http://www.silkmoths.bizland.com/>

[Sphinx/iscyron.htm](http://www.silkmoths.bizland.com/Sphinx/iscyron.htm)). Los adultos presentan dimorfismo sexual. Es la especie más común del género en la Guayana Francesa, pero algunas veces está ausente por largos periodos (Haxaire & Rasplus, 1987). Esta especie se ha reportado para el país en el departamento del Meta y en el PNN Gorgona (Calero *et al.*, 2014); por lo tanto se amplía su rango de distribución en el país.

Manduca dalica dalica (Kirby, 1877) (Figura 3E)

Especímenes registrados. 3 ♂. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Puente Esterogrande, Segunda Estación. 06°01'08" N- 77°21'44" O, 6 m s.n.m. 15 ago-14 sep 2017, L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0048671, MPUJ_ENT 0048670, MPUJ_ENT 0048672.

Son poco comunes los registros en colecciones y en campo (Haxaire, 1990). Esta especie se deposita por primera vez en una colección nacional, reportándose anteriormente cerca al Río Dagua (Rothschild & Jordan, 1903). Nuevo registro para el departamento del Chocó. Encontrada en manglar a las 5:00 h el 22 de agosto de 2017.

Manduca albiplaga (Walker, 1856) (Figura 3F)

Especímenes registrados. 1 ♂. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Playa La Aguada. 06°00' 41" N- 77°20'35" O, 0 m s.n.m. 15 ago-14 sep 2017, L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0048673.

Las larvas presentan comportamiento gregario (Oehlke, <http://www.silkmoths.m.bizland.com/Sphinx/malbipla.htm>). Entre las plantas hospederas se reportan especies de las familias Anonaceae, Lamiaceae, y del género *Cordia* (Boraginaceae) (Haxaire & Rasplus, 1987). Nuevo registro para el departamento del Chocó; registrada anteriormente solo para el departamento de Santander (Correa-Carmona *et al.*, 2015).

Pachylia syces syces (Hubner, 1819) (Figura 3G)

Especímenes registrados. 1 ♂. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Entrada Sendero Cocalito. 06°01'42" N- 77°21'36" O. 15 ago-14 sep 2017. 0 m s.n.m. L. Prada

& S. Vargas. MPUJ_ENT 0048667. 1 ♂. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Playa La Aguada. 06°00' 41" N- 77°20'35" O, 0 m s.n.m.. 15 ago-14 sep 2017, L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0048673.

Uno de los esfíngidos más comunes en el país, tanto en estadio inmaduro como en adulto. Presenta varias generaciones en el año (multivoltina) y se ha observado la larva alimentándose del falso laurel (*Ficus benjamina*), una especie introducida de la familia Moraceae (Oelhke, <http://www.silkmoths.bizland.com/psycesyc.htm>). Nuevo registro para el departamento del Chocó.

Neococytius cluentius (Cramer, 1775) (Figura 3H)

Especímenes registrados. 1 ♂. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Puente Esterogrande, Segunda Estación. 06°01'08" N- 77°21'44" O, 6 m s.n.m. 15 ago-14 sep 2017, L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0048674.

Género monotípico. Es un nuevo registro para el departamento del Chocó. Encontrada en manglar a las 22:00 h el 21 de agosto de 2017.

Phryxus caicus (Cramer, 1777) (Figura 3I)

Especímenes registrados. 3 ♂, 1 ♀. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Puente Esterogrande, Segunda Estación. 06°01'08" N- 77°21'44" O, 6 m s.n.m. 15 ago-14 sep 2017, L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0048658, MPUJ_ENT 0048657, MPUJ_ENT 0048656, MPUJ_ENT 0048655.

Género monotípico. Nuevo registro para el departamento del Chocó. Encontrada en manglar.

Protambulyx goeldii Rothschild & Jordan, 1903

Especímenes registrados. 2 ♂. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Puente Esterogrande, Primera Estación. 06°01'08" N- 77°21'44" O, 6 m s.n.m. 15 ago-14 sep 2017, L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0048676, MPUJ_ENT 0048675.

Especie descrita de un ejemplar del occidente de Colombia (Rothschild & Jordan, 1903). Registrada para el departamento de Vaupés (Iorio & Haxaire, 1999), y Caquetá (Correa-Carmona *et al.*, 2015). Nuevo registro para el departamento del Chocó.

Xylophanes undata Rothschild & Jordan, 1903 (Figura 3J)

Especímenes registrados. 1 ♂. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Puente Esterogrande, Segunda Estación. 06°01'08" N- 77°21'44" O, 6 m s.n.m. 15 ago-14 sep 2017, L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0048678.

Registrada en Antioquia, Caquetá, Meta, Cauca, Putumayo y Santander (Correa-Carmona *et al.*, 2015). Nuevo registro para el departamento del Chocó. Encontrada en manglar a las 22:00 h el 8 de septiembre de 2017.

Xylophanes thyelia (Linnaeus, 1758) (Figura 3K)

Especímenes registrados. 1 ♂. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Puente Esterogrande, Segunda Estación. 06°01'08" N- 77°21'44" O, 6 m s.n.m. 15 ago-14 sep 2017, L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0048679.

Las dos subespecies *X. thyelia thyelia* y *X. thyelia salvini* se encuentran en el país; sin embargo, sus límites de distribución no son claros y para poder diferenciarlas es necesario un análisis molecular (Com. pers. Ian Kitching).

Xylophanes pistacina (Boisduval, 1875) (Figura 3L)

Especímenes registrados. 1 ♂. Colombia, Chocó, Bahía Solano, PNN Utría, Puente Esterogrande, Segunda Estación. 06°01'08" N- 77°21'44" O, 6 m s.n.m. 15 ago-14 sep 2017, L. Prada & S. Vargas. MPUJ_ENT 0048677.

Nuevo registro para el departamento del Chocó. Esta especie cuenta con pocos registros en el país (Correa-Carmona *et al.*, 2015). En el PNN Utría se registró a una altitud de 0-10 m s. n. m. en manglar, a las 24:00 h el 11 de septiembre de 2017.

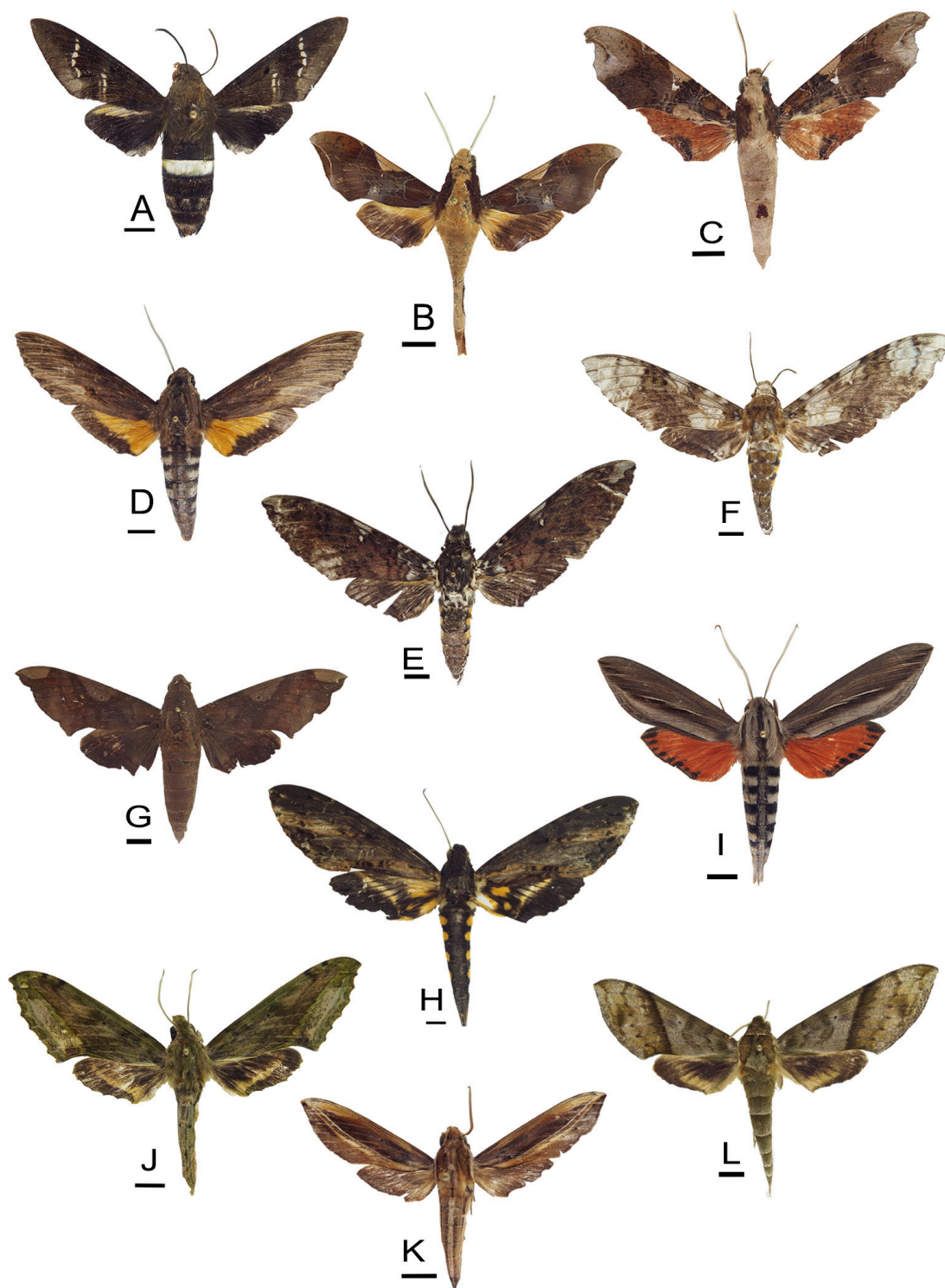


Figura 3. Esfíngidos del Parque Nacional Natural Utría, Chocó, Colombia. Escala de 1 cm. A, *Aellopos titan* (♂). B, *Callionima nomiis* (♂). C, *Callionima pan pan* (♂). D, *Erinnyis alope alope* (♂). E, *Manduca dalica dalica* (♂). F, *Manduca albiplaga* (♂). G, *Pachylia syces syces* (♂). H, *Neococytius cluentius* (♂). I, *Phryxus caicus* (♂). J, *Xylophanes undata* (♂). K, *Xylophanes thyelia* (♂). L, *Xylophanes pistacina* (♂).



Figura 4. Quinto instar de *Isognathus scyron*. Tomada en el Centro de Guía Turístico del Parque Nacional Utría, Chocó, Colombia, a las 12:00 h el 30 de agosto de 2017.

Discusión

El Chocó biogeográfico constituye uno de los puntos con mayor diversidad biológica en el mundo (Rangel-Ch, 2015) y para poder determinar la importancia de conservar especies y áreas geográficas, se hace necesario tener un conocimiento detallado de la distribución espacial de los organismos que allí se encuentran.

Nuestro trabajo es el primero en realizar una lista de especies de polillas de la superfamilia Bombycoidea en la región pacífica del Sistema de Parques Nacionales de Colombia. Dentro del inventario realizado en el PNN Utría, se ampliaron los rangos geográficos de 18 especies para las familias Bombycidae, Saturniidae y Sphingidae (Anexo 1), siendo la base para futuras investigaciones acerca de los cambios en la distribución de estos organismos en el espacio y el tiempo.

A pesar de los esfuerzos realizados por diferentes investigadores en el país para la recolección de datos faunísticos de polillas, aún existen áreas pobremente estudiadas. Esto nos lleva a realizar de forma cautelosa la comparación de fauna con la única investigación para satúrnidos en la región del Chocó biogeográfico, llevada a cabo por Decaëns *et al.* (2003). Allí, 59 especies de satúrnidos fueron registrados entre los meses de agosto y octubre en el municipio de San José de Palmar (Chocó), en altitudes entre los 1200

y los 1500 m s. n. m. Adicionalmente, los autores hacen énfasis en lo poco que se conoce de los satúrnidos en la zona costera del Chocó. Debido a esto, nuestro trabajo fue enfocado en el muestreo en localidades cercanas al nivel del mar, registrándose especies que no se encontraron en San José del Palmar como: *Adelowalkeria caeca*, *Automeris postalbida*, *Schausiella toulgoeti* y *Syssphinx choocoensis*.

Nuestros resultados concuerdan con lo propuesto por Janzen (1984), quien advierte que en la trampa de luz es más probable encontrar a machos que a hembras. De los 31 satúrnidos capturados, solo 1 era una hembra, y de los 31 esfingidos recolectados solo 3 fueron hembras. Probablemente los machos estaban buscando hembras para copular mientras que las hembras buscaban plantas hospederas para ovipositar (Janzen, 1984).

Al compararse el número de individuos recolectados en la trampa de luz en las diferentes localidades y fases lunares evaluadas, se corrobora la hipótesis de la fobia lunar, propuesta por Janzen (1984). Este autor explica que las polillas vuelan en línea recta con un ángulo constante teniendo un punto de referencia y orientación, como la luna y las estrellas. Si en una noche de luna nueva se pone un bombillo en mitad del bosque, la polilla usará esa luz como punto de referencia, donde su vuelo que va en un ángulo constante se convertirá en una espiral y terminará por llegar a la trampa. Por el contrario, en

una noche de luna llena, la trampa de luz no tendrá ningún efecto en la orientación y vuelo de las polillas, pues se ha demostrado que los esfíngidos acortan su actividad y el número de saturnidos que llega a las trampas se ve disminuido (Janzen, 1984). En el PNN Utría, el mejor muestreo del mes se obtuvo durante la luna nueva, con 18 individuos recolectados, mientras que en los muestreos con luna llena no se capturaron especímenes (Figura 5). Sin embargo, Nowinszky *et al.* (2010) proponen una nueva hipótesis en la que plantean que la disminución en la actividad de las polillas y la iluminación lunar se debe a una relación entre el ciclo de vida de cada especie y las fases de la luna, razón por la cuál es de importancia conocer los ciclos de vida para cada especie.

En el ecosistema de manglar del parque, se registró la especie endémica del Chocó *Syssphinx chocoensis*, la cual se encuentra en la categoría de vulnerable (Amarillo, 2007). Actualmente se carece de estimaciones sobre polillas endémicas y su existencia en los manglares colombianos, así como de la región del pacífico colombiano en general, lo que dificulta el diseño de planes de manejo, leyes eficaces frente a la protección de especies y hábitats y la adecuada aplicación de las ya existentes. Según Benito & García-Barros (2005),

la riqueza, rareza o endemismo de especies pueden extrapolarse definiendo la diversidad de un grupo, siempre y cuando las unidades geográficas estén bien muestreadas. Debido a que nuestro muestreo fue en un periodo de tiempo muy corto, con las mismas condiciones climáticas y únicamente en la zona costera del parque, recomendamos a futuros investigadores realizar más muestreos en diferentes condiciones paisajísticas, temporales y de monitoreo. Esto permitirá tener más insumos sobre la fauna de polillas del área protegida y su importancia en el país.

Agradecimientos

Agradecemos a la Vicerrectoría de Investigación y a la Facultad de Ciencias de la Pontificia Universidad Javeriana; a Parques Nacionales de Colombia, en especial a los funcionarios del Parque Nacional Natural Utría, Henry Pinzón y Ángela Melo; a los profesores Dimitri Forero y Giovanni Fagua; a Ian Kitching y Ángela Amarillo, por su ayuda en la identificación y corroboración taxonómica de algunos ejemplares; a Beatriz Rodríguez, por su asesoría en la cartografía. La recolección del material se realizó bajo el permiso de recolección No. 0546 otorgado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales.

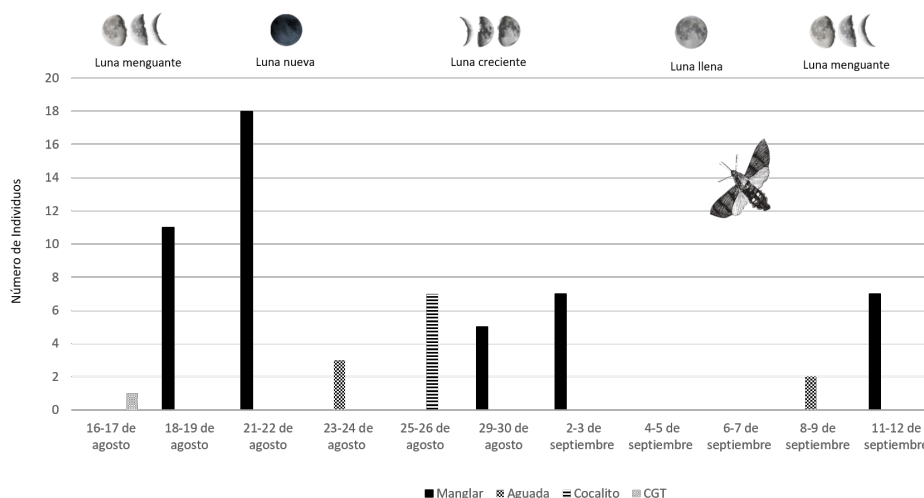


Figura 5. Relación entre número de individuos de polillas recolectados en trampa de luz en el Parque Nacional Utría, Chocó, Colombia, y las fases lunares.

Anexo 1. Listado de especies de Bombycidae, Saturniidae y Sphingidae y su abundancia en el Parque Nacional Natural Utría. Las localidades corresponden a Centro de Guía Turístico (CGT), Entrada al Sendero Cocalito (Cocalito), Sector Puente Esterogrande (Manglar) y Playa La Aguada (Aguada). * Nuevo registro para el departamento del Chocó.

Taxón	LOCALIDADES			
	CGT	Cocalito	Manglar	Aguada
BOMBYCIDAE				
<i>Epia muscosa</i> *			1	
SATURNIIDAE				
<i>Adeloneivaia boisduvalii</i>				1
<i>Adelowalkeria caeca</i> *			1	
<i>Automeris belti</i>			2	
<i>Automeris exigua</i>			1	
<i>Automeris postalbida</i>		1		
<i>Automeris zugana</i>			1	
<i>Cerodirphia candida</i>			3	
<i>Dirphia somniculosa</i> *			1	
<i>Eacles imperialis anchicayensis</i>			2	
<i>Eacles ormondei niepelti</i> *		1		
<i>Hylesia rosacea</i> *			2	
<i>Hylesia</i> sp. 1			1	
<i>Hylesia</i> sp. 2			2	
<i>Molippa nibasa</i>			1	
<i>Othorene purpurascens</i> *			1	
<i>Rhescyntis hippodamia</i>		1	1	1
<i>Schausiella toulgoeti</i>		1	2	
<i>Syssphinx chocoensis</i>			1	
<i>Titaea tamerlan nobilis</i>		2	1	
SPHINGIDAE				
<i>Adhemarius</i> sp.			2	
<i>Aellopos titan</i>	1		2	
<i>Callionima nomius</i> *			6	1
<i>Callionima pan pan</i> *			1	
<i>Erinnyis alope alope</i>			1	
<i>Isognathus scyron</i> *	1			
<i>Manduca albiplaga</i> *				1
<i>Manduca dalica dalica</i> *			3	

<i>Neococcytius cluentius</i> *		1
<i>Pachylia syces syces</i> *	1	1
<i>Phryxus caicus</i> *		4
<i>Protambulyx goeldii</i> *		2
<i>Xylophanes pistacina</i> *		1
<i>Xylophanes thylia</i> *		1
<i>Xylophanes undata</i> *		1

Referencias

- Amarillo, A. (2000). Polillas Saturniidas (Lepidoptera: Saturniidae) de Colombia. *Biota Colombiana*, 1(2), 177-186.
- Amarillo, A. (2007). Mariposas diurnas y nocturnas. En: Amat-García, G., Andrade-C, G., Amat-García, C. (Eds.). *Libro Rojo de invertebrados terrestres de Colombia*. Pp. 49. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Conservación Internacional Colombia, Instituto Alexander von Humboldt, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Benito H.R & García-Barros E. (2005). Distribución e intensidad de los estudios faunísticos sobre las mariposas diurnas en la Península Ibérica e Islas Baleares (Lepidoptera, papilionoidea y hesperioidea). *Grasiella*, 61(1), 37-50. <https://doi.org/10.3989/graellsia.2005.v61.i1.5>
- Calero-Mejía, H., Armbrecht, I. & Montoya-Lerma, J. (2014). Mariposas diurnas y nocturnas (Lepidoptera: Papilionoidea, Saturniidae, Sphingidae) del Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico Colombiano. *Revista Biología Tropical*, 62 (1), 317-328. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i0.16351>
- Correa-Carmona, Y., Vélez-Bravo, A. & Wolff, M. (2015). Current status of knowledge of Sphingidae Latreille, 1802 (Lepidoptera: Bombycoidea) in Colombia. *Zootaxa*, 3987(1), 1-73. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3987.1.1>
- Daghmoumi, S.M. (2018). *A molecular phylogeny of the tribe Ambulycini (Family Sphingidae)*. (Thesis). London: University of Middlesex, Academic department of Natural Sciences. 24 pp.
- Decaëns, Th., Bonilla, D., Amarillo, A., Wolfe, K., Brosch, U. & Naumann, S. (2003). Diversidad de Saturniidae (Lepidoptera) en la selva andina de San José del Palmar (Alto Chocó, Colombia). *Boletín Científico, Museo de Historia Natural. Manizales*, 7, 58-59.
- Forbes, W.T.M. (1939). The Lepidoptera of Barro Colorado Island, Panama. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, 85, 99-322.
- Gómez, J. (2014). Lepidopterismo y erucismo en Colombia. *Biosalud*, 13(2), 59-83.
- Haxaire, J. (1990). Le genre *Manduca* Hübner (1807) en Guyane française. Approche écologique et remarques systématiques (Lepidoptera Sphingidae). *Bulletin de la Société des Sciences Naturelles*, 66, 1-7.
- Haxaire, J. & Herbin, D. (1999). Les Lépidoptères Sphingidae de Bolivie. Ecologie et systématique. Suite et fin. *Revue de l'Association Rousillonaise d'Entomologie*, 10(3), 80-95.
- Haxaire, J. & Rasplus, J.Y. (1987). Contribution à la connaissance des Sphingidae de Guyane Française. 1re partie. *Bulletin de la Société Entomologique de France*, 91, 275-285.
- Iorio, A. & Haxaire, J. (1999). Une nouvelle espèce de Sphingidae pour la Colombie. (Lepidoptera Sphingidae). *Lambillionea*, 1, 139-141.
- Janzen, D.H. (1984). Two ways to be a tropical moth: Santa Rosa saturniids and sphingids. *Oxford Surveys in Evolutionary Biology*, 1, 85-144.
- Kawahara, A., Plotkin, D., Hamilton, C., Gough, H., St Laurent, R., Owens, H., Homziak, N., Barber, J. (2017). Diel behavior in moths and butterflies: a synthesis of data illuminates the evolution of temporal activity. *Organisms Diversity & Evolution*, 18(1), 13-27. <https://doi.org/10.1007/s13127-017-0350-6>
- Kitching, J. & Cadiou, M. (2000). *Hawkmoths of the world: An annotated and illustrated revisionary checklist*

- (*Lepidoptera: Sphingidae*). Ithaca: The Natural History Museum, London & Cornell University Press. 227 pp.
- Kitching, I., Rougerie, R., Zwick, A., Hamilton, C., St Laurent, R., Naumann, S., Ballesteros, L. & Kawahara, A. (2018). A global checklist of the Bombycoidea (Insecta: Lepidoptera). *Biodiversity Data Journal* 6: e22236. <https://doi.org/10.3897/BDJ.6.e22236>
- Lemaire, C. (1978). *Les Attacidae Américains Attacinae*. París: Édition Neully-sur-Seine. 238 pp.
- Lemaire, C. (1980). *Les Attacidae Américains Arsenurinae*. París: Édition Neully-sur-Seine. 199 pp.
- Lemaire, C. (1987). *Les Attacidae Américains Ceratocampinae*. París: Édition Neully-sur-Seine. 416 pp.
- Lemaire, C. (2002). *The Saturniidae of America - Hemileucinae*. Keltern, Goecke & Evers. 1388 pp.
- Moré, M., Kitching, I.J. & Cocucci, A.A. (2005). *Sphingidae: Esfíngidos de Argentina / Hawkmoths of Argentina*. Buenos Aires: L.O.L.A. (Literature of Latin America). 184 pp.
- Nieukerken, E.J., Kaila, L., Kitching, I.J., Kristensen, N.P., Lees, D.C., Minet, J., Mitter, C., Mutanen, M., Regier, J., Simonsen, T., Wahlberg, N., Yen, S., Zahiri, R., Adamski, D., Baixeras, J., Bartsch, D., Bengtsson, B., Brown, J., Bucheli, S., Davis, D., De Prins, J., De Prins, W., Epstein, M., Gentili-Poole, P., Gielis, C., Hättenschwiler, P., Hausmann, A., Holloway, D., Kallies, A., Karsholt, O., Kawahara, A., Koster, S., Kozlov, M., Lafontaine, J., Lamas, G., Landry, J., Lee, S., Nuss, M., Park, K., Penz, C., Rota, J., Schintlmeister, A., Schmidt, C., Sohn, J., Solis, M., Tarmann, G., Warren, A., Weller, S., Yakovlev, R., Zolotuhin, V. & Zwick, A. (2011). "Order Lepidoptera" Linnaeus, 1758. En: Zhang, Z.-Q. (Ed.) *Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*. *Zootaxa*, 3148, 212-221
- Nowinszky, L., Petranyi, G. & Puskas, J. (2010). The relationship between lunar phases and the emergence of adult brood of insects. *Applied ecology and environmental research*, 8(1), 51-62. https://doi.org/10.15666/aer/0801_051062
- Pineda, D., Amarillo, A., Becerra, J. & Montenegro, G. (2001). Síndrome hemorrágico por contacto con orugas del género *Lonomia* (Saturniidae) en Casanare, Colombia: informe de dos casos. *Biomédica*, 21, 328-32. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v21i4.1125>
- Rangel-Ch, J.O. (2015). La biodiversidad de Colombia: significado y distribución regional. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 39(51), 176-200. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.136>
- Rothschild, L.W. & Jordan, K. (1903). A revision on the Lepidoptera family Sphingidae. *Novitates Zoologicae*, 9(suppl.), 1-972.
- Velásquez, H., Orjuela, M., Delgado, A., Tobón, A., Gil, A., Cano, H., Martínez, F., Restrepo, L., Aramburo, S., Pérez, J., Abadía, M., Nagles, J., Moya, J. & Vidal, F. (2006). *Parque Nacional Natural Utría, Plan de Manejo para los años 2007-2011: Utría un territorio para la vida y la fraternidad intercultural*. Medellín, Colombia: Dirección Territorial Noroccidente. 223 pp.
- Vélez, A. (1997). *Plagas agrícolas de impacto económico en Colombia: economía y manejo integrado*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia. 482 pp.
- Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina M. & Umaña, A. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de la biodiversidad*. Bogotá: Instituto de investigación en recursos biológicos Alexander Von Humboldt. 236 pp.

Liliana Prada Lara

Pontificia Universidad Javeriana
Bogotá, Colombia
lilianapradalara@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8108-9654>

Yenny Correa-Carmona

Universidad de Antioquia
Medellín, Colombia
biomorfo@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2009-8729>

Alejandra Clavijo Giraldo

Universidad Nacional de Colombia
Medellín, Colombia
biologiamclg@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2415-7232>

Sergio Andrés Vargas

Pontificia Universidad Javeriana
Bogotá, Colombia
vargas.sergio020@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6716-905X>

Ariel Dumar Parrales

Pontificia Universidad Javeriana
Bogotá, Colombia
dumar7@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-7058-0897>

Lista anotada de Bombicoideos (Lepidoptera: Bombycoidea) del Parque Nacional Natural Utría, Chocó, Colombia

Citación del artículo: Prada-Lara, L., Correa-Carmona, Y., Clavijo-Giraldo, A., Vargas, S. & Dumar-Parrales, A. (2019). Lista anotada de Bombicoideos (Lepidoptera: Bombycoidea) del Parque Nacional Natural Utría, Colombia. *Biota Colombiana*, 20(2), 134-149. DOI: [10.21068/c2019.v20n02a11](https://doi.org/10.21068/c2019.v20n02a11).

Recibido: 10 de enero de 2019

Aceptado: 29 de agosto de 2019

Guía para autores

El envío de un manuscrito implica la declaración explícita por parte del autor o los autores de que este no ha sido previamente publicado, ni aceptado para su publicación en otra revista u otro órgano de difusión científica. Todas las contribuciones son de la entera responsabilidad de sus autores y no del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, ni de la revista o sus editores.

Los trabajos pueden estar escritos en español, inglés o portugués, aunque preferimos que los autores escriban en inglés, para acelerar el proceso de publicación y tener mayor visibilidad e impacto. Los manuscritos no deben exceder de 25 páginas (párrafo espaciado a 1,5 líneas), incluyendo tablas, figuras y anexos.

De particular interés para la revista son las descripciones de especies nuevas para la ciencia, nuevos registros geográficos, listados de especies temáticos o regionales, inventarios, bases de datos relacionados con biodiversidad, colecciones biológicas y reportes de muestreo. Se reciben manuscritos que sean artículos científicos de investigación, así como notas de actualidad, reseñas, novedades bibliográficas y artículos de datos.

Un Artículo de Datos o *Data Paper* es un tipo de publicación académica que surgió como un mecanismo para incentivar la publicación de datos sobre biodiversidad. Como su nombre lo sugiere, este tipo de artículos se basan en la descripción de un conjunto de datos primarios, y aunque no es una investigación científica *sensu stricto*, se espera que contengan información acerca de la historia del conjunto de datos (propósito del mismo, metodología sobre la toma de los datos, financiadores, coberturas taxonómicas y geográficas, etc.) y sobre su valor y utilidad (básica o aplicada) para la comunidad científica. Lo novedoso y venta-

joso de este modelo de publicación es que el manuscrito siempre está vinculado al conjunto de datos, a través de un enlace a un repositorio web persistente y confiable, el IPT (*Integrated Publishing Toolkit*). Adicionalmente los metadatos que describen ese conjunto de datos y que están documentados en la misma herramienta, deben citar el artículo de datos.

Se recomienda someter un artículo de datos cuando los datos a los que hace referencia son primarios, originales y están restringidos temporal y metodológicamente, se encuentran disponibles en agregadores de datos como el SiB Colombia y GBIF, y pueden ser estructurados con el estándar Darwin Core (DwC).

Todos los manuscritos deben estar correctamente escritos y el estilo utilizado debe ser claro y conciso. Aquellos que tengan deficiencias en su redacción, puntuación o gramática serán devueltos sin pasar a evaluación. Por favor asesórese de un experto en redacción en el idioma correspondiente, antes de someter su manuscrito a Biota Colombiana.

Una vez sometidos, los manuscritos serán revisados mínimo por dos pares científicos, cuya respuesta final de evaluación puede ser: a) publicado sin ningún cambio, b) aceptación condicional y c) rechazo. Para proseguir con el proceso editorial para publicación, el manuscrito debe haber sido aceptado por el mínimo de dos pares científicos.

Los trabajos deben ser sometidos a través del portal en línea de la revista (<http://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota>). En ese enlace también podrán consultar directrices más detalladas sobre el envío, evaluación y preparación de su manuscrito, así como especificaciones de formato y particularidades de los artículos de datos.

Guidelines for authors

Submitting a manuscript implies the explicit statement by the author(s) that the paper has not been published before, nor accepted for publication in another journal or other means of scientific diffusion. Contributions are the entire responsibility of the author(s) and not of the Research Institute of Biological Resources Alexander von Humboldt, or the journal or their editors.

Papers can be written in Spanish, English or Portuguese, but we prefer contributions in English in order to have shorter publication times and greater visibility and impact. Manuscripts should not exceed 25 pages (with paragraph lines spaced at 1.5) including tables, figures and supplementary material.

Of particular interest for this journal are descriptions of species new to science, new geographic records, thematic or regional species lists, inventories, databases related to biodiversity, biological collections and sampling reports. Biota Colombiana receives scientific research articles, as well as notes, reviews, bibliographic novelties and data papers.

A Data Paper is a type of scientific publication that was designed to stimulate the publication of biodiversity data. As its name suggests, a Data Paper describes a primary data set. Although a Data Paper is not, strictly speaking, a scientific research, it must contain relevant information about the data set (objectives, methods for data collection, funding, taxonomic and geographic coverage, etc.), along with its value and utility (basic or applied) for the scientific community. The great

advantage and novelty of this type of manuscript is that it is linked to the data set through a stable and trustworthy repository, the IPT (Integrated Publishing Toolkit). Also, the data set is supported by metadata also available through the IPT and linked to the Data Paper.

A Data Paper must be submitted only when the linked data are primary and original data that have a temporal and methodological restriction and are available in data aggregators such as SiB Colombia and GBIF. Data must follow the Darwin Core (DwC) standard.

All manuscripts must be written correctly with a clear and concise style. Those with poor writing, punctuation or grammar will be returned to authors. Please seek assistance in writing and ask for help from a native speaker of the language you use in your paper.

Manuscripts will be reviewed by at least two scientific peers. Results of peer review may include any of the following: a) accepted, b) conditional acceptance, and c) rejected. For a manuscript to continue its editorial process, it must have been accepted by at least two reviewers.

Manuscripts must be submitted through the online platform of the journal (<http://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota>). In this link you may also consult more details about the submission, evaluation, and preparation of your manuscript, as well as format specifications and particularities of data papers.

Una publicación del / A publication of:
Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
En asocio con / In collaboration with:
Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras - Invemar
Missouri Botanical Garden

Tabla de contenido / Table of contents

- Pág. 1 **Editorial**
- Pág. 2 **Variación temporal de la morfología funcional del fitoplancton en una planicie inundable del Caribe colombiano**
Ana María Zabala Agudelo, Esnedy Hernández, Diana María Agudelo, Néstor Jaime Aguirre, Fabio de Jesús Vélez
- Pág. 20 **Impactos del cambio climático sobre la flora acuática de las Lagunas Verdes, volcán Chiles, Ecuador**
Esteban Terneus Jácome, Berenice Vallejo, Mateo Gómez de la Torre
- Pág. 32 **Variación morfológica en *Heterophrynus boterorum* (Arachnida: Amblypygi: Phryniidae)**
Sebastian Vasquez Palacios, Daniel Andres Chirivi Joya, Andrea Lorena García Hernández, Hugo Mantilla Meluk & Jhon Deiber Torres Carrera
- Pág. 46 **Dípteros acuáticos del departamento del Chocó, Colombia**
Zuleyma Mosquera Murillo, Sandra Patricia Sánchez Vázquez
- Pág. 59 **Hábitos alimenticios del sable *Trichiurus lepturus* en el Golfo de Urabá, Caribe colombiano**
Sara Arenas-Uribe, Jenny Leal-Flórez, Alejandro Sandoval, Andres Felipe Pérez Villa & Andres Felipe Hernández-Morales
- Pág. 76 **Medium and large mammals of the mid Planas River basin, Colombia**
Carlos A. Aya-Cuero, Federico Mosquera-Guerra, Diego A. Esquivel, Fernando Trujillo & Daniel Brooks
- Pág. 93 **Mamíferos en áreas de conservación de la Corporación Autónoma Regional del Quindío, Colombia**
Sebastian Vásquez Palacios, Carlos Andres Chica-Gálvois, Hugo Mantilla-Meluk, Vanessa Díaz-Giraldo, Mariana Botero-Zuluaga & Sebastián O. Montilla
- Pág. 105 **Diagnosis of the status of the anuran collection at La Salle Museum, Bogotá, Colombia**
Julieth Stella Cárdenas Hincapié & Diana Alexandra Delgadillo Méndez
- Notas
- Pág. 120 **Presencia de *Hemidactylus frenatus* y *Hemidactylus mabouia* (Squamata: Gekkonidae) en Leticia, Amazonia colombiana**
José Rancés Caicedo Portilla
- Pág. 128 **Primer registro de leucismo en *Dasyprocta fuliginosa* (Dasyproctidae, Rodentia) en Ecuador**
Edison Gabriel Mejía Valenzuela
- Listados Taxonómicos
- Pág. 134 **Lista anotada de Bombycoideos (Lepidoptera: Bombycoidea) del Parque Nacional Natural Utría, Chocó, Colombia**
Liliana Prada Lara, Yenny Correa-Carmona, Alejandra Clavijo Giraldo, Sergio Andrés Vargas & Ariel Dumar Parrales
- Pág. 150 **Guía para autores**
- Pág. 151 **Guidelines for authors**