

BIOTA COLOMBIANA

ISSN impreso 0124-5376
ISSN digital 2539200X
DOI 10.21068/c001

Volumen 19 · Número 1 · Enero-junio de 2018



Tráfico de fauna:

Libерación de tortugas matamata en Vichada

Fauna

Dípteros acuáticos, escarabajos coprófagos, larvas de peces marinos, rana dorada, aves y mamíferos

Interacciones

Herbazales halófilos, fauna de la palma de vino y posibles polinizadores del aguacate

Especies exóticas

Caracol africano



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 y uno interno. Incluye temas relativos a botánica, zoología, ecología, biología, limnología, pesquerías, 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 scientific journal, with a periodicity of six months, that has external peer review. The journal publishes original articles and essays of biodiversity in the Neotropics, with emphasis on Colombia and neighboring countries. It includes topics related to botany, zoology, ecology, biology, limnology, fisheries, conservation, natural resources management and use of biological diversity. The submission of a manuscript implies the author's 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 author and not the Research Institute of Biological Resources Alexander von Humboldt, or the journal and its 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 y Ebsco.

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

Biota Colombiana es una publicación semestral. Para mayor información contáctenos / *Biota Colombiana* is published in each semester of the year. For further information please contact us.

Información

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

Comité Directivo / Steering Committee

Brigitte L. G. Baptiste	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
José Camelo Murillo	Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia
Francisco A. Arias Isaza	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andrés" - Invenmar
Charlotte Taylor	Missouri Botanical Garden

Editor en jefe / Editor in Chief

Hernando García	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
-----------------	--

Editor asociado / Associate editor

Carlos A. Lasso	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
-----------------	--

Editor Datos / Data papers Editor

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

Asistencia editorial / Editorial assistance

Cristina Rueda Uribe	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
Ana Esperanza Franco	Universidad de Antioquia
Arturo Acero	Universidad Nacional de Colombia, sede Caribe
Cristián Samper	WCS - Wildlife Conservation Society
Donald Taphorn	Universidad Nacional Experimental de los Llanos, Venezuela
Francisco de Paula Gutiérrez	Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano
Gabriel Roldán	Universidad Católica de Oriente, Colombia
Germán I. Andrade	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
Giuseppe Colonnello	Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Venezuela
Hugo Mantilla Meluk	Universidad del Quindío, Colombia
John Lynch	Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia
Jonathan Coddington	NMNH - Smithsonian Institution
José Murillo	Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia
Josefa Celsa Señaris	Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas
Juan A. Sánchez	Universidad de los Andes, Colombia
Juan José Neiff	Centro de Ecología Aplicada del Litoral, Argentina
Martha Patricia Ramírez	Universidad Industrial de Santander, Colombia
Mónica Moraes	Herbario Nacional Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia
Pablo Tedesco	Muséum National d'Histoire Naturelle, Francia
Paulina Muñoz	Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia
Rafael Lemaitre	NMNH - Smithsonian Institution, USA
Reinhard Schnetter	Universidad Justus Liebig, Alemania
Ricardo Callejas	Universidad de Antioquia, Colombia
Steve Churchill	Missouri Botanical Garden, USA

Foto de portada:

Jorge García

Diseño, diagramación e impresión

Fundación Cultural Javeriana de Artes Gráficas - Javegraf

Editorial

Cuando recibimos la responsabilidad de la labor editorial de la Revista Biota Colombiana, hace ya casi diez años, el Instituto Humboldt se encontraba en un proceso complejo de reorganización y de cambio hacia un futuro, que en aquel momento ninguno de nosotros imaginaba fuera a evolucionar tan rápidamente. Biota, como otros programas y dependencias del Instituto, no escapó a esos cambios y tuvimos que adaptarnos rápidamente a las nuevas circunstancias. La revista, que en otro momento gozaba de gran prestigio a nivel nacional, experimentaba un proceso de aislamiento en relación con el resto de la comunidad científica nacional, del continente e incluso a nivel internacional. La temática cada vez más especializada, y con unos términos de referencia o normas de publicación muy rígidas, ahondaba en esa crisis, la cual, sumada a otros escenarios fuera de nuestro alcance, llevó en algún momento a considerar su cierre definitivo. Afortunadamente, la gestión de la directora general de aquel entonces, Eugenia Ponce de León Chaux (2009–2010), apoyada por la Junta Directiva, y en especial de los profesores Luis M. Renjifo Martínez y Miguel G. Andrade, fue clave y permitió el resurgimiento de Biota. Es así como en 2010 se publicaron los números 1-2 (Volumen 10) de 2009 sobre la Orinoquia, pero ya con una visión más biogeográfica y sin fronteras “geopolíticas” o “temáticas” para la biodiversidad. De ahí en adelante, a pesar de las restricciones económicas y de personal, la revista siguió avanzando y amplió su perfil, gracias al apoyo de la actual directora general, Brigitte Baptiste (2010-presente), llegando a publicar durante ese periodo 22 números, que incluyeron 245 artículos y la participación de más de 450 autores y al menos 50 instituciones de varios países.

Eso ha permitido a *Biota Colombiana* llegar, de acuerdo con la clasificación de las revistas científicas según Publindex (Colciencias), a la categoría A2 en el 2017, así como tener un factor de impacto índice h-5 –según “Google Metrics” en el 31 de marzo de 2018, de diez (10), lo que la posiciona como una de las revistas líderes en su campo a nivel nacional para la publicación de artículos originales sobre la biodiversidad neotropical.

Otro de los logros por los cuales debemos sentirnos orgullosos todos los científicos colombianos y de otros países que hemos trabajado o publicado en la revista, es haberle dado cabida, con el debido rigor científico, a los trabajos de muchos estudiantes recién graduados o investigadores noveles, que difícilmente hubieran tenido cabida en otras revistas extranjeras de “alto impacto”, por varias razones que ameritarían otra editorial, pero de varias páginas.

No quiero cerrar esta Editorial, consciente de que probablemente olvide a alguien, sin antes agradecer al Comité Directivo, Comité Científico Editorial, a los evaluadores y su trabajo “invisible” pero sostén fundamental de la revista, a los editores invitados, a los autores y a todas las personas que me han acompañado durante este proceso, especialmente a Susana Rudas, Claudia María Villa, Paula Sánchez, Ricardo Carrillo, Dairo Escobar y Cristina Rueda.

A todos, muchas gracias.

Carlos A. Lasso
Editor *Biota Colombiana* (2009 - 2018)

¿Existe un efecto de borde sobre la estructura vegetal y el potencial de regeneración en fragmentos de bosque seco tropical?

Is there an edge effect on the vegetation structure and regeneration potential of tropical dry forest fragments?

Natalia Henao, Alba M. Torres, Juan C. Tafur y Leonardo Guevara

Resumen

La fragmentación es definida como el proceso de transformación de un hábitat natural en parches de menor área, aislados entre sí e inmersos en matrices de menor cobertura vegetal. Los parches resultantes quedan expuestos a las condiciones del ambiente exterior o efectos de borde, que pueden ocasionar cambios en la estructura y regeneración de las comunidades vegetales. En esta investigación se evaluó el efecto de borde sobre la estructura, diversidad y potencial de regeneración de plantas leñosas en dos fragmentos de bosque seco. Se registró un proceso activo de regeneración natural, sin embargo, no se encontró un efecto de borde sobre las variables estudiadas para ambos fragmentos. La ausencia de efecto de borde podría estar dada por el tiempo transcurrido desde la formación del fragmento. Durante este tiempo han estado activos los procesos de regeneración, dando lugar a una vegetación de estructura y composición similar en todo el bosque. También se observó que las matrices de estos fragmentos constituyen una barrera para su expansión y conectividad, y para superarla se hace necesaria la implementación de estrategias que favorezcan la dispersión de semillas hacia el exterior y, se optimicen las condiciones para la germinación y el establecimiento de los nuevos propágulos.

Palabras clave. Efecto de borde. Fragmentación. Juveniles. Plántulas. Reclutamiento.

Abstract

Fragmentation is defined as the transformation of natural habitats into smaller forest patches that are isolated and immersed in matrices of reduced vegetation cover. The derived patches are exposed to the conditions of the external environment or edge effects, which can cause changes on the structure of plant communities and their regeneration. In this study, we evaluated the effect of the distance to the edge on the structure, diversity and regeneration potential of woody plants in two dry forest fragments. An active process of natural regeneration was registered; nevertheless, an edge effect on the studied variables for both fragments was not evidenced. The absence of an edge effect might be given by the time passed from the formation of the fragment, during which regeneration processes have produced vegetation that is similar in composition and structure to the whole forest. It was also observed that the matrices that surround these fragments constitute a barrier for their expansion and connectivity. To overcome such barrier, it is necessary to implement strategies that favor the dispersion of seeds towards the exterior and optimize the conditions for the germination and the establishment of the new individuals.

Keywords. Edge effect. Fragmentation. Recruitment. Sapling. Seedlings.

Introducción

Por sus características climáticas y edafológicas, los bosques secos tropicales (BST) han sido una zona de vida preferida para la expansión urbana y agrícola (Murphy y Lugo, 1986). Esto los ha llevado a un avanzado estado de fragmentación en distintas regiones del mundo (Miles *et al.*, 2006), y los ha situado como uno de los ecosistemas más amenazados a nivel mundial (Janzen, 1988; Pizano y García, 2014). En Colombia, solo permanece el 8 % del ecosistema original, en forma de fragmentos pobremente representados en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (García *et al.*, 2014). En el caso de la cuenca alta del río Cauca, 14 de 32 fragmentos reportados (Lozano *et al.*, 2007), están en buen estado de conservación, y solo unos cuantos están bajo una figura de protección pública o privada (Arcila *et al.*, 2012; García *et al.*, 2014).

La fragmentación es definida como el proceso de transformación de un hábitat natural en un número de parches boscosos de menor área, aislados entre sí y en su mayoría inmersos en matrices productivas de menor cobertura vegetal (p. ej. agrícola, ganadera, urbana) (Fahrig, 2003). En consecuencia, las plantas y otros organismos que habitan las zonas externas de estos fragmentos (*i.e.* bordes) quedan expuestos a los llamados efectos de borde, que representan los efectos causados por las condiciones bióticas y abióticas de los ambientes circundantes (*i.e.* matrices) sobre las condiciones del fragmento (Murcia, 1995; Ries *et al.*, 2004). Los primeros efectos de borde ocurren a nivel estructural del bosque, como resultado del daño y derribamiento de árboles, alteración del suelo, y cambios en el ciclaje de nutrientes (Saunders *et al.*, 1991). De esta manera, en la zona del bosque que limita con la matriz se presenta un microclima de menor humedad y mayor temperatura del aire y del suelo, en comparación con el interior del bosque, donde hay mayor humedad y menor temperatura (Chen *et al.*, 1999). Debido a la alteración de los gradientes bióticos y abióticos originales, también se generan respuestas secundarias sobre los distintos patrones y procesos ecológicos de las plantas, como la regeneración, crecimiento,

reproducción y mortalidad (Harper *et al.*, 2005). De estos factores, las dinámicas de regeneración natural juegan un papel muy importante en la capacidad que tienen las comunidades vegetales de renovarse en el tiempo y el espacio.

La regeneración natural abarca desde la producción de semillas viables y su dispersión, hasta su germinación, establecimiento y sobrevivencia (*i.e.* plántulas, juveniles) (Grubb, 1977; Norden, 2014), pero es durante el establecimiento y sobrevivencia de las plántulas cuando se presentan los filtros más fuertes para la regeneración de un bosque (Poorter y Markesteijn, 2008; Sampaio y Scariot, 2011). Dentro de estos se encuentran los filtros dados por las condiciones del medio ambiente (disponibilidad de agua, luz, o nutrientes en el suelo), filtros a nivel fisiológico y funcional de las plántulas (Cavender-Bares y Bazzaz, 2000; Williams-Linera y Lorea, 2009), y filtros ecológicos resultantes de los procesos dependientes de la densidad y proximidad entre individuos de su misma especie y de otras especies (Comita *et al.*, 2014; Dewalt *et al.*, 2015). Por consiguiente, la alteración de los gradientes bióticos y abióticos que ocurren con la fragmentación también puede afectar la posibilidad que tiene una comunidad vegetal de reproducirse y permanecer en el tiempo (*i.e.* potencial de regeneración).

Dada la importancia que tiene el potencial de regeneración para la reproducción y permanencia de un bosque, algunas investigaciones se han enfocado en estudiarlo en condiciones de perturbación natural y antrópica. Se han evaluado la densidad, composición y estrategias de las especies del banco de semillas, con el fin de conocer el potencial de regeneración de áreas afectadas por la presencia de una especie invasora (Brandão *et al.*, 2016). Otras investigaciones se han enfocado en evaluar el potencial de regeneración y la distribución de especies, ya sea en fragmentos que difieren en el tamaño y el tipo de matriz (Botzat *et al.*, 2015), o bajo las diferentes condiciones climáticas y edáficas previstas con el

cambio climático (Mok *et al.*, 2012). Sin embargo, aún no se ha evaluado el cambio de este potencial respecto a los efectos de borde, y en qué medida la composición de plántulas y juveniles representa la composición de la etapa adulta.

Como se mencionó anteriormente, la sobrevivencia de las plántulas puede verse afectada por los cambios ambientales e interacciones bióticas, incluidos aquellos ocasionados por la fragmentación. Varios autores han reportado diferencias en la riqueza y densidad de individuos de la etapa regenerativa entre borde e interior de bosque (Sizer y Tanner, 1999; Sampaio y Scariot, 2011). También se ha encontrado que, en los bordes de los fragmentos, la regeneración puede ser menos exitosa debido a que hay una mayor tasa de depredación de semillas, herbivoría sobre plántulas y ataque de patógenos (Benítez-Malvido y Lemus-Albor, 2005; Vieira y Scariot, 2006). Por otro lado, se ha encontrado que las condiciones ambientales de un sitio y las adaptaciones de las especies a estos ambientes (Sampaio y Scariot, 2011), así como las altas tasas de regeneración natural (Bouroncle y Finegan, 2011), pueden incidir en la disminución del efecto de borde sobre las comunidades vegetales. En este sentido, el efecto de borde sobre la diversidad y regeneración de fragmentos de bosque constituye un tema importante para aportar información sobre la capacidad de regeneración de estos fragmentos y cuál es su valor para la continuidad de los ecosistemas que representan.

Teniendo en cuenta el deterioro del BST, el conocimiento de la dinámica de regeneración en estos fragmentos también permitirá orientar algunas de las estrategias propuestas para la restauración de los BST, tales como el enriquecimiento de especies y la ampliación de las fronteras de estos fragmentos (Murphy y Lugo, 1986; Vargas y Ramírez, 2014). Dado lo anterior, esta investigación se enfocó en evaluar el efecto de la distancia al borde sobre la estructura vegetal, diversidad y potencial de regeneración de dos fragmentos de BST en el Valle del Cauca, Colombia. En primer lugar, se evaluó si la

estructura y diversidad de las plántulas y juveniles (*i.e.* etapa de regeneración) y los adultos de especies leñosas, cambiaban conforme se avanzaba desde el borde hasta el interior de los fragmentos. También se propuso una medida del potencial de regeneración en términos de la representatividad de las etapas de plántula y juvenil con relación a la etapa adulta, y se evaluó si este potencial cambiaba en un gradiente de distancia desde el borde hasta el interior de los fragmentos. Finalmente, se indagó si estos cambios se manifestaban a nivel de la composición de especies en las etapas de regeneración y adulto.

Materiales y métodos

Área de estudio. Este estudio se realizó entre noviembre de 2014 y enero de 2015, en dos fragmentos de BST que se encuentran en el Parque Natural Regional (PNR) El Vínculo (3°50'23"N- 76°18'07"O) y en la Reserva Natural de la Sociedad Civil (RNSC) El Hatico (03°38'39"N-76°19'28,8"O), y localizados en el departamento del Valle del Cauca, Colombia (Figuras 1 y 2).

El PNR El Vínculo está ubicado en el piedemonte de la cordillera Central en el corregimiento El Vínculo, al sur del municipio de Buga, Valle del Cauca. Su altitud varía entre 977 y 1150 m s.n.m., presenta una temperatura promedio de 24 °C y 1379 mm de precipitación promedio anual. El clima es bimodal con dos periodos lluviosos (marzo-mayo y septiembre-noviembre) y dos secos (enero-febrero y julio-agosto). El parque tiene un área aproximada de 74 ha, de las cuales 34 ha corresponden a un fragmento de bosque que se ha preservado de la explotación agropecuaria desde 1969, favoreciendo la regeneración natural (Torres *et al.*, 2012). La parte alta del bosque presenta vegetación arbustiva, mientras que la parte baja presenta árboles maduros y de mayor porte. Este bosque se encuentra rodeado principalmente por una matriz de pastizales arbolados y caña de azúcar. El bosque se encuentra en un estado sucesional temprano y algunas de las especies dominantes son *Eugenia procera*, *Amyris pinnata*,

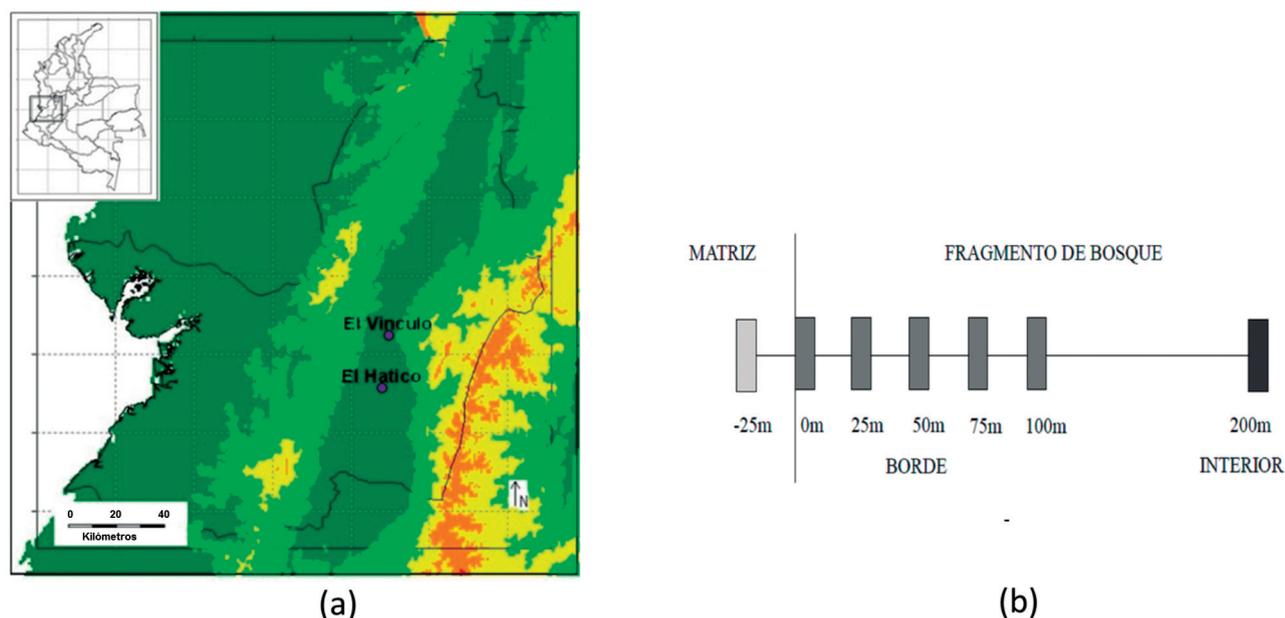


Figura 1. A) Ubicación de los fragmentos de BST del PNR El Vínculo y la RNSC El Hatico en el Valle del Cauca, Colombia. B) Esquema del diseño del muestreo.

Pithecellobium lanceolatum, *Guapira sp.* y *Guazuma ulmifolia* (Torres *et al.*, 2012).

La RNSC El Hatico está localizada en el municipio de El Cerrito, Valle del Cauca, tiene una extensión de 288 ha donde hay un fragmento de bosque de aproximadamente 14 ha, que ha sido preservado por sus dueños desde 1947. Su altitud varía entre 900 y 1000 m s.n.m., presenta una temperatura promedio de 24 °C y 750 mm de precipitación promedio anual (Molina *et al.*, 2012). El bosque está rodeado por guaduales nativos y cultivados, zonas de sucesión vegetal, un corredor biológico, sistemas silvopastoriles y cultivos de caña de azúcar orgánica (Molina *et al.*, 2012). Su dosel es relativamente alto y continuo, con especies como *Anacardium excelsum*, *Ficus insipida*, *Ceiba pentandra* y *Samanea saman*.

Caracterización vegetal. En cada fragmento se establecieron cuatro transectos de 225 m, separados 200 m entre sí y perpendiculares al borde. Se asumió como borde el límite donde cambia la composición del bosque y empieza la matriz, sin tener en cuenta el alcance del dosel

(Murcia, 1995). En cada transecto se demarcaron 6 parcelas de 10 x 2 m a intervalos de 25 m, iniciando desde la matriz (-25 m) hasta los 100 m del borde y 1 parcela de igual tamaño a 200 m en el interior del fragmento (Laurance *et al.*, 2002; Lopes *et al.*, 2009) (Figura 3).

En cada parcela se registraron los individuos con un diámetro a la altura del pecho (DAP) $\geq 2,5$ cm (medido a 1,3 m del suelo) y se clasificaron como adultos. Para cada individuo se registró el DAP (cm) y la altura total (m). También se contaron todas las plántulas (circunferencia < 1 cm y altura < 110 cm), y juveniles (circunferencia entre 1 y 2,5 cm), y se marcaron con un aro plástico y una cinta llamativa rotulada con el número del individuo. Las plántulas y juveniles fueron identificadas hasta el menor nivel taxonómico posible con ayuda de claves taxonómicas, revisión de material de herbario y comparación con individuos adultos que se encontraron cerca del lugar de muestreo. Cuando fue necesario, se colectaron especímenes para su identificación y las muestras fueron depositadas en el herbario de la Universidad del Valle (CUVC).

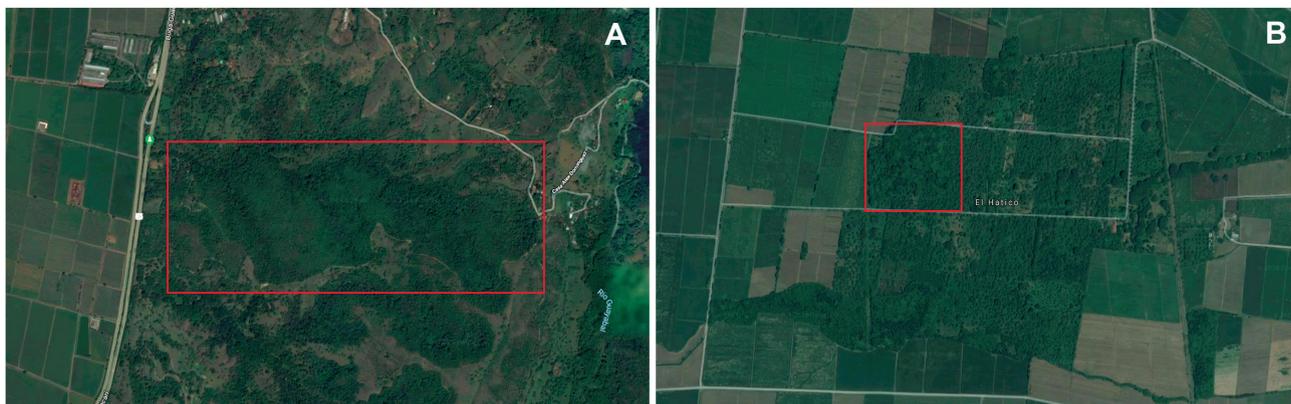


Figura 2. Imágenes satelitales que muestran el contexto espacial donde están ubicados los fragmentos de BST del PNR El Vínculo A) y la RNSC El Hatico B).



Figura 3. A) Aspecto del borde y C) aspecto del interior del fragmento de BST del PNR El Vínculo. B) Aspecto del borde y D) aspecto del interior de la RNSC El Hatico.

Análisis de datos de estructura y diversidad.

La estructura de la vegetación se evaluó por medio de la densidad de individuos (número de individuos/área de la parcela) para las tres etapas de crecimiento; y para la etapa adulto se evaluó además la altura y el DAP. Se estimó la diversidad de adultos, juveniles y plántulas por parcela, a través de la riqueza (número de especies) y el índice de diversidad de Shannon-Wiener (Hammer *et al.*, 2001). Para estimar el efecto de la distancia desde el borde (variable explicativa) se evaluó la diferencia en la estructura y diversidad entre parcelas con Modelos Lineales Generalizados (GLM). Este tipo de modelos permite realizar análisis de varianza (ANOVA) cuando los datos de la variable de respuesta son conteos o no siguen los supuestos de la normalidad (Faraway, 2016). En estos modelos también se incluyeron los resultados de las parcelas correspondientes a la matriz (-25 m), con el fin de compararlas con las parcelas de bosque. Las variables de conteo se ajustaron a una distribución de Poisson con la función vínculo Log. En los casos en que se presentó una significancia estadística ($p < 0,05$) se realizó una prueba de Tukey para detectar las distancias al borde en que se presentaron los cambios. Los análisis fueron realizados con el programa estadístico R (R Core Team, 2014).

Análisis de datos de potencial de regeneración.

Para estimar el potencial de regeneración (P_{Reg}) en los fragmentos, se determinó, para cada parcela el número de especies de las etapas de regeneración (*i.e.* plántulas, juveniles) compartidas con el total de las especies de adultos registrados en todas las parcelas, con el objetivo de representar la mayor diversidad de adultos posibles. De esta manera, el rango del P_{Reg} oscilaba entre 0 y 100 %. El valor máximo alcanzado indicaba que todas las especies adultas estaban representadas en las etapas de regeneración. Se usó la siguiente fórmula:

$$P_{Reg} = \frac{(n. \text{ de especies de plántulas} + n. \text{ de especies de juveniles}) \times 100}{n. \text{ de especies de adultos}}$$

Con el fin de evaluar si hubo un efecto de la distancia desde el borde sobre el potencial de regeneración, se realizaron Modelos Lineales Generalizados (GLM). La variable P_{Reg} se ajustó para una distribución binomial. En los casos en que se presentó una significancia estadística ($p < 0,05$) se realizó una prueba de Tukey para detectar las distancias al borde en que se presentaron los cambios.

Mediante un escalamiento no métrico multidimensional (NMDS) se comparó la composición de la etapa de regeneración y la etapa adulta, con el fin de evaluar cambios a lo largo del gradiente de borde a interior. Las diferencias entre los grupos se evaluaron mediante una PERMANOVA (Hammer *et al.*, 2001).

Resultados

Se registraron en total 68 especies de plantas, de las cuales 42 estuvieron presentes en El Vínculo y 38 en El Hatico. Se contaron 1125 individuos para El Vínculo y 2165 para El Hatico, de todas las etapas evaluadas. Para los 2 fragmentos, la abundancia de individuos en la etapa adulta fue similar (Tabla 1). En cambio, la abundancia de juveniles fue mayor en El Vínculo que en El Hatico. Aunque la etapa plántula fue la más abundante en los dos fragmentos, su abundancia fue mayor en El Hatico. Los dos fragmentos presentaron un número de familias similar (21 en El Vínculo y 22 en El Hatico) (Anexo 1). En general, para los 2 fragmentos las familias con el mayor número de especies fueron Rubiaceae (11 especies) y Fabaceae (8). En El Vínculo, las familias Rubiaceae y Fabaceae registraron 5 especies cada una, seguidas por Rutaceae (4) y Sapindaceae (4). En El Hatico sobresale la familia Rubiaceae (8), seguida por Fabaceae (4) y Meliaceae (3).

En El Vínculo, las especies más abundantes en la etapa adulta fueron *Eugenia procera* (38,2 %), *E. monticola* (20,7 %) y *Sorocea sprucei* (9,7 %); las especies restantes se registraron en una cantidad inferior al 5 %. En la etapa juvenil se destacan *Brosimum alicastrum* (21,2 %), *Ocotea veraguensis*

Tabla 1. Riqueza y abundancia de plántulas, juveniles y adultos, en los BST del PNR El Vínculo y la RNSC El Hatico, Valle del Cauca, Colombia.

	Fragmentos			
	El Vínculo		El Hatico	
	Riqueza	Abundancia	Riqueza	Abundancia
Adultos	23	208	28	170
Juveniles	26	135	12	75
Plántulas	45	782	24	1920

(18,2 %) y *E. procera* (9,6 %). En la etapa plántula, las especies más abundantes fueron *B. alicastrum* (38,7 %) y *O. veraguensis* (16,1 %) (Anexo 1).

En El Hatico *Ardisia guianensis* (31,7 %), *G. angustifolia* (20,6 %) y *Anacardium excelsum* (7,6 %) fueron las especies más frecuentes en la etapa adulta. En la etapa juvenil *A. guianensis* fue la especie dominante (52,9 %) seguida por *Psychotria* sp. (27,9 %) y *Erythroxylum ulei* (7,4 %). Para las plántulas, la especie más abundante fue *Bunchosia pseudonitida* (80,6 %), seguida por *A. guianensis* (8,1 %), *A. excelsum* (7,2 %) y *E. ulei* (6,0 %) (Anexo 1).

Estructura de los fragmentos. En El Vínculo, la altura de los árboles no presentó diferencias significativas desde el borde (0 m) hasta el interior (200 m) (Tabla 2). Sin embargo, al incluir la matriz en el análisis si hubo diferencias entre esta y las parcelas de borde a interior (Tukey: $p < 0,05$). La altura promedio estuvo entre 5-8 m representada en su mayoría por *S. sprucei*, *E. monticola* y *E. procera* (Figura 4), y en una menor proporción por árboles de 12 m de individuos de *Genipa americana*, *G. ulmifolia* y *Machaerium capote*.

Por el contrario, en El Hatico la distribución de alturas de los árboles fue diferente desde el borde hasta el interior (Tabla 2), con diferencias significativas en las parcelas 0 m, 75 m y 100 m (Tukey: $p < 0,01$), que tuvieron mayores alturas por la presencia de individuos de *G. angustifolia* (16-21 m) y *A. excelsum* (12 m) (Figura 4). La altura

promedio estuvo entre 4 y 10 m, representada principalmente por individuos de *A. guianensis*, *A. excelsum* y *S. sprucei*.

El rango promedio de DAP fue 6-10 cm en ambos fragmentos (Figura 4). En El Vínculo no se presentaron diferencias en el DAP desde el borde (0 m) hasta el interior (200 m) (Tabla 2). Sin embargo, en El Hatico se encontraron diferencias significativas en el DAP de la parcela de borde (0 m, Tukey: $p < 0,05$), donde se presentaron los valores más altos de DAP correspondientes a individuos de *G. ulmifolia* y *G. angustifolia*.

No se encontraron diferencias significativas en la densidad de adultos desde el borde hasta el interior en los dos fragmentos. En el caso de El Vínculo, solo se presentaron diferencias cuando se incluyó la matriz en el análisis (Tabla 2). En la etapa de regeneración (plántulas y juveniles) la densidad tampoco fue diferente en las distintas distancias para ambos fragmentos (Tabla 2). No obstante, gráficamente se observa que, en El Vínculo, a los 25 m la abundancia de plántulas es mayor respecto a las otras distancias, mientras que para juveniles se observó una reducción de la densidad a partir de los 75 m con leve recuperación a los 200 m (Figura 5). En El Hatico, en la parcela de interior (200 m) se observó una reducción en la densidad de plántulas respecto a las otras distancias, mientras que en la etapa juvenil la densidad se redujo en los 75 m (Figura 5).

Tabla 2. Efecto de la distancia desde el borde sobre los parámetros de estructura y diversidad de plántulas, juveniles y adultos en los BST del PNR El Vínculo y la RNSC El Hatico, Valle del Cauca, Colombia. Los números corresponden al valor p de la variable explicativa (distancia desde el borde). Para la evaluación de los modelos se incluyó la matriz (NE: no evaluado).

Estructura	El Vínculo			El Hatico		
	Plántulas	Juveniles	Adultos	Plántulas	Juveniles	Adultos
Altura	NE	NE	0,0128*	NE	NE	<0,001*
DAP	NE	NE	0,9121	NE	NE	<0,001*
Densidad	0,5855	0,4974	<0,001*	0,4437	0,2311	0,2311
Diversidad	Plántulas	Juveniles	Adultos	Plántulas	Juveniles	Adultos
Shannon- Wiener	0,00336*	0,3222	0,0135*	0,0068*	0,3238	0,0114*
Riqueza	<0,001*	0,0359*	0,2401	<0,001*	<0,001*	0,0609

*diferencia significativa $p < 0,05$.

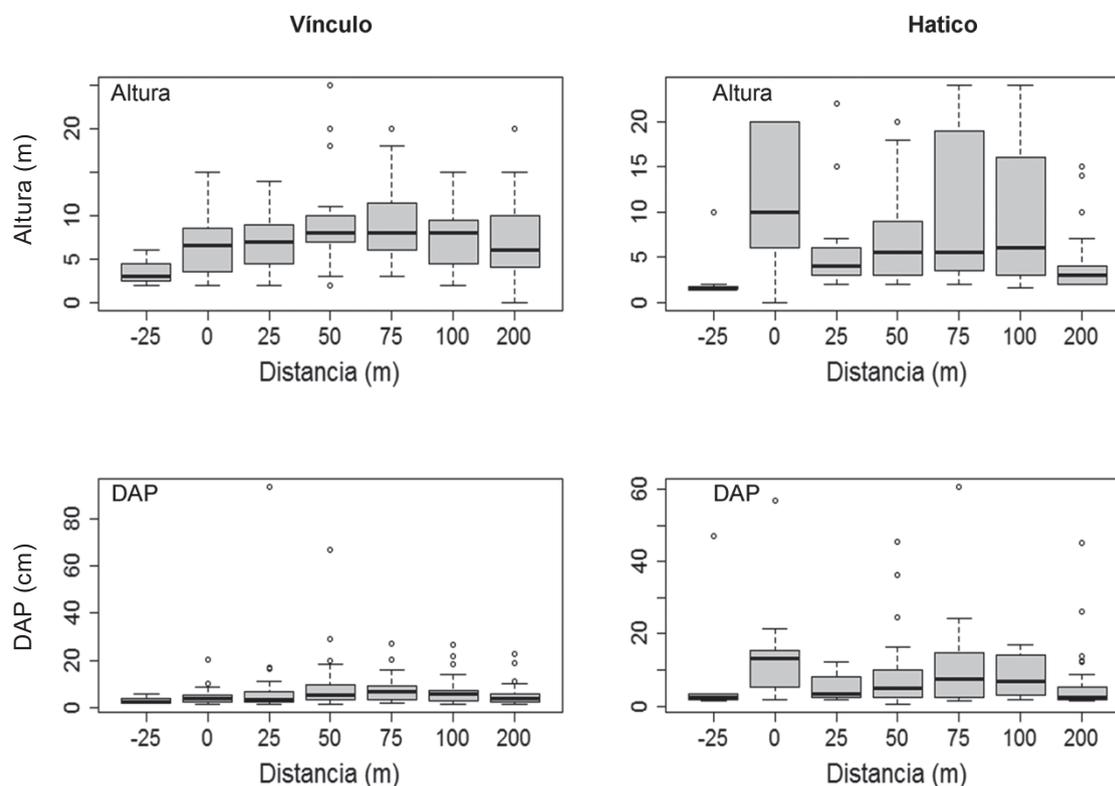


Figura 4. Distribución de la altura y DAP de la clase adulta desde la matriz (-25 m) hacia el interior (200 m) en los fragmentos de BST en el PNR El Vínculo y la RNSC El Hatico, Valle del Cauca, Colombia.

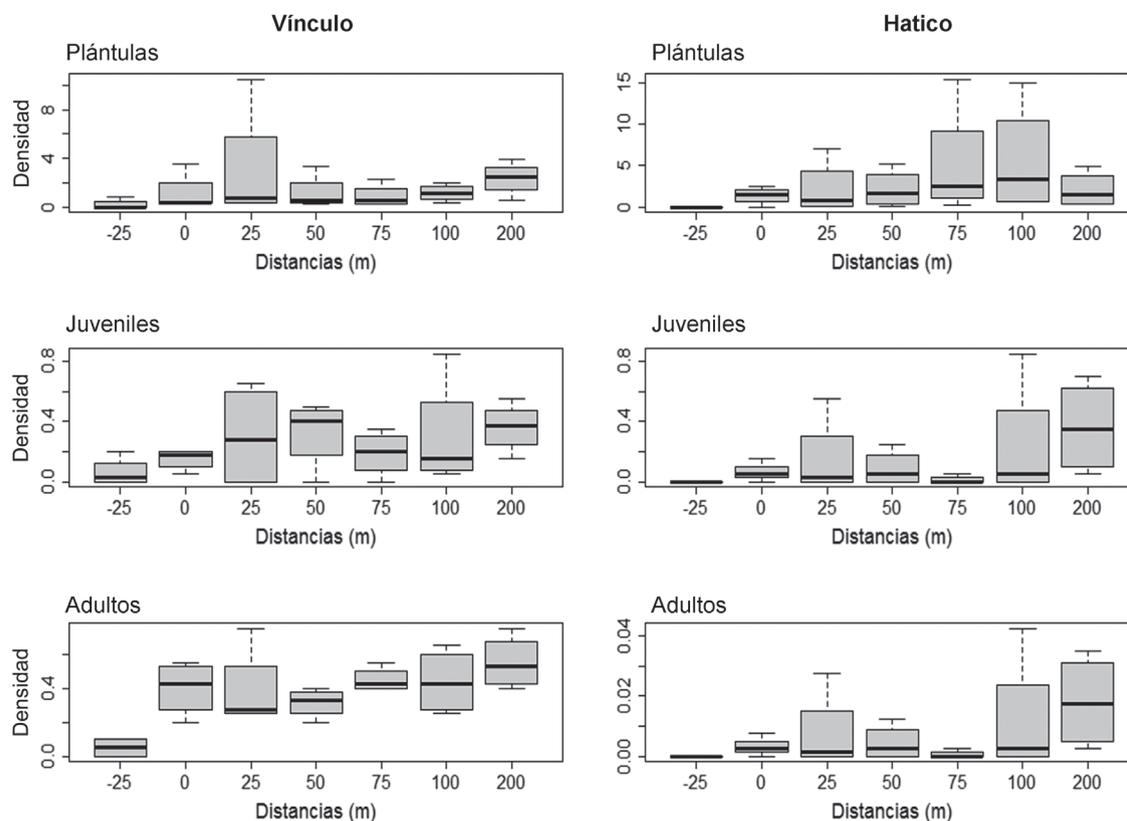


Figura 5. Distribución de la densidad de individuos (# individuos.m⁻²) desde la matriz (-25 m) hacia el interior (200 m) para las etapas plántula, juvenil y adultos en los fragmentos de BST en el PNR El Vínculo y la RNSC El Hatico, Valle del Cauca, Colombia.

Diversidad en los fragmentos. En los 2 fragmentos, la riqueza de plantas adultas no tuvo diferencias significativas desde el borde hasta el interior (200 m) (Tabla 2). En El Vínculo la riqueza de especies en la etapa juvenil no fue diferente desde el borde al interior y solo fue significativamente menor al comparar con la matriz (Tukey: $p < 0,05$). En El Hatico, la riqueza de juveniles no tuvo cambios desde la matriz hasta los 75 m (Figura 5), pero incrementó de manera significativa en las distancias 100 y 200 m (Tukey: $p < 0,05$ en ambas parcelas). Para la etapa plántula, en El Vínculo, aunque la riqueza de especies solo fue significativamente menor en la matriz (Tukey: $p < 0,05$), se observó un incremento desde la matriz hasta el interior (Figura 5). Para el caso de El Hatico, la riqueza de especies de plántulas solo fue significativamente menor en la matriz (Tukey: $p < 0,05$), y no presentó cambios desde el borde (0 m) hasta el interior (200 m).

En El Vínculo, la diversidad de los individuos adultos no se diferenció significativamente desde el borde hacia el interior (Tabla 2). Sin embargo, al comparar con la matriz (-25 m), la diversidad en esta fue menor respecto a la parcela del interior (Tukey: $p = 0,0116$). En la etapa plántula, aunque se observa un incremento en la diversidad desde la matriz hacia el interior (200 m), esta solo fue significativa respecto a la matriz en las distancias de 100 y 200 m (Tukey: $p = 0,01043$ y $p = 0,00208$, respectivamente). No se presentaron diferencias en la diversidad desde el borde al interior para la etapa juvenil (Figura 6). En El Hatico, la diversidad de los individuos adultos presentaron diferencias significativas entre la matriz y las parcelas de 25 m (Tukey: $p = 0,00562$) y de 200 m (Tukey: $p = 0,02544$). En las plántulas, hubo diferencias significativas entre la diversidad de la parcela de interior (200 m, Tukey: $p < 0,001$), respecto a la matriz.

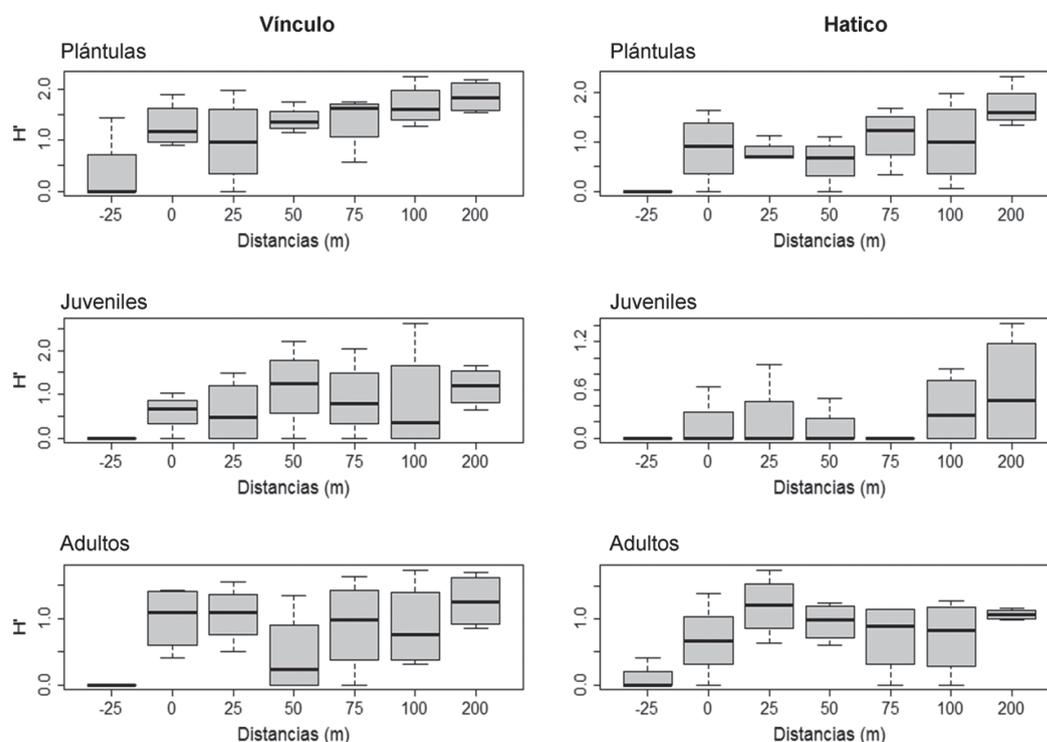


Figura 6. Variación de la diversidad H' (índice de Shannon- Wiener) desde la matriz (-25 m) hacia el interior (200 m) en las etapas plántula, juvenil y adulta en los fragmentos de BST en el PNR El Vínculo y la RNSC El Hatico, Valle del Cauca, Colombia.

Potencial de regeneración en los fragmentos.

En los dos fragmentos el P_{Reg} fue variable y presentó diferencias significativas en algunas distancias (Figura 7). En El Vínculo, las parcelas ubicadas a 200 m tuvieron el mayor valor de P_{Reg} y se diferenciaron significativamente de las parcelas a 25 m (Tukey: $p=0,0488$). Al tener en cuenta la matriz, el P_{Reg} fue más alto en las parcelas de bosque (Tukey: $p<0,05$). En El Hatico, aunque el P_{Reg} fue variable desde el borde (0 m) hasta el interior (200 m), las diferencias no fueron significativas y en contraste, la matriz se diferenció significativamente de las parcelas de bosque, siendo casi nula la regeneración en la matriz (Tukey: $p<0,05$). En términos generales, el P_{Reg} varió entre 10 y 31 % en El Vínculo, y entre 8 y 15 % en El Hatico.

En El Vínculo, la composición de la etapa adulta fue diferente de la composición de las etapas plántula y juvenil (regeneración) ($F= 1,589$; $p= 0,0013$). Gráficamente se observa la separación de la etapa adulta y la etapa de regeneración (Figura 8). Sin embargo, en esta gráfica no se observa una separación de acuerdo con las distancias respecto al borde, presentándose parcelas de borde (0 m, 25 m) cercanas a las parcelas de interior (100 m, 200 m). En El Hatico, la composición de adultos también fue diferente de la composición de la etapa de regeneración ($F=1,773$; $p=0,001$). En la gráfica, los puntos de la etapa adulta se ubican hacia la izquierda y los de regeneración a la derecha, sin embargo, no forman grupos definidos de acuerdo con la etapa de vida y tampoco se observa una agrupación de acuerdo con la distancia desde el borde (Figura 8).

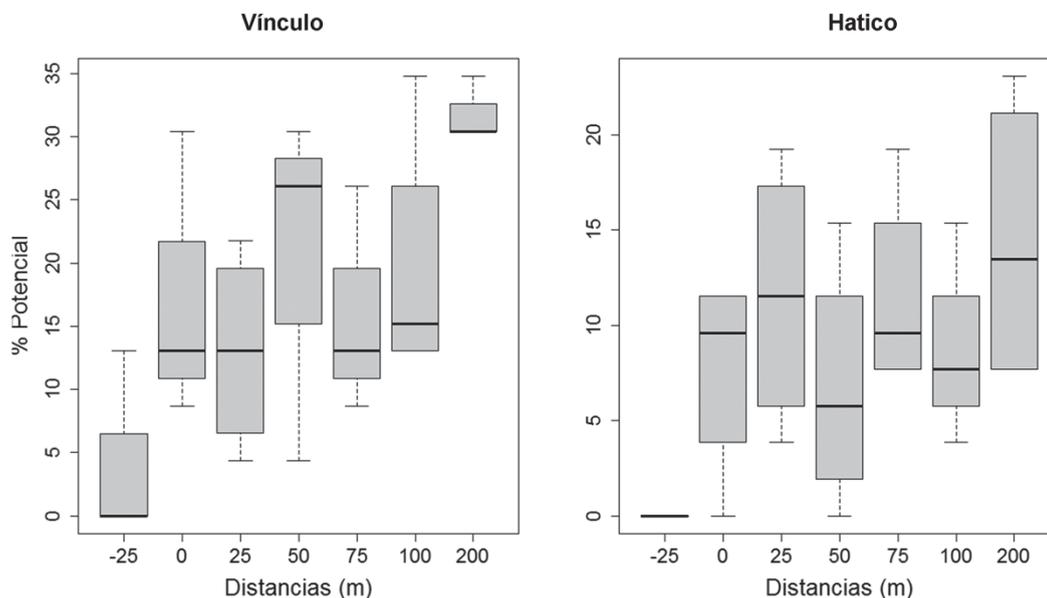


Figura 7. Variación del potencial de regeneración (%) desde la matriz (-25 m) hacia el interior (200 m) en las etapas de regeneración y adulta en los fragmentos de BST PNR El Vínculo y RNSC El Hatico, Valle del Cauca, Colombia.

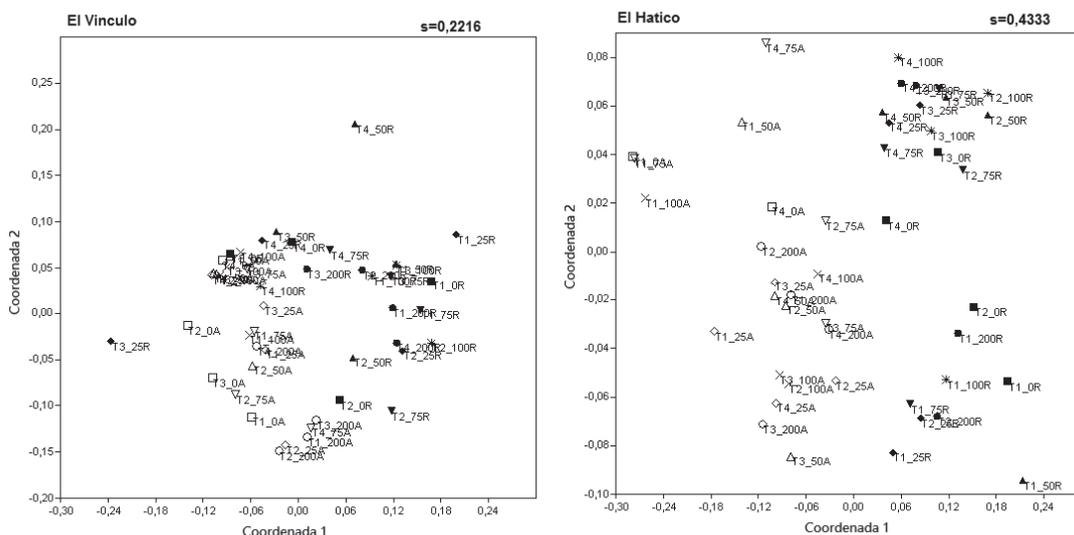


Figura 8. Comparación entre la composición de la etapa adulta y la etapa de regeneración, entre las parcelas de borde a interior en los fragmentos de BST del PRN El Vínculo y la RNSC El Hatico, Valle del Cauca, Colombia. Los símbolos sin relleno corresponden a la etapa adulta (A) y los símbolos llenos a la etapa de regeneración (R). □:0 m-A; ■:0 m-R; ◆: 25 m-A; ◇: 25 m-R; △: 50 m-A; ▲: 50 m-R; ▽:75 m-A; ▼:75 m-R; x:100 m-A; *:100 m-R; ○: 200 m-A; ●: 200 m-R.

Discusión

Entre los impactos inmediatos y directos que ocurren con la formación de un fragmento de bosque, el más notable es la diferencia entre la estructura de la vegetación del borde y el interior (Harper *et al.*, 2005). Esta diferencia obedece al daño y muerte de árboles por perturbaciones directas (*i.e.* viento, fuego, huracanes) o por la exposición repentina a las condiciones de una nueva matriz (*i.e.* agrícola, urbana, ganadera) (Saunders *et al.*, 1991; Harper *et al.*, 2005). Después de los impactos directos, se producen cambios en la estructura y composición de la vegetación que modifican la permeabilidad de los bordes respecto a las condiciones externas y los conducen a través de etapas de desarrollo temporal (Laurance *et al.*, 2002). Dichas etapas comienzan con un aislamiento inicial debido a las pronunciadas diferencias con la matriz, luego un cierre del borde como producto del crecimiento de vegetación secundaria, y una estabilización final, independiente de las condiciones externas, que generalmente ocurre después de los cinco años en bosques tropicales (Williams-Linera, 1990; Laurance *et al.*, 2002; Harper *et al.*, 2005).

Teniendo en cuenta que el fragmento de bosque El Hatico fue preservado por sus dueños desde hace 70 años, sus bordes tienen el mismo tiempo de creación. Es factible que hayan pasado por las etapas de desarrollo de los bordes mencionadas por Laurance *et al.* (2002), y se encuentren en una etapa de estabilización ante las condiciones de la matriz, por lo que ya no ocurre la muerte y derribamiento de individuos adultos en el borde. Por otra parte, se considera que el efecto de la distancia sobre la altura y DAP de las plantas adultas en El Hatico, pueden ser debidas a las condiciones particulares de las parcelas y no a los impactos propios de la fragmentación reciente de un hábitat. Entre las particularidades de las parcelas de El Hatico, puede resaltarse la presencia de una población de *G. angustifolia* en uno de los transectos (transecto 1, parcelas 0 a 100 m), que está relacionada con los mayores valores de altura y DAP de la vegetación en estas parcelas. Estructuralmente, la población de guadua es dominante, su altura alcanza 24 m,

y posee una alta densidad de individuos que se diferencia de otras poblaciones de árboles dentro del bosque.

Al contrario de El Hatico, la estructura de la clase adulta en el fragmento El Vínculo no se diferenció entre las parcelas de borde a interior. Este bosque fue declarado como reserva hace 48 años y, en su totalidad, inició a partir de tierras dedicadas a la ganadería y la agricultura, que luego de un proceso de regeneración natural alcanzó un estado sucesional temprano (Torres *et al.*, 2012). En consecuencia, la altura de la vegetación es muy homogénea a lo largo de todo el gradiente evaluado. Por otro lado, desde su declaración como reserva natural, el bosque ha estado rodeado por una matriz de ganadería y, de manera similar a El Hatico, los individuos en los bordes se han estabilizado ante las condiciones de la matriz que los rodea. Según las etapas de desarrollo temporal (Laurance *et al.*, 2002), el proceso de regeneración que ocurre en los bordes disminuye el contraste entre el parche de bosque y la matriz, actuando como una banda protectora frente a los efectos de borde (Williams-Linera, 1990; Harper *et al.*, 2005; Laurance *et al.*, 2007).

Por otra parte, los individuos propios de la estructura original de un bosque pueden impulsar su proceso de recuperación, a pesar de haber sido degradado o apenas comenzar su proceso de sucesión. En procesos de rehabilitación, la inclusión de estos individuos vegetales ha sido implementada para potenciar la recuperación, ya que propician la llegada de dispersores de semillas y mejoran las condiciones para la emergencia de nuevas plantas (Albornoz, 2013; Corbin y Holl, 2012). Según nuestras observaciones, los árboles emergentes presentes en los fragmentos de bosque estudiados, están cumpliendo una función muy importante en la estructuración del dosel, la creación de un microclima para otras especies y el aporte de semillas y biomasa. Tanto en El Hatico como en El Vínculo, hubo mayor abundancia de juveniles en parcelas de interior, donde se

encontraban aquellos árboles sobresalientes por sus mayores valores de altura y DAP. En El Hatico se registraron varios individuos de *A. excelsum*, *F. insipida*, *C. pentandra*, *S. saman* y *S. sancona*; y en El Vínculo, se registraron individuos de *B. alicastrum* y *A. excelsum*. Todas estas especies hacen parte de la composición típica del BST en el Valle de Cauca (Torres *et al.*, 2012; Vargas 2012) y, además, las especies *B. alicastrum*, *S. sancona* y *A. excelsum* son consideradas emergentes de bosque seco primario (Silverstone-Sopkin, com. pers.).

Luego de las respuestas estructurales primarias que se dan con la creación de un borde, se presentan procesos de respuesta secundarios que involucran los procesos de regeneración, crecimiento, reproducción y mortalidad (Harper *et al.*, 2005). Algunos estudios han encontrado que la densidad de plántulas disminuye con la cercanía al borde como resultado de la desecación cerca de los bordes o por la proliferación de especies de rápido crecimiento (Benítez-Malvido, 1998; Benítez-Malvido y Lemus-Albor, 2005). Por el contrario, los resultados de la presente investigación y de otros estudios realizados en BST muestran que el efecto de borde sobre la diversidad y estructura de la vegetación ha sido nulo o poco marcado (Sampaio y Scariot, 2011; Bouroncle y Finegan, 2011). Esta respuesta ha sido atribuida a las adaptaciones de las especies de BST a condiciones agrestes, causadas por la estacionalidad de lluvias de este ecosistema, y la presencia de dichas adaptaciones se ha resaltado como valor de conservación para estos fragmentos de bosque (Philips *et al.*, 2006; Bouroncle y Finegan, 2011).

Los valores del P_{Reg} muestran que la población de plántulas y juveniles reflejan una baja proporción de los adultos presentes en El Vínculo (10-31 %) y en El Hatico (8-15 %). Esta medida es una proporción local que sería interesante comparar con el P_{Reg} de otros BST, a partir de la medida del potencial de regeneración que se propone por primera vez en este estudio. En el caso de El Vínculo se cuenta con un estudio previo que permite comparar el estado actual de regeneración de este fragmento con su estado inicial (Rojas, 1991). En dicho estudio se

realizó un monitoreo bianual entre 1972 y 1980, y sus resultados muestran que las cinco especies más abundantes en la etapa de regeneración fueron *O. veraguensis*, *E. procera*, *A. pinnata*, *M. capote* y *Cytherexylum kunthianum* (Rojas, 1991). Al comparar los resultados de ese monitoreo con la etapa de regeneración evaluada en la presente investigación, se observa que especies como *O. veraguensis* ha incrementado su abundancia; y otras como *E. procera*, ha disminuido en esta etapa, pero se destaca como la especie más abundante en estado adulto. En contraste, especies pioneras o heliófitas como *C. kunthianum* fueron abundantes en los inicios del Parque (Rojas, 1991), pero actualmente su presencia es muy baja y se restringe a los bordes. El aumento del reclutamiento y de la abundancia de adultos indica que el bosque ha ganado cobertura vegetal que favorece a especies de mayor tolerancia a la sombra, al mismo tiempo que muestra una dinámica positiva en la sucesión natural en esta área protegida (Torres *et al.*, 2012).

Aunque los P_{Reg} indican una baja representatividad de los adultos, al considerar el estado del que partieron estos bosques y que su conectividad con otros fragmentos está limitada, son de destacar los procesos de regeneración que se están dando en estos parches de bosque. Además, la presencia de juveniles demuestra que no solo germinaron los propágulos de la lluvia de semillas en forma de plántulas, sino que estas sobrevivieron a los filtros propios de cada especie (Grubb, 1977), y a la variabilidad ambiental dada por la estacionalidad del BST (Murphy y Lugo, 1986). Al evaluar las variaciones del potencial de regeneración respecto a la distancia al borde, solamente en El Vínculo, el potencial de regeneración fue menor en las parcelas de borde. Para ambos fragmentos, en el análisis de composición no se observaron agrupaciones de parcelas definidas por la distancia hacia el borde, y solo fue evidente la separación entre los grupos de la clase adulta y los de regeneración. Por una parte, la ausencia del efecto de borde sobre la etapa de regeneración (al igual que en la etapa adulta), puede ser debida al estado sucesional homogéneo de los bosques y a que el tiempo transcurrido desde la formación de

los bordes no representa un cambio abrupto en las condiciones de establecimiento para las plántulas y juveniles. Por otro lado, los valores de potencial de regeneración y diferencias en la composición se calcularon en la misma unidad de muestreo para la etapa adulta y la de regeneración (*i.e.* 20 m²). Es posible que el área usada subestime la riqueza de especies de la clase adulta porque no incluye todas las especies presentes en el bosque. Dado lo anterior, para futuros estudios se sugiere usar parcelas de mayor tamaño para una evaluación más representativa de la etapa adulta, y dentro de estas delimitar subparcelas para la evaluación de las etapas de regeneración (Norden, 2007).

De acuerdo con nuestras observaciones, el proceso de regeneración natural está ocurriendo en los fragmentos evaluados, lo cual es de mucha importancia para su permanencia en el tiempo. Sin embargo, también debe tenerse en cuenta la necesidad que tienen estos fragmentos de expandirse hacia la matriz que los rodea. Si esto no ocurre, en el futuro la descendencia de varias especies quedará atrapada en pequeños fragmentos como si fueran “muertos vivientes” (Silverstone-Sopkin, 2011). En estos casos, la distribución de las especies dentro de los fragmentos está restringida por su limitada capacidad de dispersión, la carencia de sitios seguros para el establecimiento de plántulas o la ocurrencia de procesos denso-dependientes, en especial con la presencia de conespecíficos de la etapa adulta (Dewalt *et al.*, 2015). Tal es el caso de especies como *Laetia americana*, *Xylopia ligustrifolia* y varias especies de la familia Amaryllidaceae, presentes en otros fragmentos de bosque seco del Valle del Cauca y ausentes en los fragmentos aquí estudiados (Lozano *et al.*, 2007; Silverstone-Sopkin, 2011).

Finalmente, cabe resaltar que uno de los mayores obstáculos para los procesos de regeneración en áreas por fuera de los fragmentos son las condiciones de la matriz que los rodea (Holl, 1999; Holl *et al.*, 2000). En este estudio se presentó una marcada diferencia entre los parámetros de diversidad, estructura y potencial de regeneración

entre las parcelas de la matriz y las parcelas de bosque. Se ha reportado que los principales limitantes para la regeneración en la matriz son la carencia de propágulos provenientes del bosque y la competencia con las gramíneas, además de otros factores como herbivoría, altas temperaturas, falta de nutrientes en el suelo y grado de compactación (Holl, 1999; Holl *et al.*, 2000). Estos limitantes se manifiestan desde la etapa de dispersión, debido a la pérdida de viabilidad de las semillas o la depredación por ser más visibles en la matriz (Cubiña y Aide, 2001). Por este motivo, al incluir terrenos para la regeneración del bosque seco deberían implementarse estrategias que favorezcan la dispersión de semillas hacia el exterior y mejoren las condiciones para la germinación y el establecimiento de plántulas (Holl *et al.*, 2000; Cubiña y Aide, 2001).

Conclusiones

No se encontró un efecto de borde sobre la estructura, diversidad y potencial de regeneración de plantas leñosas en los dos fragmentos estudiados. Esta ausencia de efecto podría explicarse por el tiempo transcurrido desde la formación del borde (más de 40 años en los dos fragmentos), durante el cual los procesos de regeneración han homogenizado la vegetación entre los bordes y el interior de los fragmentos, y han favorecido una estabilización de la vegetación ante las condiciones de la matriz.

La medida del potencial de regeneración propuesta por primera vez en este estudio, representa una herramienta para estimar la representatividad de la etapa regeneración con relación a la etapa adulta. Esta medida también podría usarse para comparar el potencial de regeneración entre distintos bosques o para evaluar la variación de este potencial en el tiempo, bien sea ante la aparición de nuevas perturbaciones o, por el contrario, por la implementación de programas de conservación y restauración.

Los resultados de este estudio permiten documentar un proceso activo de regeneración

natural en los fragmentos evaluados. Se ratifica la importancia de estos fragmentos como reservas de biodiversidad, que aportan a la permanencia del BST en el tiempo y representan una herramienta de investigación de las dinámicas que se dan en un ecosistema tan amenazado. Sin embargo, las matrices alrededor de estos fragmentos representan una barrera para su expansión y conectividad con otros fragmentos, por lo cual se hacen necesarias estrategias que favorezcan la dispersión de semillas hacia el exterior y optimicen las condiciones para la germinación y el establecimiento de los nuevos propágulos.

Agradecimientos

Los autores agradecemos a Camilo Giraldo y Daniel Jiménez por su apoyo en campo, así como a Édier Soto y Mauricio Posada por la identificación de los especímenes. También damos nuestros agradecimientos a los revisores anónimos por sus valiosas sugerencias para mejorar este artículo. Al Instituto para la Preservación del Patrimonio Cultural y Natural del Valle del Cauca (INCIVA) y a la familia Molina por su apoyo logístico durante la investigación y permiso de investigación. Este estudio fue financiado por Ecopetrol en su Tercera Convocatoria Nacional a la Biodiversidad “para la presentación de proyectos encaminados a la conservación de la diversidad biológica de los boques secos tropicales de Colombia y sus servicios ecosistémicos”, como parte del proyecto *Los bordes como amortiguadores de la degradación de los fragmentos de bosque seco tropical*.

Referencias

- Albornoz, F. E., Gaxiola, A., Seaman, B. J., Pugnaire, F.I. y Armesto J.J. (2013) Nucleation-driven regeneration promotes post-fire recovery in a Chilean temperate forest. *Plant Ecology*, 214, 765-776.
- Arcila, A. M., Valderrama C. y Chacón, P. (2012). Estado de fragmentación del bosque seco de la cuenca alta del río Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*, 13, 86-101.
- Benítez-Malvido, J. (1998). Impact of forest fragmentation on seedling abundance in a tropical rain forest. *Conservation Biology*, 12(2), 380-389.
- Benítez-Malvido, J. y Lemus-Albor, A. (2005). The seedling community of tropical rain forest edges and its interaction with herbivores and pathogens. *Biotropica*, 37, 301-313.
- Botzat, A., Fischer, L., y Farwig, N. (2015). Regeneration potential in South African forest fragments: extinction debt paid off or hampered by contemporary matrix modification?. *Plant Ecology*, 216(4), 535-551.
- Bouroncle, C. y Finegan, B. (2011). Tree regeneration and understory woody plants show diverse responses to forest-pasture edges in Costa Rica. *Biotropica*, 43(5), 562-571.
- Brandão, J. D. F. C., Martins, S. V. y Brandão, I. J. (2016). Potencial de regeneração de uma área invadida por *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn no parque nacional do caparaó. *Floresta*, 46(4), 543-552.
- Cavender-Bares, J. y Bazzaz, F. (2000). Changes in drought response strategies with ontogeny in *Quercus rubra*: implications for scaling from seedlings to mature trees. *Oecologia*, 124, 8-18.
- Chen, J., Saunders, S., Crow, T., Naiman, R., Brosofske, K., Mroz, G., Brookshire, B., Franklin, J. F. (1999) Microclimate in Forest Ecosystem and Landscape Ecology: Variations in local climate can be used to monitor and compare the effects of different management regimes. *BioScience*, 49 (4), 288-297, <https://doi.org/10.2307/1313612>
- Comita, L. S., Queenborough, S. A., Murphy, S. J., Eck, J. L., Kaiyang, X., Krishnadas, M., Beckman, N. y Zh, Y. (2014). Testing predictions of the JanzenConnell hypothesis: a meta-analysis of experimental evidence for distance and density-dependent seed and seedling survival. *Journal of Tropical Ecology*, 102, 845-856.
- Corbin, J. D. y Holl, K. D. (2012). Applied nucleation as a forest restoration strategy. *Forest Ecology and Management*, 265, 37-46.

- Cubiña, A. y Aide M, T. (2001). The effect of distance from forest edge on seed rain and soil seed bank in a tropical pasture. *Biotropica*, 33(2), 260-267.
- Dewalt, S. J., Taylor, B. N. y Ickes, K. (2015). Density-dependent Survival in Seedlings Differs among Woody Life-forms in Tropical Wet Forests of a Caribbean Island. *Biotropica*, 47, 310-319.
- Fahrig, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, 34(1), 487-515.
- Faraway, J. (2016). *Extending the linear model with R: generalized linear, mixed effects and nonparametric regression models*. USA: CRC Press. 312 pp.
- Fischer, J. y Lindenmayer, D. B. (2007). Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. *Global ecology and biogeography*, 16(3), 265-280.
- Fletcher, Jr., Ries, R. J., Battin, L. y Chalfoun, A. D. (2007). The role of habitat area and edge in fragmented landscapes: definitely distinct or inevitably intertwined? *Canadian journal of zoology*, 85 (10), 1017-1030.
- García, H., Corzo, G., Isaacs, P. y Etter, A. (2014). Distribución y estado actual de los remanentes del bioma de bosque seco tropical en Colombia: insumos para su gestión. Pp: 229-241. *En Pizano, C. y García, H. El Bosque Seco Tropical en Colombia* (349 pp). Bogotá, D.C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Grubb, P. J. (1977). The maintenance of species-richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. *Biological reviews*, 52(1), 107-145.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T. y Ryan, P. D. (2001). Paleontological Statistics Software: Package for Education and Data Analysis. *Paleontologia Electronica*.
- Harper, K. A., Macdonald, S. E., Burton, P. J., Chen, J., Brososke, K. D., Saunders, S. C., y Esseen, P. A. (2005). Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. *Conservation Biology*, 19(3), 768-782.
- Holl, K. D. (1999). Factors limiting tropical rain forest regeneration in abandoned pasture: seed rain, seed germination, microclimate, and soil. *Biotropica*, 31(2), 229-242.
- Holl, K. D., Loik, M. E, Lin, E. H. YSamuels I. A. (2000). Tropical montane forest restoration in Costa Rica: overcoming barriers to dispersal and establishment. *Restoration ecology*, 8(4), 339-349.
- Janzen, D. H. (1988). Management of Habitat Fragments in a Tropical Dry Forest: Growth. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 75(1), 105-116.
- Laurance, W. F., Lovejoy T. E., Vasconcelos H. L., Bruna E. M., Didham, R. K., Stouffer, P. C., y Sampaio E. (2002). Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22 - year investigation. *Conservation Biology*, 16(3), 605-618.
- Laurance, W. F., Nascimento, H. E., Laurance, S. G., Andrade, A. C., Fearnside, P. M., Ribeiro, J. E., y Capretz, R. L. (2006). Rain forest fragmentation and the proliferation of successional trees. *Ecology*, 87 (2), 469-482.
- Lopes, A. V., Girão, L. C., Santos, B. A., Peres, C. A. y Tabarelli, M. (2009). Long-term erosion of tree reproductive trait diversity in edge-dominated Atlantic forest fragments. *Biological Conservation*, 142 (6), 1154-1165.
- Lozano, F. H., Vargas, W., Caicedo, P. C., Jiménez, E., Guerra, G. y Cardona, C. A. (2007). *Herramientas de manejo del paisaje para favorecer el mantenimiento y la restauración del bosque seco tropical en el valle geográfico del río cauca*. Informe para el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Miles, L., Newton, A. C., DeFries, R. S., Ravilious, C., May, I., Blyth, S., y Gordon, J. E. (2006). A global overview of the conservation status of

- tropical dry forests. *Journal of Biogeography*, 33(3), 491-505.
- Mok, H.-F., Arndt, S. K. y Nitschke, C. R. (2012). Modelling the potential impact of climate variability and change on species regeneration potential in the temperate forests of South-Eastern Australia. *Global Change Biology*, 18, 1053-1072. doi:10.1111/j.1365-2486.2011.02591.x
- Molina, C., Molina, C., Molina, E. y Molina, J. (2012). Manejo agroecológico de caña de azúcar y sistemas silvopastoriles intensivos Alternativas sostenibles para el valle geográfico del río Cauca. Reserva Natural El Hatico. *Revista Técnica*, 29, 28-35.
- Murcia, C. (1995). Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in ecology & evolution*, 10(2), 58-62.
- Murphy, P. G., y Lugo, A. E. (1986). Ecology of tropical dry forest. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 17, 67-88.
- Norden, N., Chave, J., Caubere, A., Chatelet, P., Ferroni, N., Forget, P. M. y Thébaud, C. (2007). Is temporal variation of seedling communities determined by environment or by seed arrival? A test in a neotropical forest. *Journal of Ecology*, 95(3), 507-516.
- Norden, N. (2014). Del porqué la regeneración natural es tan importante para la coexistencia de especies en los bosques tropicales. *Colombia Forestal*, 17(2), 247-261.
- Phillips, O. L., Rose, S., Mendoza, A. M., y Vargas, P. N. (2006). Resilience of southwestern Amazon forests to anthropogenic edge effects. *Conservation Biology*, 20(6), 1698-1710.
- Pizano, C. y García, H. (2014). *El bosque seco tropical en Colombia*. Bogotá, D.C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Poorter, L. y Markesteijn, L. (2008). Seedling traits determine drought tolerance of tropical tree species. *Biotropica*, 40(3), 321-331.
- Ries, L., Fletcher, Jr. R. J., Battin, J. y Sisk, T. D. (2004). Ecological responses to habitat edges: mechanisms, models, and variability explained. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35, 491-522.
- RCore Team. (2014). R: a language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, available at: www.r-project.org (accessed September 2015).
- Rojas, O. (1991). Evolución de una sucesión vegetal en el Valle del Cauca: Generalidades sobre el estudio de la dinámica de regeneración en el Santuario de El Vínculo. *Cespedesia*, 13 (49-50), 152-221.
- Sampaio, A. B. y Scariot, A. (2011). Edge effect on tree diversity, composition and structure in a deciduous dry forest in central Brazil. *Revista Árvore*, 35 (5), 1121-1134.
- Saunders, D. A., Hobbs, R. J. y Margules, C. R. (1991). Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology*, 5 (1), 18-32.
- Silverstone-Sopkin, P. A. (2011). *Los muertos vivientes: la historia natural de cuatro lirios amazónicos del suroccidente de Colombia*. 100 pp. Cali, Colombia: Programa Editorial, Universidad del Valle.
- Sizer, N., y Tanner, E. V. (1999). Responses of woody plant seedlings to edge formation in a lowland tropical rainforest, Amazonia. *Biological Conservation*, 91(2), 135-142.
- Torres, A. M., Adarve, J. B., Cárdenas, M., Vargas, J. A., Londoño, V., Rivera, K., Home, J., Lucía, O. y María, Á. (2012). Dinámica sucesional de un fragmento de bosque seco tropical. *Biota Colombiana*, 13, 66-85.
- Vargas-Rodriguez, Y. L., Vázquez-García, J. A. y Williamson, G. B. (2005). Environmental correlates of tree and seedling-sapling distributions in a Mexican tropical dry forest. *Plant Ecology*, 180, 117-134.

Vieira, D. L. y Scariot, A. (2006). Principles of natural regeneration of Tropical Dry Forests for regeneration. *Restoration Ecology*, 14, 11-20.

Williams-Linera, G. (1990). Vegetation Structure and Environmental Conditions of Forest Edges in Panama. *The Journal of Ecology*, 78, 356-373.

Williams-Linera, G. y Lorea, F. (2009). Tree species diversity driven by environmental and anthropogenic factors in tropical dry forest fragments of central Veracruz, México. *Biodiversity and Conservation*, 3269-3293.

Anexo 1. Especies registradas en los dos fragmentos de bosque seco tropical (PNR El Vínculo y El Hatico) en el estado de adulto (A) y en las dos etapas de sucesión, juvenil (J) y plántula (P), y lugar de regeneración (LR) de especies indicadoras en la matriz (M), borde (B), interior (I). Disponible en línea: <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota/rt/suppFiles/552/0>

Natalia Henao
Universidad del Valle
Cali, Colombia
henao.natalia@correounivalle.edu.co

Alba Marina Torres
Universidad del Valle
Cali, Colombia
alba.torres@correounivalle.edu.co

Juan Carlos Tafur
Universidad del Valle
Cali, Colombia
jcarlostafur@gmail.com

Leonardo Guevara
Universidad del Valle
Cali, Colombia
leonardo.guevara@correounivalle.edu.co

¿Existe un efecto de borde sobre la estructura vegetal y el potencial de regeneración en fragmentos de bosque seco tropical?

Citación del artículo: Henao, N., Torres, A. M., Tafur, J. C. y Guevara, L. (2018). ¿Existe un efecto de borde sobre la estructura vegetal y el potencial de regeneración en fragmentos de bosque seco tropical? *Biota Colombiana*, 19(1), 3-20. DOI: 10.21068/c2018.v19n01a01.

Recibido: 25 de noviembre de 2015
Aprobado: 1 de mayo de 2018

Patrones espaciales en un herbazal halófilo: suelos, comunidades vegetales y plasticidad fenotípica de *Sporobolus virginicus* (L.) Kunth, Révis. Gramin. 1: 67 (1829) en el Estado Miranda, Venezuela

Spatial patterns in a halophyte grassland: soils, plant communities and phenotypic plasticity of *Sporobolus virginicus* (L.) Kunth, Révis. Gramin. 1: 67 (1829) in Miranda state, Venezuela

Yamilex Avendaño, Irene C. Fedón, Eduardo M. Barreto-Pittol, María de los Ángeles Marrero, María B. Barreto y Lourdes M. Suárez-Villasmil

Resumen

Se estudió la asociación entre los cambios del sustrato y la vegetación en un herbazal halófilo dominado por *Sporobolus virginicus*. Se cuantificaron la densidad aparente (g/cm^3), la materia orgánica (%), el carbono inorgánico (%), el pH, la textura, la salinidad del suelo (‰) y la salinidad intersticial (‰), así como la cobertura relativa de cada especie (%), la cobertura total (%) y la biomasa total (g/m^2) de la vegetación, en 42 unidades de muestreo ubicadas en un transecto de 66 metros de longitud. La comunidad conformada por 7 especies, estuvo dominada por 2 morfotipos de *S. virginicus*. El morfotipo grande (probablemente variedad *virginicus*) estuvo asociado con suelos de mayor pH, mayor densidad aparente, menor salinidad y menor porcentaje de materia orgánica, en comparación con el morfotipo pequeño (probablemente variedad *minor*). El pH, el porcentaje de materia orgánica, la salinidad y la densidad aparente determinaron significativamente ($p < 0,001$) 26 % de la variación explicada en la comunidad. Sobre el transecto se conformaron 3 zonas con características edáficas distintas, en las cuales se establecieron distintas comunidades herbáceas con algunas especies compartidas. La dinámica del agua en el suelo podría responder a pequeñas variaciones en la microtopografía, lo que determinaría diferencias en los procesos de inundación y evaporación a escala local.

Palabras clave. Estado Miranda. Herbáceas halófilas. Humedales. Suelos hídricos.

Abstract

The relationship between soil and vegetation was studied in a salt marsh dominated by *Sporobolus virginicus* (L.) Kunth (Poaceae). We used 42 sampling units placed on a 66 m long transect; in each soil sample we measured the bulk density (g/cm^3), organic matter (%), inorganic carbon (%), pH, texture, soil salinity (‰) and interstitial salinity (‰). Also, the relative cover of each species (%), total vegetation cover (%), total biomass of the vegetation (g/m^2), and the relative composition (%) of each species was measured. The community consisted of 7 species and was dominated by 2 *S. virginicus* morphotypes: a large morphotype (probably *virginicus* variety) was associated with soils characterized by higher

pH, higher bulk density, lower salinity and lower organic matter (%), in comparison with the small morphotype (probably *minor* L. M. Bailey variety). The pH, organic matter, salinity and bulk density determined significantly ($p < 0.001$) 26% of explained variance of this community. The transect showed three zones with different edaphic characteristics and different herbaceous communities; nevertheless, those communities had some common species. The water dynamic of the soil may respond to small topographic variations, which could in turn determine differences on local flood and evaporation processes.

Keywords. Herbaceous halophytes. Hydric soils. Miranda state. Wetlands.

Introducción

Los herbazales halófilos están asociados con ambientes costeros en los cuales hay acumulación de sedimento, crecimiento de angiospermas (Pennings y Bertness, 2001) y un amplio espectro de gradientes ambientales que dan como resultado la zonación de las plantas (Lonard *et al.*, 2011). Pueden presentar suelos inundados o saturados por agua de manera permanente o estacional (Mitsch y Gosselink, 2007; State of Florida, 2011: Everglades forever, Glossary of Terms, <http://www.dep.state.fl.us/evergladesforever/about/glossary.htm#w>) y funcionan como ambientes de transición entre ecosistemas marinos y terrestres. Son considerados biodiversos por sus especies, condiciones y procesos biogeoquímicos (Mitsch y Gosselink, 2007; Reddy y DeLaune, 2008), constituyen hábitats críticos para especies amenazadas y funcionan como centros de especiación (Mitsch y Gosselink, 2007; Figueroa *et al.*, 2016). En los herbazales halófilos sometidos a inundación por agua dulce y/o la marea, la topografía y la hidrología son los principales factores con efecto sobre los cambios del sustrato (Reddy y DeLaune, 2008; Kim y Yu, 2009), ya que determinan variaciones en la humedad, el pH y estado de oxidación de las especies químicas (Pennings y Callaway, 1992; van de Rijt *et al.*, 1996; Gordon *et al.*, 2007; Mitsch y Gosselink, 2007; Reddy y DeLaune, 2008), la disponibilidad de nutrientes (Güsewell, 2005; van Diggelen *et al.*, 2015), la descomposición de la materia orgánica (Torres *et al.*, 2012) y la salinidad (Reddy y DeLaune, 2008; Lonard *et al.*, 2011); de modo que la presencia, profundidad y duración de la lámina de agua produce cambios en la biogeoquímica

y genera variaciones espaciotemporales en las condiciones del suelo, dependiendo de la exposición a una lámina de agua con características específicas (Reddy, 1993; Barker y Maltby, 2009). En los herbazales halófilos, los gradientes locales son más relevantes que los procesos regionales en la estructuración de sus comunidades, que son descritas como relativamente simples y conformadas por especies con amplia distribución geográfica (Guo *et al.*, 2015).

Las adaptaciones de las especies que crecen en herbazales halófilos responden a las constantes fluctuaciones de los factores ambientales (Mitsch y Gosselink, 2007), especialmente la salinidad (Sharpe y Baldwin, 2009; Lonard *et al.*, 2011). Una de las respuestas adaptativas de las plantas ante la variabilidad ambiental de estos ecosistemas es la plasticidad fenotípica, que permite la tolerancia a variaciones ambientales, incluidas aquellas asociadas con cambios climáticos (Gratani, 2014). Cabrera *et al.* (2013) identificaron en la zona de estudio la presencia de dos morfotipos de *Sporobolus virginicus* (L.) Kunth, los que a partir de su morfología, es posible que correspondan con alguna de las variedades de esta especie reportadas para Australia y Estados Unidos (Smith-White, 1979, 1988). El morfotipo pequeño (probablemente *S. virginicus* var. *minor* L.M. Bailey) presenta menos inflorescencias, más tallos y más estolones, así como culmos más cortos de aproximadamente la mitad del diámetro, en comparación con el morfotipo grande (probablemente *S. virginicus* var. *virginicus*). Teniendo en cuenta las condiciones de estos ambientes, se hace la predicción de que si

hay cambios en el sustrato, estos deben determinar la distribución de las comunidades herbáceas y posiblemente estar relacionados con la plasticidad fenotípica de *Sporobolus virginicus*. De esta forma, este trabajo desarrolló una caracterización de los suelos, así como de la estructura y la composición florísticas de la vegetación, en un herbazal halófilo adyacente a un manglar que tiene influencia de una laguna de agua dulce de poca profundidad, y está cubierto en gran parte por un herbazal de plantas emergentes y flotantes.

Materiales y métodos

Área de estudio. El herbazal halófilo se ubica en la laguna La Reina, municipio Brión, estado Miranda, Venezuela (10°31'20"N-66°07'53"O; 3 m s.n.m.); la laguna está localizada entre los poblados de Higuerote, Carenero y Curiepe (Figura 1).

El uso predominante del área es turístico-recreacional, urbano y agrícola; y los usos asociados son protector, portuario, seguridad y defensa, así como obras de infraestructuras (almacenaje de petróleo, aeropuerto de Higuerote y canales de navegación) (CEOTE BM, 2010). La precipitación promedio anual es de 1135 mm, producto de los vientos alisios cargados de humedad que penetran por la zona costera, con variaciones entre los 1000 y 1500 mm/año. El clima es biestacional, con un periodo de lluvia entre agosto y noviembre-diciembre. Las temperaturas máxima y mínima son 27 °C y 18 °C respectivamente, con un promedio anual de 25 °C (Barreto *et al.*, 2001).

La red hidrográfica que aporta agua dulce a este humedal posee un patrón de drenaje dependiente de la geología: el río Curiepe (régimen permanente) y la quebrada El Oso (régimen desconocido) aportan agua dulce a la laguna Loma del Viento, y esta a su vez a la laguna La Reina; por otro lado, la quebrada Los Flores (régimen desconocido) aporta agua dulce directamente a la laguna La Reina (CEOTE BM, 2010).

El relieve es plano, con una pendiente menor a 10° y alturas que no superan los 40 m, siendo

una planicie aluvial reciente y un extenso plano costero (CEOTE BM, 2010). La vegetación está conformada por manglares litorales y estuarinos, así como por vegetación halófila que cubre las áreas intermareales y las lagunas costeras. En la actualidad, los bosques que rodean la laguna han estado bajo una intensa presión humana debido al desarrollo turístico y recreacional de la región (Barreto *et al.*, 2001) con presencia de actividades urbanas, recreativas, agrícolas y ganaderas (Suárez-Villasmil *et al.*, 2015).

El herbazal halófilo se localiza entre un humedal de macrófitas emergentes, dominado por *Cyperus articulatus* L. (Cyperaceae) y un bosque de manglar dominado por *Avicennia germinans* L. (Acanthaceae) con presencia de *Rhabdadenia biflora* (Jacq.) Müll. Arg. (Apocynaceae) y planicies salinas desprovistas de vegetación (Figura 2).

Trabajo de campo. El muestreo fue realizado en agosto de 2013 en un herbazal halófilo dominado por *Sporobolus virginicus*. Se definió un transecto de 66 m de longitud, con 14 puntos separados entre sí por una distancia de 4 m. Este transecto se orientó en dirección norte (punto 1) a sur (punto 14), aproximadamente (Figura 1). En cada punto del transecto se establecieron tres parcelas de 1 m², separadas 2 m entre sí, por lo que a nivel de cada punto se estudiaron tres franjas: la franja A, con ubicación más cercana a una planicie salina, un manglar dominado por *Avicennia germinans* y un arbustal (Figura 1), la franja B, intermedia y topográficamente más elevada, y la franja C, más cercana a un humedal dominado por *Cyperus articulatus*. En total, se colocaron 42 unidades de muestreo.

Todas las parcelas de 1 m² fueron georreferenciadas con un receptor de posicionamiento global (GPS) Garmin®, modelo eTrex Vista Cx, con precisión de ± 5 m. En cada parcela se colectó una muestra de suelo en los primeros 20 cm de profundidad para la cuantificación de las variables fisicoquímicas, y otra muestra para determinación de la densidad aparente. Se tomaron cuatro

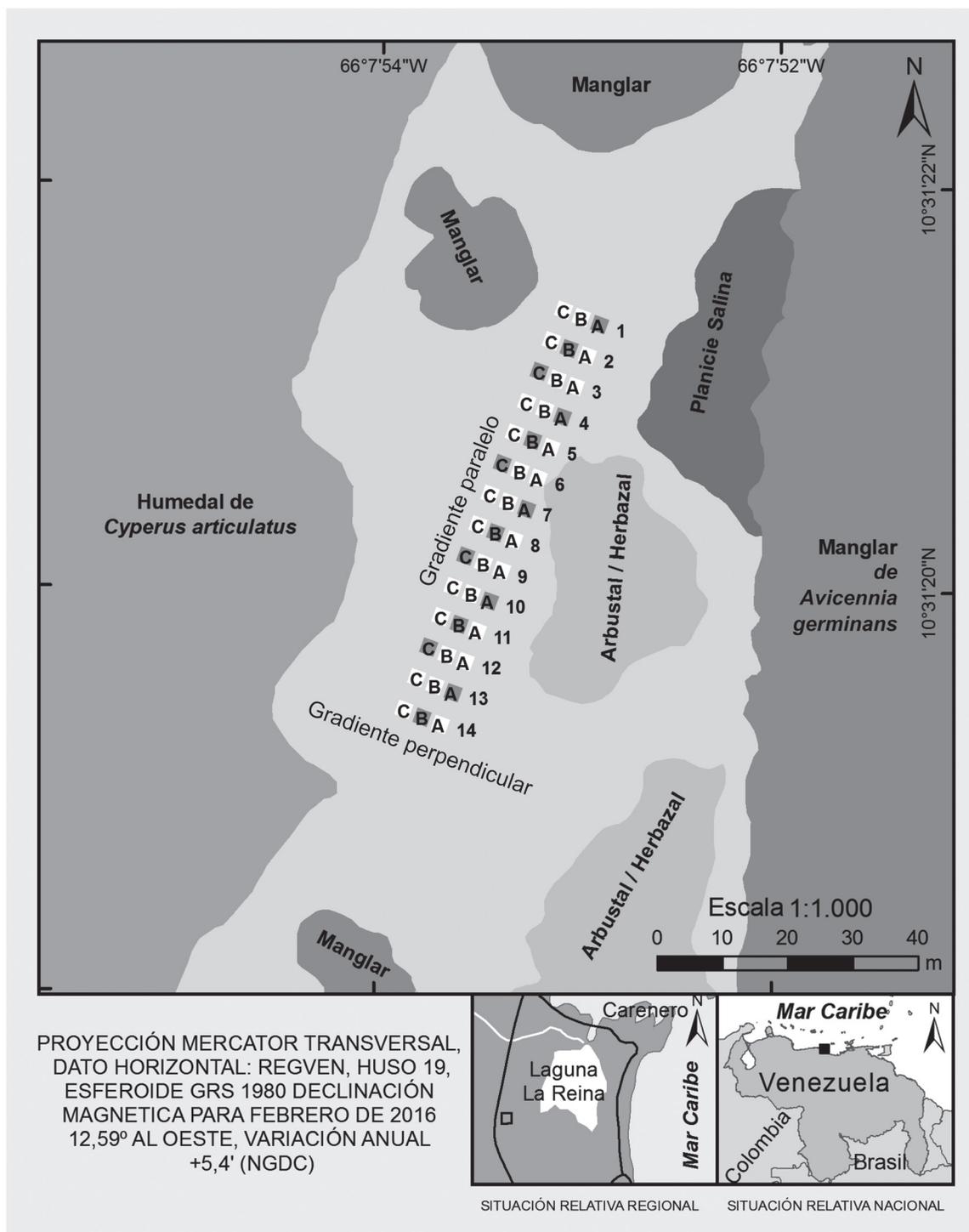


Figura 1. Área de estudio: laguna La Reina, municipio Brión, estado Miranda. Se presentan las unidades de vegetación, las unidades de muestreo (recuadros) así como la ubicación relativa de los dos gradientes: paralelo al manglar de *Avicennia germinans* y al herbazal de *Cyperus articulatus* se encuentra un gradiente orientado entre los puntos 1 y 14. Perpendicular a este, se establecieron las franjas: A) más cercana al manglar, B) intermedia y C) más cercana al humedal de *Cyperus articulatus*. La biomasa fue cosechada sistemáticamente solo en las unidades sombreadas.

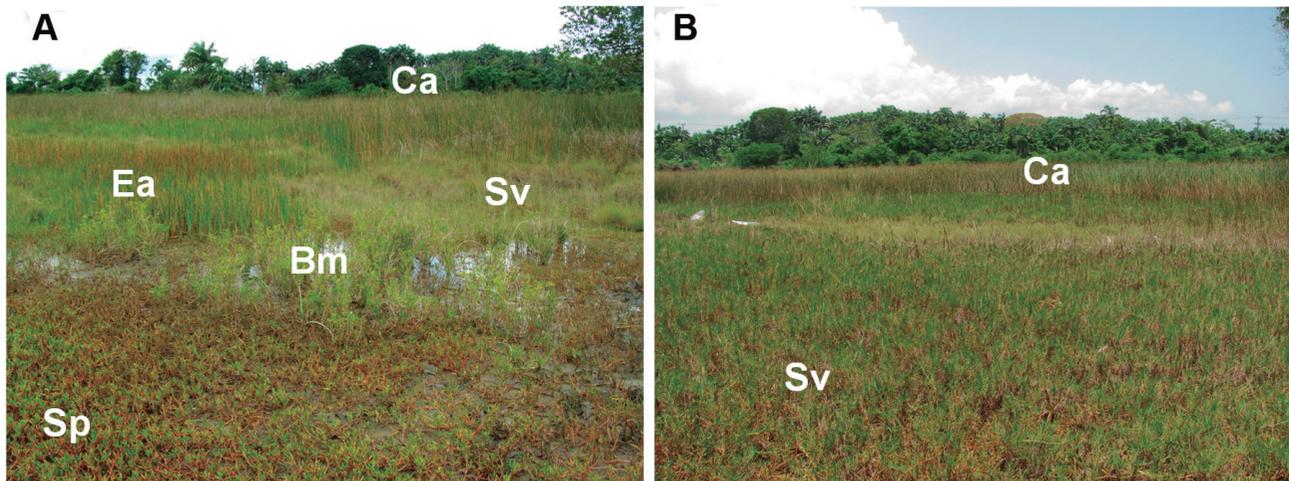


Figura 2. Fotografías del herbazal estudiado donde se observan las franjas o zonas de vegetación. A) El humedal presenta lámina de agua, en primer plano se observa *Sesuvium portulacastrum* (Sp) seguido de *Batis maritima* (Bm) y luego a la izquierda un parche de *Eleocharis acutangula* (Ea) y a la derecha de *Sporobolus virginicus* (Sv, ambos morfotipos). Al fondo un humedal leñoso o arbóreo con palmas del género *Roystonea* detrás de una franja de *Cyperus articulatus* (Ca). B) Al frente de esta visual se observa un parche de *Sporobolus virginicus* (Sv, ambos morfotipos) y luego un parche de *Cyperus articulatus* (Ca).

muestras de agua intersticial por punto de muestreo (a una profundidad de 10 cm), a una distancia de 50 cm entre sí y a 25 cm del borde de la parcela. Las muestras de suelo fueron colocadas en bolsas plásticas, y las muestras de agua en envases plásticos, para su preservación, transporte y posterior tratamiento en el laboratorio.

Tratamiento de las muestras. Las muestras de suelo fueron colocadas en envases de plástico y secadas en una estufa a 50 °C. Posteriormente fueron fragmentadas, tamizadas (usando una apertura de malla de 2 mm) y homogeneizadas para los análisis de laboratorio. La determinación de la textura, se realizó aplicando el método de Bouyoucos (1962), con una solución de pirofosfato de sodio (0,02 N) como dispersante.

Para determinar la densidad aparente, se tomó una muestra de los primeros 10 cm del suelo con tubos de policloruro de vinilo (PVC) de 5,1 cm de diámetro y 10 cm de longitud. Se determinó el peso húmedo de la muestra contenida en el cilindro así como el peso seco luego de colocarlo en una estufa con ventilación forzada a 50 °C, hasta llevarlo a

peso constante. La densidad aparente (g/cm^3) se calculó como la relación entre el peso seco de la muestra y el volumen del cilindro que la contenía.

La salinidad intersticial fue cuantificada con un refractómetro digital ATAGO® precisión $\pm 1\%$, en muestras extraídas a 10 cm de profundidad. El pH y la salinidad de las muestras de suelo fueron determinados hidratando 3 g de suelo seco, con 15 mL de agua desionizada, en una relación 1:5, agitando la mezcla manualmente por cinco minutos y dejando reposar por un periodo mayor a 14 horas. En el líquido sobrenadante se realizaron las medidas de salinidad con un instrumento ATAGO® de precisión 0,1 % y pH con un instrumento HANNA® (modelo 991301), de precisión $\pm 0,01$; y para la salinidad $\pm 2\%$ F.S (Full scale).

Utilizando calentamiento progresivo en una mufla, se realizaron determinaciones de materia orgánica y carbonato inorgánico (CO_3^{2-}) utilizando el método de pérdida por ignición (Loss on Ignition, LOI). Para ello fueron utilizados crisoles de porcelana donde se pesó aproximadamente 1 g

de muestra. El porcentaje de materia orgánica se determinó a 550 °C por 2,5 horas y el porcentaje de carbonato inorgánico a 950 °C por 2,5 horas (Hieri *et al.*, 2001).

Muestreo de vegetación. En cada parcela de 1 m² se estimó *in situ* el porcentaje de cobertura aérea (biomasa total y por especie). Adicionalmente, se cosechó la biomasa en cada punto, utilizando una subunidad muestral de 0,25 m² en las parcelas seleccionadas de 1 m² (Figura 1). El material vegetal fue almacenando en una bolsa de papel y pesado *in situ*, posterior a lo cual se separó manualmente la biomasa verde y seca. Las muestras se secaron en una estufa con ventilación forzada a 35 °C hasta peso constante.

Adicionalmente fueron colectados especímenes botánicos para su posterior identificación; que se llevó a cabo empleando claves taxonómicas (Conard, 1905; Velázquez, 1994; Rial, 2009), así como a través de la comparación con material del Herbario Nacional de Venezuela (VEN) y del herbario del Laboratorio de Ecología de Plantas Acuáticas (LEPA), Instituto de Zoología y Ecología Tropical (IZET), Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela (UCV). Los morfotipos de *Sporobolus virginicus* fueron identificados de acuerdo con las muestras testigo empleadas por Cabrera *et al.* (2013), las cuales están referidas en el Herbario Nacional de Venezuela (VEN) con las siguientes identificaciones: “Steyermark y Manara 110330” (morfotipo grande) y “Aristeguieta 448” (morfotipo pequeño).

Procesamiento estadístico. Las asociaciones entre las variables del sustrato se midieron con el coeficiente de correlación *r* de Spearman (Daniel, 2002). Las diferencias en los parámetros del sustrato fueron determinadas con la prueba de Kruskal-Wallis (Zar, 1999); y en los casos donde hubo al menos un valor distinto ($p < 0,05$), fue aplicada la prueba *a posteriori* de Mann-Whitney con la corrección de Bonferroni (Hammer *et al.*, 2001). Las probabilidades derivadas de la prueba *a posteriori* son mencionadas cuando hay valores significativamente distintos.

La composición de especies fue estudiada a través del promedio del porcentaje de cobertura relativa de cada especie. El análisis de la composición florística sobre el transecto sugirió la diferenciación del área de muestreo en tres zonas. La confirmación de este resultado fue hecha con un Análisis discriminante (Afifi y Clark, 1997), sobre las variables estandarizadas del suelo que mostró algún cambio en dicho transecto. Posteriormente, se aplicó un Análisis de Similitudes o ANOSIM (Clarke, 1993) que produce un valor alto del estadístico *R* ($p < 0,05$) en presencia de comunidades distintas. El ANOSIM midió las similitudes entre comunidades con la distancia Bray-Curtis (Anderson, 2001). La prueba *a posteriori* asociada con el ANOSIM permitió identificar comunidades distintas entre sí.

Para medir la asociación de los morfotipos de *Sporobolus virginicus* se aplicó la prueba de Ji-cuadrado (χ^2) bajo la hipótesis de independencia (Daniel, 2002). Se reportó, además, el valor del coeficiente “Phi” (Yule, 1912) que estandariza el valor de Ji-cuadrado para que varíe entre cero y uno, mostrando la magnitud de la asociación.

Para evaluar la forma como los factores edáficos determinan la estructura comunitaria, se aplicó un Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) (Ter Braak, 1986), cuyo porcentaje de varianza explicada es proporcional al nivel de determinación que tienen las variables ambientales sobre la estructura de la comunidad (Palmer, 1993). Todos los análisis y gráficos fueron realizados con el programa PAST (Hammer *et al.*, 2001) versión 3.13 (Agosto 2016).

Resultados

Cobertura, biomasa, composición y riqueza de la vegetación. Entre franjas (A, B, C) solo se detectaron cambios en la biomasa total (Tabla 1), ya que la franja A mostró menor biomasa total (412,4 g/m², $p < 0,09$) que las franjas B y C (828,3 g/m² promedio). Al estudiar los atributos estructurales sobre el transecto (por puntos), solo los puntos extremos difirieron ($p < 0,05$) en su cobertura

total (punto 1: 51,6 %; punto 14: 95,1 %), pero no hubo diferencias entre puntos consecutivos del transecto. El resto de los atributos estructurales no se comparó estadísticamente porque solo se cosechó una unidad de biomasa por punto.

Se encontraron en total siete especies herbáceas con un porcentaje de cobertura relativa muy desigual (Tabla 2). *Sporobolus virginicus* fue dominante (85,74 %) y estuvo representada por los dos morfotipos referidos, el grande (probablemente *S.virginicus* var. *virginicus*) ligeramente con mayor cobertura que el pequeño (probablemente *S.*

virginicus var. *minor*). *Eleocharis acutangula* (Roxb.) Schult. (Cyperaceae) fue la segunda especie con mayor cobertura y el resto de las especies fueron muy escasas, con coberturas inferiores al 2 %. La distribución de las especies sobre las franjas (Tabla 2) muestra que *Sporobolus virginicus* (ambos morfotipos) y *Eleocharis acutangula* estuvieron presentes en las tres franjas, pero su cobertura relativa varió ligeramente de una franja a otra. *Typha domingensis* Pers. (Typhaceae) no apareció en la franja C y *Cyperus articulatus* no apareció en la franja A, la más lejana al humedal dominado por esta especie.

Tabla 1. Media, mínimo y máximo de los atributos estructurales de la vegetación así como los parámetros del sustrato. Se presentan los niveles de significancia (p) para evaluar diferencias por parcelas (A, B, C), por puntos (1 al 14) y por zonas (1, 2, 3). La significancia para las variables marcadas con * no se pudo calcular porque solo se cosechó una muestra de biomasa por punto.

Variables	n	Media	Min-Max	P (Parcela A, B, C)	P (Punto 1 al 14)	P (Zonas, 1, 2, 3)
Cobertura total (%)	42	76,6	(41,6-100)	0,64	0,01	0,00
Biomasa verde (g/m ²)	14	84,0	(15,5-222,2)	0,06	*	0,91
Biomasa seca (g/m ²)	14	87,3	(39,4-188,6)	0,08	*	0,59
Biomasa total (g/m ²)	14	171,3	(54,8-410,8)	0,05	*	0,89
Relación verde/seco	14	1,0	(0,4-2,5)	0,42	*	0,29
Densidad aparente (g/cm ³)	42	1,2	(0,9-1,4)	0,43	0,07	0,05
Materia orgánica (%)	42	2,7	(1,6-3,7)	0,25	0,02	0,02
Carbono inorgánico (%)	42	1,7	(1,1-2,0)	0,98	0,10	0,08
pH del suelo	42	7,7	(7,3-8,1)	0,00	0,03	0,00
Arena (%)	42	68,0	(59,3-78,0)	0,05	0,33	0,13
Limo (%)	42	30,7	(20,0-39,6)	0,04	0,39	0,14
Arcilla (%)	42	1,3	(0,0-4,4)	0,61	0,67	0,68
Salinidad suelo (‰)	42	8,3	(5,0-12,5)	0,60	0,11	0,004
Salinidad intersticial (‰)	42	21,7	(14,8-28,8)	0,42	0,51	0,29

Tabla 2. Composición florística y cobertura promedio (%) de las especies presentes en el herbazal halófilo. Fueron delimitadas tres franjas: A) más cercanas al manglar, B) intermedias) y C) adyacentes al humedal dominado por *Cyperus articulatus*.

Nombre científico	Familia	Franja A	Franja B	Franja C	Total
<i>Rhabdadenia biflora</i> (Jacq) Mull.Arg	Apocynaceae	0,02	0,00	0,00	0,01
<i>Batis maritima</i> L.	Bataceae	0,03	0,00	0,00	0,01
<i>Sesuvium portulacastrum</i> (L.) L.	Aizoaceae	0,34	0,00	0,00	0,11
<i>Typha domingensis</i> Pers.	Typhaceae	0,20	1,38	0,00	0,52
<i>Sporobolus virginicus</i> L. Kunth - Morfotipo grande	Poaceae	47,48	37,05	47,95	44,16
<i>Sporobolus virginicus</i> L. Kunth - Morfotipo pequeño	Poaceae	33,71	50,53	40,49	41,58
<i>Eleocharis acutangula</i> (Roxb.) Schult.	Cyperaceae	17,72	8,94	9,83	12,16
<i>Cyperus articulatus</i> L.	Cyperaceae	0,00	2,11	1,73	1,28

La cobertura de las tres especies más abundantes evidenció una estructuración natural del transecto en tres regiones (Figura 3), diferenciándose la zona 1, entre los puntos 1 y 5; la zona 2, del 6 al 10 y la zona 3, del 11 al 14. El morfotipo pequeño fue dominante en las zonas 1 y 3 y estuvo prácticamente ausente en la zona 2, mientras que el morfotipo grande fue dominante en la zona 2, pero tuvo baja abundancia en la zona 1 y prácticamente estuvo ausente en la zona 3. La frecuencia de aparición de estos morfotipos mostró una dependencia negativa (χ^2 [$v = 1$, $n = 672$] = 284,694; $p < 0,0001$), que produjo un valor del coeficiente Phi $\Phi = -0,651$ ($p < 0,0001$). Este valor negativo y de magnitud media-alta refleja, en primer lugar, que existe algún tipo de exclusión importante entre los dos morfotipos, y en segundo lugar, que aunque los morfotipos tienden a excluirse, pueden también aparecer en la misma unidad muestral. El análisis de similitudes (ANOSIM) produjo como resultado un $R = 0,427$ ($p < 0,0001$) que indica que al menos una de las zonas constituye una comunidad distinta de las demás. En este caso, la prueba a posteriori para el ANOSIM evidenció que las tres

zonas constituyeron comunidades distintas ($p < 0,0066$).

Caracterización del suelo. La densidad aparente, el carbono inorgánico, el contenido de arcilla, la salinidad intersticial y la salinidad del suelo, no mostraron diferencias significativas (Tabla 1). El pH presentó variaciones sobre las franjas, siendo más básico en la franja B (7,9; $p < 0,003$) con respecto a las franjas A y C (promedio=7,3). Asimismo, el porcentaje de limo fue más bajo en las franjas B (29 %, $p < 0,03$) en relación con los valores hallados en A y C (promedio = 32 %). El porcentaje de arena fue mayor en la franja B (70 %, $p < 0,02$) al comparar con los valores hallados en A y C (promedio = 67 %), lo que evidencia que a nivel de las franjas, la región intermedia (B) presentó pH ligeramente más básico y suelos ligeramente más arenosos que la las franjas A y C.

Al evaluar los parámetros a lo largo del transecto, se observaron diferencias en el pH del suelo y en el porcentaje de materia orgánica, pero la prueba *a posteriori* no detectó tratamientos diferentes. Debido a la inconsistencia de este resultado, se

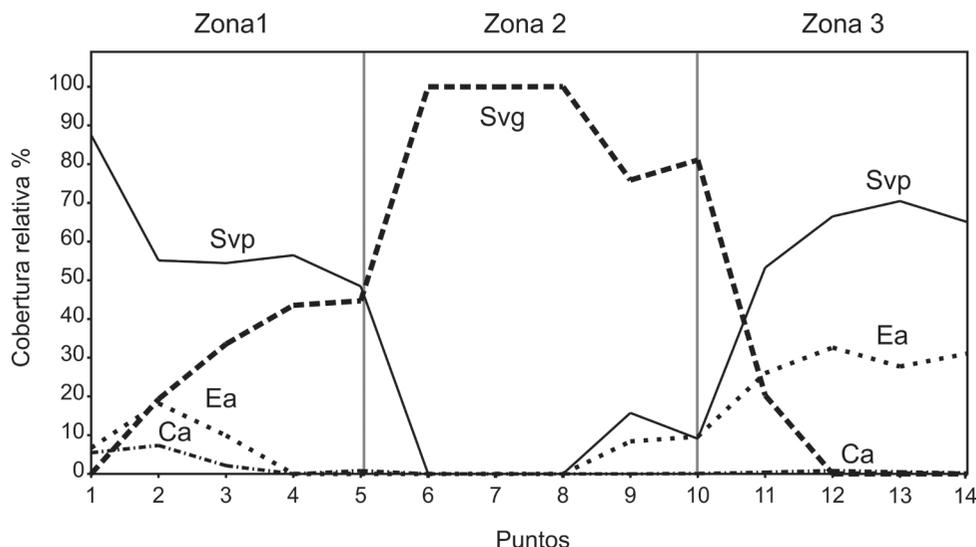


Figura 3. Cobertura de *Sporobolus virginicus* morfotipo pequeño (Svp), *Sporobolus virginicus* morfotipo grande (Svg), *Eleocharis acutangula* (Ea) y *Cyperus articulatus* (Ca) a lo largo de los 14 puntos del muestreo. La distribución de estas especies hizo evidente la presencia de tres zonas naturales.

decidió explorar las variaciones a nivel de las zonas (Figura 3), encontrando que la densidad aparente en la zona 2 fue mayor ($1,2 \text{ g/cm}^3$; $p < 0,02$) que en las zonas 1 y 3 (promedio = $1,0 \text{ g/cm}^3$) (Tabla 1); el pH del suelo en la zona 2 fue mayor ($7,9$; $p < 0,02$) en comparación con las zonas 1 y 3 (promedio = $7,6$); la salinidad de la zona 1 fue mayor ($9,6 \text{ ‰}$; $p < 0,02$) que la de las zonas 2 y 3 (promedio $7,8 \text{ ‰}$); y el porcentaje de materia orgánica de la zona 3 fue mayor ($2,5 \text{ ‰}$; $p < 0,01$) que el de las zonas 1 y 2 (promedio = $1,8 \text{ ‰}$).

El análisis discriminante realizado con la densidad aparente, porcentaje de materia orgánica, pH y salinidad del suelo produjo 79 % de clasificación correcta entre las tres zonas, lo que evidencia condiciones edáficas distintas con una diferenciación gradual entre ellas (Figura 4). La zona 1 estuvo caracterizada por mayor salinidad, menor densidad aparente, menor pH y niveles de materia orgánica que variaron de intermedios a altos. La zona 2 presentó un pH más básico y mayor densidad aparente, pero menor contenido de materia orgánica y salinidad del suelo. La zona 3 estuvo caracterizada por mayor contenido de

materia orgánica, menor densidad aparente y pH del suelo, con valores de salinidad del suelo medios y por debajo del promedio.

La incorporación de otras variables hidroedáficas en el análisis no mejoró el porcentaje de discriminación correcta entre zonas y no hubo asociación entre las franjas A, B o C con alguna de las variables ambientales.

Los parámetros del sustrato que mostraron correlaciones significativas ($p < 0,05$) fueron la densidad aparente con el pH del suelo ($r = 0,61$), la densidad aparente con el porcentaje de materia orgánica ($r = -0,59$) y el pH del suelo con el porcentaje de materia orgánica ($r = -0,42$). También hubo una alta correlación negativa entre el porcentaje de arena y de limo ($r = -0,97$), pero esta relación se produjo porque el porcentaje de arcilla fue muy bajo (Tabla 1) y el porcentaje de arena aumentó prácticamente a expensas de la disminución del porcentaje de limo.

El ambiente y la vegetación. El Análisis de Correspondencia Canónico indicó que 26 % de

la variación (inercia) de este sistema es explicada por la densidad aparente, el porcentaje de materia orgánica, el pH y la salinidad del suelo ($p < 0,002$).

Los dos primeros ejes canónicos (Figura 5) acumularon 96 % de la variación explicada de este sistema. Los morfotipos de *Sporobolus virginicus* se ubicaron en extremos opuestos del diagrama (Figura 4), lo que los asocia con condiciones

edáficas distintas. El morfotipo grande apareció en sustratos con pH más básico, mayor densidad aparente, menor salinidad y menor porcentaje de materia orgánica en comparación con el morfotipo pequeño. El resto de las especies mostró preferencia a alcanzar su máxima dominancia en las zonas 1 y 3, donde hubo mayor contenido de materia orgánica y salinidad en el suelo, así como un pH menos básico.

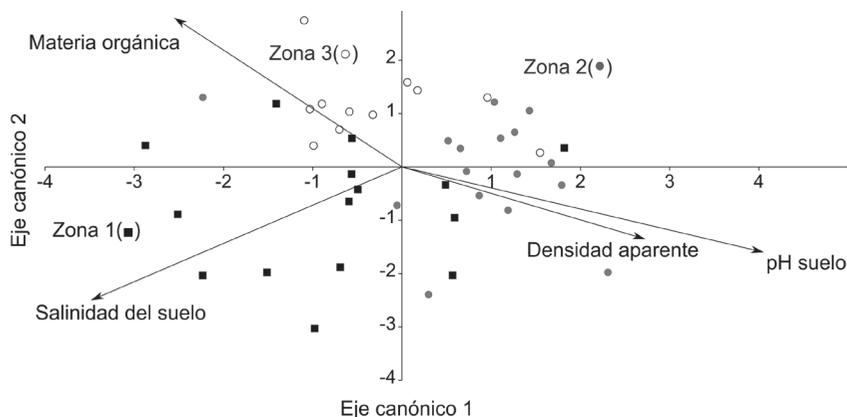


Figura 4. Biplot canónico derivado del análisis discriminante. Las unidades muestrales se representan por puntos de la zona 1 (■), zona 2 (●) y zona 3 (○). Las flechas indican la dirección de aumento de las variables edáficas.

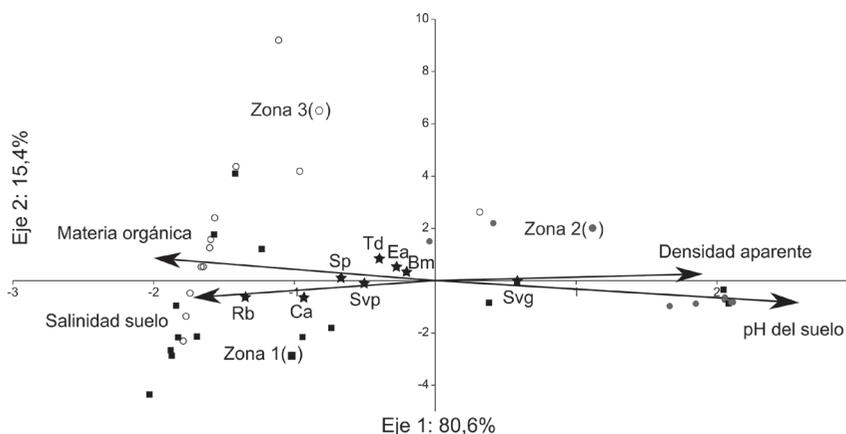


Figura 5. Diagrama de ordenación del Análisis de Correspondencia Canónica (CCA). Las unidades muestrales se representan por puntos de la zona 1 (■), zona 2 (●) y zona 3 (○). Las especies (★) se abrevian: *Sporobolus virginicus* morfotipo pequeño (Svp), *Sporobolus virginicus* morfotipo grande (Svg), *Eleocharis acutangula* (Ea), *Cyperus articulatus* (Ca), *Sesuvium portulacastrum* (Sp), *Typha domingensis* (Td), *Batis maritima* (Bm), *Rhabdadenia biflora* (Rb). Las flechas indican la dirección de aumento de las variables edáficas. Los Factores de Inflación de la Varianza son: Materia orgánica: 1.37; Salinidad del suelo: 1.14; Densidad aparente: 1.33 y pH del suelo: 1.60.

Discusión

Los resultados apoyan la hipótesis de que las condiciones del sustrato pueden determinar cambios en la comunidad vegetal y particularmente en la distribución de los dos morfotipos de *Sporobolus virginicus*. El transecto estudiado presentó diferencias significativas en algunos parámetros del suelo, aunque la prueba *a posteriori* no detectó diferencias entre sus unidades, lo que en principio resultó inconsistente. Sin embargo, el rechazo o aceptación de una hipótesis nula solo es un resultado apoyado por los datos disponibles (Daniel, 2002) que en este caso estuvieron conformados por 14 puntos de muestreo y 3 réplicas por punto, con un cierto nivel de error estándar. Al cambiar la escala de análisis, los mismos datos fueron reorganizados por zonas, considerando más réplicas por punto y reduciendo el error estándar, lo que facilita la detección de diferencias significativas, cuando existen. Más allá del argumento estadístico, la nueva escala de análisis surgió por el patrón observado en la vegetación, lo que reflejó la importancia de escoger una escala apropiada para registrar los procesos que ocurren en un ambiente natural (Kim y Zheng, 2011) y resalta el valor de la vegetación como un indicador de los cambios en el sustrato (Härdtle *et al.*, 2006).

El transecto presentó variaciones en el suelo consistentes con otros estudios realizados en herbazales halófilos que señalan al relieve, la hidrología y la salinidad como los factores más importantes sobre los cambios en el sustrato (Breen *et al.*, 1977; Goudkamp y Chin, 2006; Lonard *et al.*, 2011, 2013; Guo *et al.*, 2015). Algunos de los parámetros del suelo estuvieron correlacionados: la asociación negativa entre el pH y el porcentaje de materia orgánica es explicada porque a mayor contenido de materia orgánica hay mayor liberación de protones (H^+) y en consecuencia menor pH (Ritchie y Dolling, 1985; Reddy y DeLaune, 2008), asociación que también fue encontrada en 18 humedales herbáceos del estado Miranda (Suárez-Villasmil *et al.*, 2015). La relación negativa entre la densidad aparente y el

porcentaje de materia orgánica se produce porque al aumentar los contenidos de materia orgánica en el suelo, mejora su capacidad de retener humedad y disminuye su densidad aparente (Heuscher *et al.*, 2005; Salamanca y Sadeghian, 2005; Ruehlmann y Körschens, 2009); en consecuencia, un suelo con mayor densidad aparente presenta también pH más alto, como lo apoyan los resultados de este estudio.

La distribución de las especies respondió a diferencias en la densidad aparente, el pH del suelo, la salinidad y el porcentaje de materia orgánica, los cuales delimitaron tres zonas con distintas características edáficas y límites difusos entre ellas, donde se conformaron ensamblajes comunitarios distintos con algunas especies compartidas. Solo se encontró un trabajo con estudios comparables para la asociación entre los factores ambientales y composición de especies: este trabajo fue realizado en China (He *et al.*, 2012) y sus resultados fueron muy similares a los de este estudio, determinando que los factores importantes en el herbazal halófilo conformado por ocho especies, fueron el pH, la densidad aparente, salinidad, contenido de humedad en el suelo y el carbono orgánico. Estos resultados evidencian que puede existir similitud en la dinámica de los herbazales halófilos a pesar de encontrarse a distintas latitudes y presentar distinta composición de especies.

La asociación entre estas variables con efecto importante sobre la estructura de la comunidad hace pensar que los principales factores que originan sus cambios son la materia orgánica (con efecto sobre el pH y la densidad aparente del suelo) y la salinidad. La materia orgánica es producida en gran parte por las plantas emergentes (helófitas) que dominan los humedales herbáceos, de las cuales una baja proporción es consumida y asimilada por la fauna y la restante muere en pie y se incorpora a la cadena de detritus (Torres *et al.*, 2012). La dinámica de la materia orgánica garantiza el aporte de nutrientes a estos ambientes (Neiff, 2001), porque en períodos de inundación,

el oxígeno se agota en la lámina de agua y la descomposición es prácticamente nula. Esto produce una acumulación de nutrientes que serán liberados en forma disponible para las plantas cuando la lámina de agua se retire y el oxígeno haga posible la descomposición de la materia orgánica (Reddy y DeLaune, 2008). La salinidad, con efecto determinante en la zonación de las especies (Pennings y Callaway, 1992; Sharpe y Baldwin, 2009; Lonard *et al.*, 2011; Guo *et al.*, 2015) se produce como resultado de la dinámica de las lagunas La Reina y Loma del Viento, las cuales también dependen del régimen de precipitación y de evaporación de la zona. Este herbazal, dominado por *Sporobolus virginicus* presentó una salinidad mucho mayor a los herbazales dominados por esta planta en la isla La Tortuga, Venezuela (Marrero, 2013), donde también fue dominante en suelos con salinidades entre 2 y 14 ‰, lo que muestra su amplia tolerancia a la salinidad. En experimentos realizados con esta especie, la tasa de crecimiento así como la biomasa aérea y subterránea incrementaron con el contenido de cloruro de sodio (NaCl) del medio de crecimiento, con salinidades máximas entre 6 y 9 ‰ (Bell y O'Leary, 2003). Sin embargo, de acuerdo con el cociente molar potasio/sodio (K/Na) esta especie es considerada como halotolerante (Medina *et al.*, 2008).

La dominancia desigual de las especies refleja ausencia o muy bajo nivel de perturbaciones en esta comunidad (Connell, 1978; Dunn y Scott, 1987; Dial y Roughgarden, 1998; Svensson *et al.*, 2012). Las especies con mayor cobertura pertenecen a las familias Poaceae y Cyperaceae, como se ha reportado en estos ambientes (Gordon, 2000; Muldavin *et al.*, 2000; Gordon *et al.*, 2001; García-López *et al.*, 2006; Suárez-Villasmil *et al.*, 2015).

La familia Poaceae estuvo representada por *Sporobolus virginicus*, que fue la especie dominante, con más del 85 % de la cobertura aérea (biomasa total). Esta planta se distribuye en una amplia variedad de ambientes costeros como playas, dunas arenosas, herbazales halófilos, praderas costeras o pantanos costeros (Medina *et al.*, 2008),

ya que está estimulada por la salinidad, pues elimina el exceso de sal a través de glándulas ubicadas en sus hojas, evitando la acumulación tóxica de sodio (Bell y O'Leary, 2003; Lonard *et al.*, 2013). En este trabajo pensamos que los dos morfotipos hallados tienen similitud morfológica con las variedades *minor* y *virginicus* de *S. virginicus* reportadas para Estados Unidos (Lonard *et al.*, 2013) y que Cabrera *et al.* (2013) reconocieron en la misma zona de estudio dos años antes del muestreo sobre el cual se basó este trabajo. Sin embargo, no podemos confirmar que los morfotipos correspondan con estas dos variedades sin el respaldo de un estudio cromosómico, lo cual escapa al alcance del proyecto de investigación.

Los dos morfotipos de *Sporobolus virginicus* se excluyeron y se ubicaron sobre condiciones edáficas distintas: el morfotipo pequeño (probablemente *S. virginicus* var. *minor*) estuvo asociado con suelos con menor densidad aparente, menor pH, mayor porcentaje de materia orgánica y mayor salinidad en el suelo en comparación con el morfotipo grande (probablemente *S. virginicus* var. *virginicus*). La densidad aparente es la masa de un volumen de suelo seco que incluye tanto los sólidos como los poros, por ello es un indicador de la estructura, resistencia mecánica y cohesión del suelo donde aquellos con mayor densidad aparente tienen menor aireación y dificultan el crecimiento de las raíces, afectando el crecimiento de las plantas al variar la resistencia y porosidad del suelo sobre las raíces (FAO, 2009). Los valores de DA obtenidos en este trabajo (0,9 a 1,4 g/cm³) son considerados altos (FAO, 2009), pero las diferencias en la DA podrían ser determinantes sobre las diferencias encontradas en la distribución de los dos morfotipos. Cabrera *et al.* (2013) también encontraron asociación del morfotipo pequeño con suelos de menor densidad aparente, mientras que Lonard *et al.* (2013) relacionaron al morfotipo pequeño con dunas y al grande con pantanos.

La familia Cyperaceae apareció representada por *Eleocharis acutangula* y *Cyperus articulatus*; *E. acutangula* ha sido reportada en humedales y pantanos (Rolon y Maltchik, 2006), en asociación

frecuente con *Oxycaryum cubense* (Poepp. & Kunth) Palla (Cyperaceae) (Galán De Mera y Linares-Perea, 2008). *Cyperus articulatus* estuvo poco representada en el área de estudio, pero dominó el herbazal adyacente con suelos cubiertos por una lámina de agua más profunda y posiblemente con mayor permanencia, ya que esta especie se encuentra en suelos inundados por aguas dulces (Gupta *et al.*, 2015: *Cyperus articulatus*, The IUCN Red List of Threatened Species 2015, <http://www.iucnredlist.org/>) y en la colmatación de lagunas y esteros (Galán De Mera y Linares-Perea, 2008). Estas dos especies de ciperáceas presentan rizomas que le facilitan la reproducción vegetativa y la formación de colonias. Las ciperáceas favorecen la formación de suelo, ya que sus culmos crecen muy cerca unos de otros y en gran número, lo que genera retención y asentamiento de la materia orgánica (Espinár *et al.*, 2002). Además, al ser hierbas de crecimiento rápido, al igual que las poáceas, generan más cantidad de biomasa, lo que incrementa la fijación del carbono por parte del humedal.

Batis maritima L. (Bataceae) y *Sesuvium portulacastrum* (L.) L. (Aizoaceae) estuvieron asociadas con las parcelas A, las más cercanas al manglar. *Batis maritima*, aparece en amplia variedad de ambientes costeros, tolera bien la salinidad y es afectada por la inundación sostenida (Lonard *et al.*, 2011), sin embargo, es conocida por facilitar el establecimiento de plántulas de *Avicennia germinans* (Milbrandt y Tinsley, 2006; Whigham *et al.*, 2009), mientras que *Sesuvium portulacastrum* estabiliza los suelos y favorece la formación de dunas (Tavares-Correa y Sabogal, 2003), actuando como una barrera contra el agua y la arena (Lonard y Judd, 1997). *Batis maritima* y *Sesuvium portulacastrum*, con órganos suculentos y un cociente molar más bajo que el de *Sporobolus virginicus*, son consideradas como halófitas *sensu stricto* (Medina *et al.*, 2008).

Typha domingensis está asociada con hábitats fértiles, perturbados y con una lámina de agua profunda (> 1,2 m), ya que posee adaptaciones para tolerar altas salinidades, presencia de metales

pesados y largos periodos de inundación (Olivares *et al.*, 2002). *Typha domingensis*, además, responde favorablemente a excesos de nitrógeno y fósforo en el ambiente (Olivares *et al.*, 2002; Vera *et al.*, 2010; Vieira de Mendonça *et al.*, 2012), reduciendo la eutrofización y mejorando la calidad de las aguas. *Rhabdadenia biflora* estuvo presente en muy baja cobertura y con solo una aparición, es una liana que tolera sustratos de baja salinidad y que está asociada con manglares, sobre los que crece como medio de soporte para facilitar su acceso a la luz (Hernández Carmona, *et al.* 2014).

Los resultados de este trabajo muestran cómo la tolerancia diferencial a las distintas condiciones del humedal, produce la zonación de la vegetación (Sculthorpe, 1971; Spence, 1982; Keddy, 1984; Klosowski, 1992; Pennings y Callaway, 1992; Gordon, 1998; Gordon *et al.*, 2001; Barker y Maltby, 2009; Guo *et al.*, 2015), debido a cambios en la composición de especies. La dinámica del agua del suelo y las condiciones microtopográficas en ambientes planos, tienen un efecto ecológicamente significativo sobre la comunidad vegetal, pues los sectores más deprimidos pueden acumular más agua que otros más elevados con efecto sobre la fertilidad y otras de las propiedades del sustrato (Martín *et al.*, 2007). Esto hace pensar que los cambios podrían estar relacionados con mínimas variaciones en la topografía, es decir, pequeñas elevaciones y depresiones que podrían determinar diferencias en los procesos de inundación y evaporación a escala local. Marrero (2013) encontró que variaciones en la topografía explicaron diferencias observadas en las condiciones de los suelos de distintos tipos de herbazales halófilos y psamófilos. En estos herbazales, *Sporobolus virginicus* se ubicó sobre zonas topográficamente más elevadas, mientras que *Batis maritima* y *Sesuvium portulacastrum* fueron encontradas sobre zonas más deprimidas y cercanas al nivel freático.

Conclusiones

La tolerancia diferencial a las distintas condiciones del humedal estuvo asociada con las variaciones en la composición de especies y en particular, en

la distribución de dos morfotipos de una misma especie. Si bien este trabajo no caracterizó el relieve detallado en cada muestra para confirmar si las diferencias en los tipos de suelo podían asociarse con variaciones en el microrelieve, los resultados muestran que el nivel de complejidad de este ambiente apunta a abordar su estudio considerando no solo la medición del pH, densidad aparente, porcentaje de materia orgánica y salinidad, sino además caracterizando detalladamente la microtopografía del relieve y su asociación con los factores edáficos, probablemente a través de la medición de la profundidad del agua superficial.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela (CDCH-UCV), a través del Proyecto PI 7731-2009. Los autores agradecemos a Carlos Alvarado, Rossana Mendoza y a la familia Barreto por su apoyo en las actividades de campo, así como a Elizabeth Gordon, Shingo Nozawa e Ismael Hernández, por sus sugerencias al trabajo. Asimismo al Laboratorio de Ecología de Plantas Acuáticas y al Laboratorio de Ecología de la Vegetación del Instituto de Zoología y Ecología Tropical, de la Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, por sus materiales y recursos para realizar el procesamiento de las muestras. También agradecemos a los revisores anónimos que evaluaron nuestro trabajo por sus valiosas sugerencias para la versión final.

Referencias

- Afifi, A. A. y Clark, V. (1997). *Computer-Aided Multivariate Analysis*. Boca Ratón: Chapman y Hall. 455 pp.
- Anderson, M. J. (2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, 26, 32-46.
- Barker, T. y Maltby, E. (2009). The Dynamics of Wetlands (pp: 115-119). En Maltby, E. y Barker T. (Eds.) *The Wetlands Handbook*. Oxford: Wiley Blackwell.
- Barreto, M. B., Camaripano, B., Dorta, K., Freire, R., Manuitt, P. y Rangel, G. (2001). Composición florística y zonación de los bosques de mangle de la laguna La Reina (Higuerote, Edo. Miranda, Venezuela) (p. 264). En Programa y libro de Resúmenes del IX Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar. San Andrés, Colombia.
- Bell, H. L. y O'Leary, J. W. (2003). Effects of Salinity on Growth and Cation Accumulation of *Sporobolus virginicus* (Poaceae). *American Journal of Botany*, 90, 1416-1424.
- Boyucos, G. J. (1962). Hydrometer method improved for making particles size analysis of soil. *Agronomy Journal*, 54, 464-465.
- Breen, C. M., Everson, C. y Rogers, K. (1977). Ecological studies on *Sporobolus virginicus* (L.) Kunth with particular reference to salinity and inundation. *Hydrobiologia*, 54(2), 135-140.
- Cabrera, V., Avendaño Y., Marrero M. A., Mendoza R., Pérez K., Barreto M. B. y Suárez-Villasmil L. (2013). Distribución de dos morfotipos de *Sporobolus virginicus* (L.) Kunth en un humedal herbáceo en aguna La Reina, Higuerote, Venezuela. En Programa y Libro de Resúmenes del X Congreso Venezolano de Ecología. Mérida, Venezuela. p. 590.
- CEOTE BM Comisión Estatal de Ordenación del Territorio del estado bolivariano de Miranda. (2010). *Propuesta del plan de ordenación del territorio del estado bolivariano de Miranda*. (Informe Técnico). Gobernación del estado Miranda, Los Teques. 259 pp.
- Clarke, K. R. (1993). Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18, 117-143.
- Connell, J. H. (1978). Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, 199, 1302-1309.
- Conard, H. (1905). *The waterlilies: a monograph of the genus Nymphaea* (428 pp). The Carnegie Institution of Washington, Baltimore.

- Daniel, W. (2002). *Bioestadística: base para el análisis de las ciencias de la salud* (910) pp. Limusa-Wiley, México D.F.
- Dial, R. y Roughgarden, J. (1998). Theory of marine communities: the intermediate disturbance hypothesis. *Ecology*, 79, 1412-1424.
- Dunn, C. P. y Scott, M. L. (1987). Response of wetland herbaceous communities to gradients of light and substrate following disturbance by thermal pollution. *Vegetatio*, 70(2), 119-124.
- Espinar, J., García, L., García, P. y Toja, J. (2002). Submerged macrophyte zonation in a Mediterranean salt marsh: a facilitation effect from established helophytes? *Journal of Vegetation Science*, 13, 831-840.
- FAO. (2009). *Guía para la Descripción de los Suelos*. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, Roma, 99 pp.
- Figueroa, A., Contreras, M., Saavedra, B. y Espoz, C. (2016). Chilean Wetlands: Biodiversity, Endemism, and Conservation Challenges. En Finlayson, C. M., Everard M., Irvine K., McInnes R., Middleton B., van Dam A. y Davidson N. C. (Eds.). *The Wetland Book*. Pp. 1-17. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Galán De Mera, A. y Linares-Perea, E. (2008). Datos sobre la vegetación de los humedales de América del Sur. De las sabanas bolivianas a los llanos del Orinoco (Venezuela). *Acta Botánica Malacitana*, 33, 271-288.
- García-López, E., Zavala-Cruz, J. y Palma-López, D. J. (2006). Caracterización de las comunidades vegetales en un área afectada por derrames de hidrocarburos. *Terra Latinoamericana*, 24(1), 17-26.
- Gordon, E. (1998). Composición fisionómica y florística de humedales dominados por *Montrichardia arborescens* en Laguna Grande (Monagas, Venezuela). *Acta Biológica Venezuelica*, 18(1), 55-76.
- Gordon, E. (2000). Dinámica de la vegetación y del banco de semillas en un humedal herbáceo lacustrino (Venezuela). *Revista de Biología Tropical*, 41, 25-42.
- Gordon, E., Peña, C., Rodríguez, C., Rodríguez, J. y Delgado, L. (2001). Caracterización de la vegetación en un humedal herbáceo Oligohalino (Sabanas de Venturini, Sucre, Venezuela). *Acta Biologica Venezuelica*, 21, 41-49.
- Gordon, E., Feo, Y. y Suárez-Villasmil, L. (2007). Efecto de la profundidad del agua sobre el crecimiento y biomasa de *Hymenachne amplexicaulis* en un humedal (estado Miranda, Venezuela). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 24, 214-219.
- Goudkamp, K. y Chin, A. (2006). *Mangroves and Saltmarshes*. Informe técnico (34 pp). The State of the Great Barrier Reef, Great Barrier Reef Marine Park Authority, Townsville.
- Gratani, L. (2014). Plant phenotypic plasticity in response to environmental factors. *Advances in Botany*. Article ID 208747, 17 p. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/208747>.
- Guo, H., Chamberlain, S. A., Elhaik, E., Jalli, I., Lynes, A. R., Marczak, L., Sabath, N., Vargas, A., Wieski, W., Zelig, E. M. y Pennings, S. C. (2015). Geographic Variation in Plant Community Structure of Salt Marshes: Species, Functional and Phylogenetic Perspectives. *Plos One* 2015. DOI: 10.1371/journal.pone.0127781.
- Gusewell, S. (2005). Responses of wetland graminoids to the relative supply of nitrogen and phosphorus. *Plant Ecology*, 176, 35-55.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T. y Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontología Electrónica*, 4, 9.
- Härdtle, W., Redecker, B. y Meyer, H. (2006). Vegetation responses to environmental conditions in floodplain grasslands: Prerequisites for preserving plant species diversity. *Basic and Applied Ecology*, 7(3), 280-288.
- He, Q., Chen, F., Cui, B. y An, Y. (2012). Multi-scale segregations and edaphic determinants of marsh

- plant communities in a western Pacific estuary. *Hydrobiología*, 696, 171-183.
- Hernández Carmona, S., Carmona, Díaz S. y García Orduña, F. (2014). Ecología de la liana *Rhabdadenia biflora* (Apocynaceae) en el manglar de Sontecomapan, Catemaco, Veracruz, México. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 2(4), 836-841.
- Heiri, O., Lotte, A. y Lemcke, G. (2001). Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology*, 25, 101-110.
- Heuscher, S. A., Brandt, C. C. y Jardine, P. M. (2005). Using soil physical and chemical properties to estimate bulk density. *Soil Science Society of American Journal*, 69, 51-56.
- Keddy, P. A. (1984). Plant Zonation on lakeshores in Nova Scotia: A test of the Resource Specialization Hypothesis. *Journal of Ecology*, 72(3), 797-808.
- Kim, D. y Yu, K. B. (2009). A conceptual model of coastal dune ecology synthesizing spatial gradients of vegetation, soil, and geomorphology. *Plant Ecology*, 202, 135-148.
- Kim, D. y Zheng, D. (2011). Scale-dependent predictability of DEM-based landform attributes for soil spatial variability in a coastal dune system. *Geoderma*, 164, 181-194.
- Klosowski, S. (1992). Temporal and Spatial variation of habitat conditions in the zonation of littoral plant communities. *Aquatic Botany*, 43, 199-208.
- Lonard, R. I y Judd, F. W. (1997). The biological flora of coastal dunes and wetlands. *Sesuvium portulacastrum* (L.) L. *Journal of Coastal Research*, 13(1), 96-104.
- Lonard, R. I., Judd, F. W. y Stalter, R. (2011). The Biological Flora of Coastal Dunes and Wetlands: *Batis maritima* C. Linnaeus. *Journal of Coastal Research*, 27, (3):441-449.
- Lonard, R. I., Judd, F. W. y Stalter, R. (2013). The Biological Flora of Coastal Dunes and Wetlands: *Sporobolus virginicus* (C. Linnaeus) K. Kunth. *Journal of Coastal Research*, 29(3), 706-716.
- Marrero, M. A. (2013). *Condiciones edáficas de los herbazales halófitos de la isla La Tortuga Venezuela*. (Trabajo de grado). Caracas: Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias, Escuela de Biología. 51 pp.
- Martín, B., Sosa O., Montico, S. y Zerpa, G. (2007). Relación entre las unidades de vegetación y la microtopografía en un pastizal ubicado en un sector mal drenado de Argentina. *Ciencia e Investigación Agraria*, 34(2), 103-113.
- Medina, E., Francisco, A. M., Wingfield, R. y Casañas, O. L. (2008). Halofitismo en Plantas de la costa Caribe de Venezuela: Halófitas y Halotolerantes. *Acta Botánica Venezuelica*, 31, 49-80.
- Milbrandt, E. y Tinsley, M. N. (2006). The role of saltwort (*Batis maritima* L.) in regeneration of degraded mangrove forests. *Hidrobiología*, 568, 369-377.
- Mitsch, W. J. y Gosselink, J. G. (2007). *Wetlands*. New Jersey: John Wiley y Sons Inc. 582 pp.
- Muldavin, E., Durkin, P., Bradley, M., Stuevery, M. y Mehlhop, P. (2000). *Handbook of Wetland Vegetation Communities of New Mexico*. University of New Mexico, Albuquerque, 207 pp.
- Neiff, J. J. (2001). Diversity in some tropical wetland systems of South America. En Gopal, B., Junk, W. J. y Davies, J. A. (Eds.). *Biodiversity in wetlands: assessment, function and conservation*. Pp. 157-186. Leiden: Backhuys Publishers.
- Olivares, E., Vizcaíno, D. y Gamboa, A. (2002). Mineral nutrition of three aquatic emergent macrophytes in a managed wetland in Venezuela. *Journal of plant nutrition*, 25(3), 475-496.
- Palmer, M. (1993). Putting things in even better order: The advantages of Canonical Correspondence Analysis. *Ecology*, 74(8), 2215-2230.
- Pennings, S. C. y Callaway, R. M. (1992). Salt marsh plant zonation: the relative importance of competition and physical factors. *Ecology*, 73(2), 681-690.

- Pennings, S. C. y Bertness, M. D. (2001). Salt marsh communities. En Bertness, M. D., Gaines, S. D. y Hay, M. E. *Marine community ecology*. Pp. 289-316. Sunderland: Sinauer Associates Inc.
- Reddy, K. R. (1993). Wetland soils-opportunities and challenges. *Soil Science Society of America Journal*, 57, 1145-1146.
- Reddy, K. R. y DeLaune, R. D. (2008) *Biogeochemistry of Wetlands*. Science and Applications. Boca Ratón: CRC Press. Boca Ratón. 774 pp.
- Rial, A. (2009). *Plantas acuáticas de los llanos inundables del Orinoco*. Caracas: Editorial Orinoco-Amazonas. 392 pp.
- Ritchie, G. S. P. y Dolling, P. J. (1985). The role of organic matter in soil acidification. *Australian Journal of Soil Research*, 23(4), 569-576.
- Rolon, A. S. y Maltchik, L. (2006). Environmental factors as predictors of aquatic macrophyte richness and composition in wetlands of Southern Brazil. *Hydrobiología*, 556(1), 221-231.
- Ruellmann, J. y Körschens, M. (2009). Calculating the Effect of Soil Organic Matter Concentration on Soil Bulk Density. *Soil Science Society of American Journal*, 73, 876-885.
- Salamanca, J. A. y Sadeghian, K. H. (2005). La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera colombiana. *Cenicafé*, 56(4), 381-397.
- Sculthorpe, D. (1971). *The Biology of Aquatic Vascular Plants*. Londres, Inglaterra: Edward Arnold Ltd. Publ. 610 pp.
- Sharpe, P. J. y Baldwin, A. H. (2009). Patterns of wetland plant species richness across estuarine gradients of Chesapeake Bay. *Wetlands*, 29(1), 225-235.
- Smith-White, A. R. (1979). Polyploidy in *Sporobolus virginicus* (L.) Kunth. *Australian Journal of Botany*, 27(4), 429-437.
- Smith-White, A. R. (1988). *Sporobolus virginicus* (L.) Kunth in Coastal Australia: the reproductive behaviour and the distribution of morphological types and chromosome races. *Australian Journal of Botany*, 36(1), 23-39.
- Spence, D. H. N. (1982). The zonation of plants in freshwater lakes. *Advances in Ecological Research*, 12, 37-125.
- Suárez-Villasmil, L. M., Barreto-Pittol, E. M., Fedón, I. C., Gordon, E., García, D., Avendaño, Y. y Barreto, M. B. (2015). Riqueza, composición florística y factores hidroedáficos en humedales herbáceos de Barlovento (Estado Miranda, Venezuela). *Métodos en Ecología y Sistemática*, 10(2), 29-44.
- Svensson, J. R., Lindgarth, M., Jonsson, P. R. y Pavia, H. (2012). Disturbance-diversity models: what do they really predict and how are they tested? *Proceedings of the Royal Society*, 279(1736), 2163-2170.
- Tavares-Correa, C. y Sabogal, A. (2003). Estabilización de dunas litorales utilizando *Sesuvium portulacastrum* L. en el departamento de la libertad, costa norte del Perú. *Ecología Aplicada*, 2(1), 47-50.
- Ter Braak, C. J. F. (1986). Canonical Correspondence Analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67, 1167-1179.
- Torres, R., Lugo, C., Gordon, E. y Suárez-Villasmil, L. (2012). Descomposición foliar *in situ* de *Heliconia marginata* en un humedal herbáceo (Barlovento, Venezuela). *Polibotánica*, 34:1-20.
- van de Rijt, C. W. C. J., Hazelhoff, L. y Blom, C. W. P. M. (1996). Vegetation zonation in a former tidal area: A vegetation-type response model based on DCA and logistic regression using GIS. *Journal of Vegetation Science*, 7(4), 505-518.
- van Diggelen, J. M. H., Smolders, A. J. P., Visser, E. J. W., Hicks, S., Roelofs, J. G. M. y Lamers, L. P. M. (2015). Differential responses of two wetland graminoids to high ammonium at different pH values. *Plant Biology*, 18(2), 307-315.
- Velázquez, J. (1994). *Plantas acuáticas vasculares de Venezuela*. Caracas: Colección Estudios CDCH-UCV. 992 pp.
- Vera, A., Andrade, C., Flores, E., Núñez, M., Cárdenas y Morales, C. E. (2010). Removal of nutrients and organic matter in a constructed

wetland, in function of the development of the macrophyte *Typha domingensis* Pers. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia*, 33(2), 145-152.

- Vieira de Mendonça, H., de Melo Ribeiro, C. B., Carraro Borges, A. y Rocha Bastos, R. (2012). Remoção de nitrogênio e fósforo de águas residuárias de laticínios por sistemas alagados construídos operando em bateladas. *Revista Ambiente y Agua*, 7(2), 75-87.
- Whigham, D. F., Whigham, M. C., Feller, J. C., Rodríguez, W. y King, R. S. (2009). Ecological Characteristics of *Batis maritima* in Florida and Belize. *Smithsonian Contributions to the Marine Sciences*, 38, 492-498.
- Yule, G. U. (1912). On the Methods of Measuring Association between Two Attributes. *Journal of the Royal Statistical Society*, 75, 579.
- Zar, J. (1999). *Biostatistical Analysis*. New Jersey: Prentice Hall. 663 pp.

Yamilex Avendaño

Universidad Central de Venezuela,
Facultad de Ciencias
Caracas, Venezuela
yamilex_@hotmail.com

Irene Carolina Fedón

Universidad Central de Venezuela,
Instituto Experimental Jardín Botánico Dr. Tobías Lasser
irenefedon@cyperaceadevenezuela.org

Eduardo M. Barreto-Pittol

Universidad Central de Venezuela,
Facultad de Ciencias
barreto.eduardo@gmail.com

María de los Ángeles Marrero

Universidad Central de Venezuela,
Facultad de Ciencias
maria.marrero.g@gmail.com

María Beatriz Barreto

Universidad Central de Venezuela,
Facultad de Ciencias
maria.barreto@ciens.ucv.ve

Lourdes M. Suárez-Villasmil

Universidad Central de Venezuela,
Facultad de Ciencias
(autor de correspondencia)
suarez.lourdes@gmail.com

Patrones espaciales en un herbazal halófilo: suelos, comunidades vegetales y plasticidad fenotípica de *Sporobolus virginicus* (L.) Kunth, Révis. Gramin. 1: 67 (1829) en el Estado Miranda, Venezuela

Citación del artículo: Avendaño, Y., Fedón, I. C., Barreto-Pittol, E. M., Marrero, M., Barreto, M. B. y Suárez-Villasmil, L. M. (2018). Patrones espaciales en un herbazal halófilo: suelos, comunidades vegetales y plasticidad fenotípica de *Sporobolus virginicus* (L.) Kunth, Révis. Gramin. 1: 67 (1829) en el Estado Miranda, Venezuela. *Biota Colombiana*, 19(1), 21-38. DOI: 10.21068/c2018.v19n01a02.

Recibido: 6 de junio de 2017
Aprobado: 12 de marzo de 2018

Fauna asociada a la palma de vino *Attalea butyracea* (Mutis ex L.f.) Wess.Boer (1988) (Arecales: Arecaceae) en un agroecosistema de Galeras, Sucre, Colombia

Fauna associated with the Wine Palm *Attalea butyracea* (Mutis ex L.f.) Wess.Boer (1988) (Arecales: Arecaceae) in an agroecosystem of Galeras, Sucre, Colombia

Gerson A. Salcedo-Rivera, Fran Y. Herazo-Vitola, Juan F. Cruz y Oscar Sierra-Serrano

Resumen

Se estudió la fauna asociada a *Attalea butyracea* en un agroecosistema de Galeras, Sucre, Colombia. Se efectuaron muestreos en junio de 2016 en la finca Mi Ranchito, donde se revisaron 42 palmas. De las palmas se extrajeron artrópodos y se buscaron vertebrados. Posteriormente, el material se identificó y se registraron 13 órdenes, con las siguientes frecuencias de aparición y abundancias: Hymenoptera (100 %; 232), Coleoptera (97,62 %; 240), Araneae (95,24 %; 169), Blattodea (88,09 %; 143), Hemiptera (88,09 %; 82), Amblypygi (85,71 %; 166), Polydesmida (78,57 %; 103), Lepidoptera (73,81 %; 69), Archaeognatha (71,43 %; 81), Orthoptera (69,04 %; 31), Scorpiones (69,04 %; 30), Ixodida (66,66 %; 34) y Opiliones (66,66 %; 57). Se identificaron las siguientes 18 especies: Arachnida: *Charinus* sp., *Hapalopus* sp., *Phrynus barbadensis* y *Tityus tayrona*; Insecta: *Phileurus* sp., *Rhodnius pallescens* y *Triatoma dimidiata*; Amphibia: *Elachistocleis pearsei* y *Rhinella humboldti*; Sauropsida: *Bothrops asper*, *Cnemidophorus lemniscatus*, *Gonatodes albogularis*, *Gymnophthalmus speciosus* y *Mabuya* sp.; y Mammalia: *Artibeus lituratus*, *Didelphis marsupialis*, *Molossus* sp. y *Mus musculus*. En conclusión, la palma de vino, por su arquitectura, funciona como microambiente para artrópodos y vertebrados pequeños; es utilizada como vivienda, dormitorio o refugio ocasional, lo que hace de esta planta un sitio importante en las interacciones de animales silvestres.

Palabras clave. Artrópodos. Ecosistema agrícola. Palma de vino. Vertebrados.

Abstract

The fauna associated with *Attalea butyracea* was studied in an agroecosystem of Galeras, Sucre, Colombia. Samplings were carried out during June 2016 in the farm Mi Ranchito, where 42 palms were checked. From the palms, arthropods were extracted and vertebrates were searched for. Subsequently, the material was identified and 13 orders were recorded with appearance frequencies and abundances as follows: Hymenoptera (100%; 232), Coleoptera (97.62%; 240), Araneae (95.24%; 169), Blattodea (88.09%; 143), Hemiptera (88.09%; 82), Amblypygi (85.71%; 166), Polydesmida (78.57%; 103), Lepidoptera (73.81%; 69), Archaeognatha (71.43%; 81), Orthoptera (69.04%; 31), Scorpiones (69.04%; 30), Ixodida (66.66%; 34) and Opiliones (66.66%; 57). Eighteen species were identified as follows: Arachnida: *Charinus* sp., *Hapalopus* sp., *Phrynus barbadensis* and *Tityus tayrona*; Insecta: *Phileurus* sp., *Rhodnius pallescens* and *Triatoma dimidiata*; Amphibia: *Elachistocleis pearsei* and *Rhinella humboldti*; Sauropsida: *Bothrops asper*, *Cnemidophorus*

lemniscatus, *Gonatodes albogularis*, *Gymnophthalmus speciosus* and *Mabuya* sp.; and Mammalia: *Artibeus lituratus*, *Didelphis marsupialis*, *Molossus* sp. and *Mus musculus*. In conclusion, the Wine Palm functions as a microenvironment for arthropods and small vertebrates due to its architecture; it is used as a dwelling, dormitory or occasional refuge, making it an important site for interactions of wild animals.

Keywords. Arthropods. Agricultural ecosystem. Wine palm. Vertebrates.

Introducción

Attalea butyracea, comúnmente conocida como la palma de vino o palma real, es una especie perteneciente a la familia Arecaceae (Areciales); se caracteriza por ser una palma de amplio grosor, solitaria, sin espinas, con raíces profundas, y puede alcanzar hasta 20 m de altura (Cocomá-Reyes, 2010). Posee de 25 a 40 hojas grandes, pinnadas y ligeramente erectas, con las que se forma una corona densa (Devia *et al.*, 2002). Es una especie monoica, con inflorescencias interfoliarias, de las cuales las masculinas pueden medir entre 30 a 50 cm de longitud, mientras que las femeninas pueden alcanzar los 2,5 m de largo (Cocomá-Reyes, 2010). Presenta abundantes flores de color blanco-amarillo, y sus frutos son pequeños, con medidas entre 4 y 5 cm (Cocomá-Reyes, 2010). Los frutos adquieren una coloración amarillenta en la madurez y contienen dos semillas oblongas (Pintaud, 2008).

La palma de vino es una especie vegetal masiva y abundante que se encuentra desde Centroamérica hasta el norte de América del Sur (Cocomá-Reyes, 2010), con un rango de distribución bajo los 300 m s.n.m., aunque ocasionalmente puede encontrarse hasta los 1000 m s.n.m. (Chang y Ling, 1998). En Colombia se distribuye en los valles de los ríos Cauca y Magdalena, la región Caribe, los Llanos Orientales y en la Amazonia (Henderson *et al.*, 1995; Cocomá-Reyes, 2010). Se encuentra en bosques secos y estacionales, donde las poblaciones llegan a ser de miles de individuos (Cocomá-Reyes, 2010), así como en zonas perturbadas, pastizales, bordes de ríos y áreas abiertas como las sabanas (Cocomá-Reyes, 2010; Devia *et al.*, 2002).

Esta arecácea posee una gran variedad de usos, siendo considerada como una de las especies

vegetales de mayor utilidad en Colombia según Cocomá-Reyes (2010), quien menciona 36 usos, incluyendo forrajera, oleaginosa, medicinal, ornamental, artesanal y comestible; también constituye una fuente alimenticia importante para animales domésticos y silvestres (Chang y Ling, 1998).

En varias localidades del departamento de Sucre (costa norte de Colombia) se encuentran grandes extensiones de vegetación natural que han sido transformadas en potreros; como comentan Devia *et al.* (2002), en estos paisajes predominan varias especies de palmas que dan cierta estabilidad al ambiente, entre ellas *A. butyracea*, que además es una especie vegetal a la que se le atribuye un alto valor socioeconómico en el departamento. A partir de sus diferentes estructuras vegetales (hojas, tallo y frutos), se pueden obtener provechos de tipo gastronómico, artesanal y arquitectónico, que benefician a las poblaciones sucreñas (Devia *et al.*, 2002). Además, su arquitectura, sobre todo los pecíolos persistentes en el tallo y la frondosa corona de hojas, forma una serie de microambientes que albergan a una gran cantidad de artrópodos y vertebrados pequeños, por lo que también se le reconoce una importancia ecológica (Chang y Ling, 1998); no obstante, la información sobre su papel como microhábitat de especies de fauna silvestre no se ha documentado formalmente en áreas sucreñas.

En esta investigación se pretendió contribuir al conocimiento sobre la artropofauna asociada a *A. butyracea* en una finca de Galeras, Sucre, Colombia, complementando con los registros de algunas especies de vertebrados encontrados en las palmas.

Materiales y métodos

Área de estudio. El municipio de Galeras se encuentra localizado hacia el sector oriental del departamento de Sucre (Colombia) y hace parte de la subregión Sabanas. Presenta una altitud media de 70 m s.n.m., y limita con los municipios de Sincé (norte), San Benito Abad (sur y oeste), El Roble (oeste) y Magangué (departamento de Bolívar; este). Posee una extensión aproximada de 297 km², compartiéndose entre el casco urbano y la zona rural, en la que se encuentra la finca Mi Ranchito (09°08'22,6"N-75°00'52,0"O; 80 m s.n.m.). Esta finca está dedicada a la ganadería bovina y a la agricultura, presentándose cultivos de yuca (*Manihot esculenta*), maíz (*Zea mays*) y ají (*Capsicum annuum*); es común encontrar árboles dispersos por la zona, como guásimos (*Guazuma ulmifolia*), junto con cercas de matarratón (*Gliricidia sepium*) que bordean el área, y también existe una vasta zona con una gran cantidad de palmas de vino dispersas, que comprenden una formación vegetal natural no cultivada (Figura 1).

Muestreo. En tres ocasiones durante junio de 2016 se llevaron a cabo visitas a la finca Mi Ranchito, con el fin de ubicar palmas de vino dentro del área, de las cuales se examinaron 42 en 3 muestreos diurnos con una duración de 6 horas por muestreo, en horario consecutivo desde las 08:00 h hasta las 14:00 h.

En cada individuo se efectuó una revisión vertical, iniciando con una búsqueda activa y colecta manual de artrópodos desde el área del tallo que ajustaba con la superficie del suelo, pasando por los pecíolos persistentes en el tallo, hasta llegar a la frondosa corona de hojas, por lo que se necesitó el uso de una escalera. La revisión no solo incluyó la colecta de individuos que podían observarse externamente sobre la palma; también fue necesario escudriñar dentro del detrito acumulado en ciertas áreas como los pecíolos y la corona. Todos los artrópodos extraídos fueron preservados en alcohol etílico al 70 % dentro de recipientes plásticos independientes por palma.

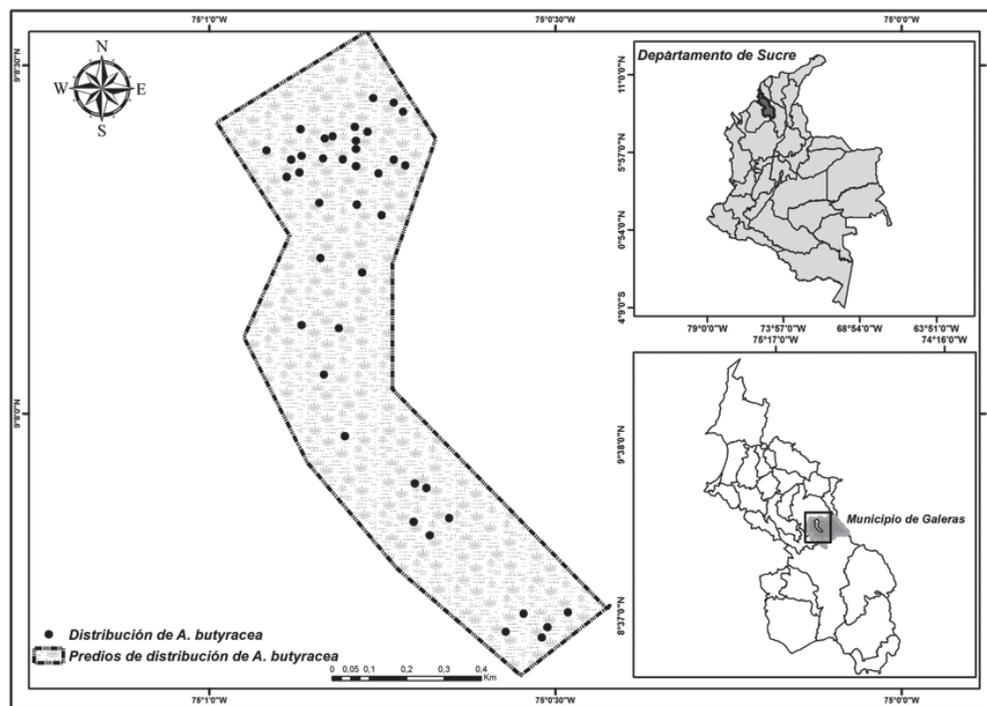


Figura 1. Área donde se realizó el estudio de la fauna asociada a *Attalea butyracea* (Arecaceae) en la finca Mi Ranchito, Galeras, Sucre, Colombia.

Para complementar, se realizó una búsqueda activa de vertebrados en las distintas áreas de *A. butyracea*, tal y como se efectuó para los artrópodos, aunque también se revisó debajo de las hojas en descomposición de las palmas encontradas en el suelo próximo; sin embargo, los individuos solo fueron fotografiados y posteriormente liberados.

Fase de laboratorio. El material producto de la investigación se trasladó al Laboratorio de Conservación Biológica de la Universidad de Sucre (Sincelejo, Colombia) para su limpieza y conservación en alcohol etílico al 70 %, ubicando todo en recipientes plásticos independientes por cada una de las palmas para su posterior identificación taxonómica hasta nivel de orden. Se buscó una homogeneidad en identificación, y se emplearon las claves disponibles. Además, con la ayuda de expertos e investigadores, se logró la identificación de algunos ejemplares de artrópodos y vertebrados con las fotografías. Parte de la artropofauna se depositó por el momento en el Laboratorio de Fauna Silvestre de la Universidad de Sucre y otros ejemplares reposan en el Museo Zoológico de la Universidad de Sucre (MZUSU).

Análisis de datos. Se determinó la riqueza de órdenes como el número total de órdenes presentes en el estudio. La abundancia absoluta se calculó como el número total de individuos de un orden, mientras que la abundancia relativa se estableció como la relación, expresada porcentualmente, de individuos de un orden dado entre el número total de individuos colectados. Finalmente, se calculó la frecuencia de aparición para órdenes de artrópodos, dada por $Fr = (pm \times 100) / PM$, donde pm era el número de palmas de muestreo en que se consignó el orden y PM era el número total de palmas muestreadas ($n = 42$).

Resultados

Se colectaron 1437 individuos distribuidos en 13 órdenes de artrópodos (Tabla 1), que representaron la composición de la artropofauna asociada a *A. butyracea* durante el tiempo de muestreo de esta investigación.

El orden con la mayor abundancia absoluta fue Coleoptera, que estuvo representado por 240 individuos (16,70 %), seguido de Hymenoptera con 232 (16,14 %) (Tabla 1). Los grupos menos representativos en abundancia de individuos fueron Orthoptera (31; 2,16 %) y Scorpiones (30; 2,09 %) (Tabla 1).

Hymenoptera fue el orden de artrópodos que se registró en todas las palmas muestreadas, teniendo, por tanto, una frecuencia de aparición del 100 % (Figura 2); Coleoptera también estuvo bien representado en cuanto a su presencia en las palmas, con una frecuencia de aparición de 97,62 % (41 palmas). Orthoptera con 69,04 % (29 palmas) junto con Acari (66,66 %; 28 palmas) fueron los órdenes con las frecuencias de aparición más bajas (Figura 2).

Tabla 1. Abundancias absolutas y relativas para los órdenes de artrópodos asociados a *Attalea butyracea*.

Orden	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (%)
Coleoptera	240	16,70
Hymenoptera	232	16,14
Araneae	169	11,76
Amblypygi	166	11,55
Blattodea	143	9,95
Polydesmida	103	7,17
Hemiptera	82	5,71
Archaeognatha	81	5,64
Lepidoptera	69	4,80
Opiliones	57	3,97
Ixodida	34	2,37
Orthoptera	31	2,16
Scorpiones	30	2,09
Total	1437	

De igual forma, se lograron identificar 18 especies entre invertebrados y vertebrados que se encontraron en las palmas durante la búsqueda (Tabla 2).

Los anfibios fueron detectados dentro de algunas oquedades formadas entre la superficie del suelo y la base de las palmas, y ocultos entre las hojas en descomposición localizadas en la superficie del suelo cercana a las mismas.

Para el caso de los reptiles, las especies registradas fueron localizadas en el interior de los peciols y la corona de hojas de las palmas, así como los mamíferos (Figura 3).

Se destaca que los triatominos (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) se colectaron solo en las palmas donde se encontraron mamíferos.

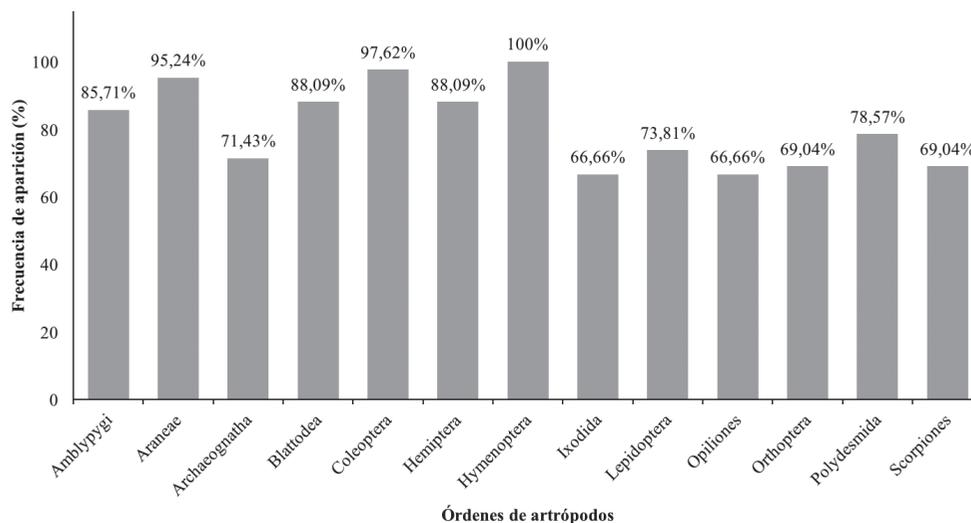


Figura 2. Diagrama de barras para las frecuencias de aparición de los órdenes de artrópodos encontrados en las palmas de estudio.

Tabla 2. Invertebrados y vertebrados encontrados en *Attalea butyracea*.

Clase	Orden	Familia	Especie
Arachnida	Amblypygi	Charinidae	<i>Charinus</i> sp.
		Phrynidae	<i>Phrynus barbadensis</i> (Pocock, 1893)
	Araneae	Theraphosidae	<i>Hapalopus</i> sp.
	Scorpiones	Buthidae	<i>Tityus tayrona</i> Lourenço, 1991
Insecta	Coleoptera	Melolonthidae	<i>Phileurus</i> sp.
	Hemiptera	Reduviidae	<i>Rhodnius pallescens</i> Barber, 1932
<i>Triatoma dimidiata</i> (Latreille, 1811)			
Amphibia	Anura	Bufonidae	<i>Rhinella humboldti</i> (Gallardo, 1965)
		Microhylidae	<i>Elachistocleis pearsei</i> (Ruthven, 1914)

Cont. **Tabla 2.** Invertebrados y vertebrados encontrados en *Attalea butyracea*.

Clase	Orden	Familia	Especie
Sauropsida	Squamata	Gymnophthalmidae	<i>Gymnophthalmus speciosus</i> (Hallowell, 1861)
		Scincidae	<i>Mabuya</i> sp.
		Sphaerodactylidae	<i>Gonatodes albogularis</i> (Duméril & Bibron, 1836)
		Teiidae	<i>Cnemidophorus lemniscatus</i> (Linnaeus, 1758)
		Viperidae	<i>Bothrops asper</i> (Garman, 1884)
Mammalia	Chiroptera	Molossidae	<i>Molossus</i> sp.
		Phyllostomidae	<i>Artibeus lituratus</i> Olfers, 1818
	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis marsupialis</i> Linnaeus, 1758
	Rodentia	Muridae	<i>Mus musculus</i> Linnaeus, 1758



Figura 3. A) Palma de vino (*Attalea butyracea*) en la finca Mi Ranchito (Galeras, Sucre, Colombia). B) *Molossus* sp. encontrado en la corona de hojas de *Attalea butyracea*.

Discusión

Chang y Ling (1998) afirman que la palma de vino es una planta que se considera como la única especie arbórea presente en matorrales y potreros. Su presencia en estas áreas es de gran importancia para la fauna local, ya que los peciolos persistentes en el tallo y la frondosa corona de hojas son microambientes para comunidades de artrópodos y vertebrados pequeños, los cuales la utilizan para diversos fines, tales como vivienda, alimentación, lugar de percha y/o caza, o refugio ocasional. Animales domésticos y silvestres usan la gran producción de flores y frutos como una fuente alimenticia importante en sus dietas, en especial en zonas alteradas en las que fuentes de alimento natural están restringidas o no se encuentran disponibles (Chang y Ling, 1998).

Los resultados de esta investigación concuerdan con los registrados en la literatura sobre artropofauna asociada a especies de palmas. Chang y Ling (1998) presentaron una lista de fauna asociada con *A. butyracea* en seis comunidades del Área de Conservación Amistad-Pacífico (Costa Rica), en la que registraron, similar a esta investigación, grupos como escorpiones, amblopígididos, opiliones, arañas, colémbolos, hemípteros, himenópteros, coleópteros, ortópteros, blatodeos y lepidópteros. Asimismo, Gaona-García *et al.* (2014), en su trabajo sobre la interacción planta-animal de la palma camedora (*Chamaedorea radicalis*) en la Reserva de la Biósfera "El Cielo" (México), encontraron insectos, entre los que destacaron Orthoptera, Hemiptera, Lepidoptera, Hymenoptera y Coleoptera.

No es de extrañar que órdenes como Coleoptera e Hymenoptera presentaran la mayor abundancia en los muestreos, porque se podría decir que esto es un reflejo de la propia diversidad de dichos grupos, que ocupan los primeros lugares entre los insectos (Pérez-Solache *et al.*, 2015; Montero *et al.*, 2011). En trabajos como el de Lara-Villalón *et al.* (2015) se destacó que la presencia de Coleoptera e Hymenoptera en especies de palmas puede estar relacionada con que algunas especies de estos órdenes tienden a causar daños forestales en las plantaciones, mientras que otras especies de

estos grupos no representan un problema fitosanitario para cultivos de palmas.

La presencia de arácnidos como *Phrynus barbadosis* y *Charinus* sp. en palmas está bien documentada en la literatura; Chang y Ling (1998) identificaron que los amblopígididos explotan los recursos de la arquitectura de la palma de vino para así utilizarla como vivienda. Sobre *Hapalopus* sp. no se halló información de su asociación con palmas, aunque en el estudio de Chang y Ling (1998) se encontraron arañas en las palmas de vino, pero los autores no definieron el uso que estas le daban a la palma. Acerca de la ocurrencia de *Tityus tayrona* en las palmas de vino, Salazar y Calle (2003) afirman que estas sirven de refugio y alimento para los escorpiones.

Algunos estudios han confirmado la ocurrencia de ciertos escarabajos en especies de palmas, los cuales tienen incidencia negativa sobre estas, siendo defoliadores y dañando el follaje mediante perforaciones, defoliación de bordes y puntas, y raspado del haz (Gaona-García *et al.*, 2014; García-Atencia y Martínez-Hernández, 2015); sin embargo, Chang y Ling (1998) afirman que algunas especies de escarabajos también utilizan a *A. butyracea* como vivienda.

La fauna de triatominos ha sido ampliamente estudiada debido a su importancia epidemiológica (Salazar y Calle, 2003; Guhl *et al.*, 2007); en Colombia varias investigaciones han tratado el tema de la caracterización ecoepidemiológica de algunas especies de triatominos asociados a palmas (Salazar y Calle, 2003; Guhl *et al.*, 2007; Parra-Henao *et al.*, 2016). Los resultados presentes, con respecto a triatominos en la palma de vino, se relacionan con las publicaciones acerca del tema; las dos especies encontradas en esta investigación también han sido encontradas en *A. butyracea* y otras palmas en diferentes regiones del país. Con este trabajo se complementa la información acerca de los eco-topos naturales de triatominos, como lo son las palmas. Esto tiene gran significado en el sentido epidemiológico, puesto que Mesa *et al.* (1991) presentaron

un caso de miocarditis chagásica aguda en un niño de dos años de edad en el área rural del municipio de Galeras; la pesquisa epidemiológica en la zona permitió identificar que el vector peridomiciliario era *Rhodnius pallescens*, habitante normal de la palma de vino según los investigadores, y del que se aisló *Trypanosoma cruzi*.

Con respecto a la herpetofauna, Morazán-Fernández *et al.* (2013) presentaron un trabajo en el que se estudió la relación entre la fauna silvestre y las plantaciones de palma africana (*Elaeis guineensis*) en Costa Rica; encontraron un total de 1915 individuos registrados, de los cuales 814 eran anfibios y reptiles. Estos autores también definen que, para la mayoría de las especies de anfibios y reptiles, las plantaciones de palma sirven como zonas de refugio y sitios de reproducción, lo que concuerda con parte de lo comentado por Chang y Ling (1998), quienes afirman que algunas especies de la herpetofauna utilizan la palma de vino como vivienda, aunque otras especies, como algunas serpientes, pueden usarla como dormitorio o para la caza. Es de enfatizar que, con respecto a estos dos estudios, la única especie que se comparte con los resultados de esta investigación es *Gonatodes albogularis*; sin embargo, los anfibios encontrados ya han sido estudiados en áreas con presencia de *E. guineensis* (Blanco-Torres *et al.*, 2015; Yepes *et al.*, 2016), donde se ha reconocido a *Rhinella humboldti* en asociación a senderos secos dentro del cultivo y borde del cultivo en general (Yepes *et al.*, 2016).

Acerca de los mamíferos, Morazán-Fernández *et al.* (2013) capturaron 18 especies de murciélagos, de las cuales, en relación a los resultados presentes, solo *Artibeus lituratus* es compartida, y con respecto a didélfidos (Didelphimorphia: Didelphidae), encontraron cinco especies, compartiéndose a *Didelphis marsupialis*; además, Chang y Ling (1998) presentaron 15 especies de mamíferos asociados a la palma de vino. No obstante, en ninguno de los dos trabajos anteriores se presentaron ratones como parte de la mastofauna encontrada en las palmas. Según Chang y Ling (1998), algunas especies, como los filostómidos

(Chiroptera: Phyllostomidae) y *D. marsupialis*, tienden a aprovechar a las palmas para efectos de alimentación y vivienda; sin embargo, otros mamíferos, especialmente murciélagos, la usan también para caza o percha (Hernández-Mijangos y Medellín, 2013; Rodríguez-Herrera *et al.*, 2007; García-García y Santos-Moreno, 2014). Por último, la presencia de mamíferos en las palmas en las que también se colectaron los triatominos debe ser considerado como de interés epidemiológico; según Reyes *et al.* (2017), el mantenimiento de ecotopos, que pueden alojar animales como triatominos y mamíferos (entre ellos zarigüeyas, murciélagos y ratones), permite también mantener el ciclo silvestre de la enfermedad de Chagas.

Finalmente, se destaca que, en relación a la composición de vertebrados asociados, las diferencias entre trabajos anteriores con *A. butyracea* y otras palmas con respecto al presente, pueden asociarse con que no se utilizó una metodología estricta para la captura.

Conclusiones

Características morfológicas que definen la arquitectura de *A. butyracea*, como los peciolos persistentes en el tallo y la frondosa corona de hojas, permiten el establecimiento de un microambiente en el que se produce la estancia e interacción entre invertebrados y vertebrados pequeños. Resulta necesario continuar con estudios faunísticos a profundidad y con métodos específicos de captura para grupos animales asociados a *A. butyracea* y otras palmas, incluyendo, además, investigaciones con la flora asociada a estas, y anexando la evaluación de las características microclimáticas (temperatura, humedad, entre otras) que propician que alberguen tal diversidad biológica, para así considerarlas como elemento importante para la conservación.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la familia Mejía Martínez por su hospitalidad durante la estancia en la finca Mi Ranchito. A Rubén Camargo, Dairo Carrascal,

José Cobo y Holver Narváez por su colaboración y asistencia durante la fase de campo de la investigación. A Tatiana Vergara y Wendy Zabala por su apoyo en las actividades de laboratorio. A Pedro Atencia, Carolina Ayala, Andrés Blanco, Eduar Borja, Ricardo Borja, Cristian Castillo, Carlos Hernández, doctor Jhon Neita, Luis Romero y Angie Tinoco por su ayuda en la identificación y corroboración de algunas especies. A los doctores Jaime De La Ossa, Alcides Sampredo y Liliana Solano, y demás revisores anónimos del manuscrito, por sus importantes aportes para la redacción final.

Referencias

- Blanco-Torres, A., Duré, M. y Bonilla, M. A. (2015). Observaciones sobre la dieta de *Elachistocleis pearsei* y *Elachistocleis panamensis* en dos áreas intervenidas de tierras bajas del norte de Colombia. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86, 538-540.
- Chang, Y. y Ling, F. (1998). Caracterización biológica y de uso de Palma Real (*Attalea butyracea* Mutis ex L.f.) en 6 comunidades del área de conservación Amistad Pacífico, Costa Rica. Costa Rica: Instituto Nacional de Biodiversidad de Costa Rica. 25 pp.
- Cocomá-Reyes, C. (2010). Uso y manejo de la palma real (*Attalea Butyracea*) para la elaboración de artesanías en el departamento del Tolima (Trabajo de grado). Colombia: Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, departamento de Biología. 40 pp.
- Devia, J., López, A. y Saldarriaga, O. L. (2002). Productos promisorios del fruto de palma de vino. *Revista Universidad EAFIT*, 126, 67-80.
- Gaona-García, G., Lara-Villalón, M., Trejo-Hernández, L. y Sánchez-Ramos, G. (2014). Interacción planta-animal de la palma camedora en la Reserva de la Biósfera "El Cielo", Tamaulipas, México. *Entomología Mexicana*, 1, 547-551.
- García-Atencia, S. y Martínez-Hernández, N. (2015). Escarabajos fitófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) del departamento del Atlántico, Colombia. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 31(1), 89-96.
- García-García, J. L. y Santos-Moreno, A. (2014). Use of *Attalea butyracea* palm as tent-roosting by *Uroderma bilobatum* bat in Oaxaca, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 30(2), 434-438.
- Guhl, F., Aguilera, G., Pinto, N. y Vergara, D. (2007). Actualización de la distribución geográfica y ecoepidemiología de la fauna de triatominos (Reduviidae: Triatominae) en Colombia. *Biomédica*, 27 (Supl. 1), 143-162.
- Henderson, A., Galeano, G. y Bernal, R. (1995). Field guide to the palms of the Americas. Estados Unidos: Princeton University Press. 352 pp.
- Hernández-Mijangos, L. A. y Medellín, R. A. (2013). Use of Tents by the Big Fruit-Eating Bat *Artibeus lituratus* (Chiroptera: Phyllostomidae) in Chiapas, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 58, 107-109.
- Lara-Villalón, M., Rosas-Mejía, M., Rojas-Fernández, P. y Reyes-Castillo, P. (2015). Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) asociadas a palma camedora (*Chamaedorea radicalis* Mart.) en el bosque tropical, Gómez Farías, Tamaulipas, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 31(2), 270-274.
- Montero, G., Carnevale, N. y Magra, G. (2011). Ensamblajes estacionales de artrópodos epigeos en un bosque de quebracho (*Schinopsis balansae*) en el Chaco Húmedo. *Revista Colombiana de Entomología*, 37(2), 294-304.
- Morazán-Fernández, F., Gutiérrez Sanabria, D. R., Coello-Toro, H. L., Arévalo-Huezo, E., Ioli, A. G., Díaz Gutiérrez, N., Guerra, L. F., Burbano, D., Guevara, C., Lobos, L., Rico-Urones, A., Cortés-Suárez, J. E., Jiménez, R., Reinke, H., Narváez, V. y Aranda, J. M. (2013). Relación entre la fauna silvestre y las plantaciones de palma africana (*Elaeis guineensis*) y su efecto en la producción de pequeños y medianos productores en la Península de Osa, Costa Rica. Costa Rica: Instituto Internacional de Conservación y Manejo de Vida Silvestre, Universidad Nacional de Costa Rica. 104 pp.

- Parra-Henao, G., Quirós-Gómez, O., Jaramillo, N. y Segura Cardona, A. (2016). Environmental determinants of the distribution of Chagas disease vector *Triatoma dimidiata* in Colombia. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 94(4), 767-774.
- Pérez-Solache, A., Herrerías-Diego, Y., Ponce-Saavedra, J. (2015). Variación en las comunidades de artrópodos epigeos en sitios de bosque de pino en proceso de restauración. *Biológicas*, 17(2), 43-52.
- Pintaud, J. C. (2008). An overview of the taxonomy of *Attalea* (Arecaceae). *Perú Biológica*, 15, 55-63.
- Reyes, M., Torres, A., Esteban, L., Flórez, M. y Angulo, V. M. (2017). Riesgo de transmisión de la enfermedad de Chagas por intrusión de triatomíneos y mamíferos silvestres en Bucaramanga, Santander, Colombia. *Biomédica*, 37, 68-78.
- Rodríguez-Herrera, B., Medellín, R. A. y Timm, R. M. (2007). Murciélagos neotropicales que acampan en hojas / Neotropical tent-roosting bats. Costa Rica: Editorial Inbio. 184 pp.
- Salazar, D. y Calle, J. (2003). Caracterización ecoepidemiológica de *Rhodnius pallescens* en la palma *Attalea butyracea* en la región momposina (Colombia). *Actual. Biol.*, 25(78), 31-38.
- Yepes, Y., Acuña-Vargas, J. C. y Bastidas, B. (2016). Análisis trófico del sapito común *Rhinella humboldti* (Gallardo, 1965) asociada a sistemas intervenidos de bosque seco en zona rural del municipio de Dibulla -La Guajira. *Ciencia e Ingeniería*, 3(1), 8-15.

Gerson A. Salcedo-Rivera

Universidad de Sucre,
G.I. en Biodiversidad Tropical
Sincelejo, Colombia
gsalcedo07@hotmail.com

Fran Y. Herazo-Vitola

Universidad de Sucre,
G.I. Evolución y Sistemática Tropical
Sincelejo, Colombia
fvitola19@yahoo.com

Juan F. Cruz

Universidad de Sucre,
G.I. Evolución y Sistemática Tropical
Sincelejo, Colombia
juanfcruz@gmail.com

Oscar Sierra-Serrano

Universidad de Sucre,
Facultad de Educación y Ciencias
Sincelejo, Colombia
oscarsaw09@gmail.com

Fauna asociada a la palma de vino *Attalea butyracea* (Mutis ex L.f.) Wess.Boer (1988) (Arecaceae) en un agroecosistema de Galeras, Sucre, Colombia

Citación del artículo: Salcedo-Rivera, G. A., Herazo-Vitola, F. Y., Cruz, J. F. y Sierra-Serrano, O. (2018). Fauna asociada a la palma de vino *Attalea butyracea* (Mutis ex L.f.) Wess.Boer (1988) (Arecaceae) en un agroecosistema de Galeras, Sucre, Colombia. *Biota Colombiana*, 19(1), 39-48. DOI: 10.21068/c2018.v19n01a03.

Recibido: 20 de enero de 2018
Aprobado: 20 de abril de 2018

Circunscripción morfológica, diversidad, patrones de distribución y catálogo de la familia neotropical Marcgraviaceae (Ericales)

Morphological circumscription, diversity, distribution patterns, and checklist of the Neotropical family Marcgraviaceae (Ericales)

Diego Giraldo-Cañas

Resumen

La familia Marcgraviaceae posee una distribución neotropical (Caribe, centro-sur de México hasta Bolivia y sudeste de Brasil). En este trabajo se presenta un análisis de la circunscripción morfológica, la distribución y el catálogo de la familia, con el fin de contribuir al conocimiento de la flora neotropical. Se propone un nuevo sinónimo para *Marcgraviastrum mixtum* (Triana & Planch.) Bedell. Los países con el mayor número de especies son Colombia (56), Brasil (39), Ecuador (36), Perú (30), Costa Rica (29), Panamá (24) y Venezuela (24), mientras que los países con el mayor número de especies endémicas son Brasil (15), Colombia (11), Costa Rica (6) y Ecuador (6). Se destacan nuevos o inadvertidos registros para las floras de Brasil, Colombia y Perú. Asimismo, se excluyen varias especies de algunos países (Brasil, Colombia, Costa Rica, Guyana y Panamá). La familia se encuentra más diversificada en las tierras bajas y medias (0-1500 metros de altitud) ($y = -0,034x + 105,5$; $R^2 = 0,937$), con su principal centro de diversidad localizado en el noroeste de Sudamérica (Colombia, Ecuador y Perú) y un segundo en Brasil. Así, la familia queda reconocida actualmente por 8 géneros y 136 especies.

Palabras clave. Catálogos de plantas neotropicales. Flora neotropical. Inventarios de flora. Patrones de distribución de plantas. Regla de Rapoport.

Abstract

The family Marcgraviaceae has a Neotropical distribution (Caribbean, central and southern Mexico to Bolivia and southeastern Brazil). An analysis of morphological circumscription, distribution, and a checklist of this family are presented in this study in order to contribute to existing knowledge about Neotropical flora. A new synonym for *Marcgraviastrum mixtum* (Triana & Planch.) Bedell is proposed. The countries that present the greatest number of species for this plant family are Colombia (56 species), Brazil (39), Ecuador (36), Peru (30), Costa Rica (29), Panama (24) and Venezuela (24). In terms of endemic species, Brazil (15), Colombia (11), Costa Rica (6) and Ecuador (6) show the highest levels of endemism. Some new or unnoticed records for the floras of Brazil, Colombia and Peru are given; whereas some species are excluded from the lists of Brazil, Colombia, Costa Rica, Guyana and Panama. It was found that the Marcgraviaceae are more diversified in low and middle lands (0-1500 meters above sea level) ($y = -0,034x + 105,5$; $R^2 = 0,937$), and their major focus of diversity is located in northwestern South America (Colombia, Ecuador and Peru), with a second focus in Brazil. Thus, the family is currently recognized to have 8 genera and 136 species.

Keywords. Checklists of Neotropical plants. Neotropical flora. Plant distribution patterns. Plant inventories. Rapoport's rule.

Introducción

La familia Marcgraviaceae Bercht. y J. Presl es de distribución neotropical y consta de ocho géneros (Giraldo-Cañas, 2007). Su distribución más septentrional la constituyen los estados de Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Tabasco y Veracruz en México, mientras que la más austral corresponde a los estados de Paraná, Rio Grande do Sul y Santa Catarina en Brasil. Los miembros de esta familia están representados por lianas epífitas o terrestres, o por arbustos epífitos y hemiepífitos, y generalmente estos están restringidos a los bosques húmedos a pluviales, entre el nivel del mar y los 3000 metros de altitud.

Las Marcgraviaceae son monofiléticas (Ward y Price, 2002), aunque están pobremente conocidas. Actualmente, la familia está ubicada en el orden Ericales y, principalmente relacionada con las Tetrameristaceae y las Balsaminaceae (Schönenberger *et al.*, 2005; Reveal y Chase, 2011; von Balthazar y Schönenberger, 2013; Christenhusz *et al.*, 2017). Estas familias comparten la presencia de rafidios de oxalato de calcio, de estructuras glandulares en hojas, pecíolos, sépalos o pétalos, poseen flores hipoginas, estilo simplificado, estambres con filamentos aplanados dorsiventralmente, frutos apiculados con estilo y estigma persistentes, semillas sin endospermo, entre otras características morfológicas y anatómicas (Ward y Price, 2002; Schönenberger *et al.*, 2005; Giraldo Cañas, 2011; von Balthazar y Schönenberger, 2013).

Esta familia se caracteriza principalmente por presentar dos tipos de nectarios, los cuales según la terminología de Schmid (1988), corresponden a nectarios extra-reproductivos laminales [glándulas laminales abaxiales = "*glandulae hypophyllae*" o "*hypophyllous glands*" en el sentido de Weber (1956) y Ward y Price (2002), respectivamente] y nectarios reproductivos, los cuales corresponden a brácteas nectaríferas que pueden estar presentes en los pedicelos, en la base de estos, en el raquis o

en la base de la flor, cuya posición, unida a la forma de la inflorescencia, entre otras características, define los límites genéricos (Figura 1).

Las glándulas laminales se hallan exclusivamente en la superficie abaxial de las hojas; estas son circulares a elípticas, algunas veces se encuentran levemente elevadas con relación a la lámina, distanciadas entre sí y están distribuidas generalmente en filas submarginales a ambos extremos de la cara abaxial o muy raramente en forma aleatoria; su número varía enormemente por lámina y ocasionalmente, pueden estar ausentes (Giraldo-Cañas, 2011). Dichas glándulas podrían servir en la secreción de resinas o azúcares (véanse las referencias en Giraldo-Cañas, 2011), aunque su verdadera función es desconocida (Metcalf y Chalk, 1950; Rudall, 2007). Dressler (2004a) y Rudall (2007), consideran que el exudado de azúcares de las glándulas laminales podría atraer hormigas durante el desarrollo temprano de la hoja, y estas protegerían a la hoja de insectos fitófagos, ya que en su estado juvenil, las mismas carecen de esclereidas. Al respecto, Gilg y Werdermann (1925) clasificaron a estas glándulas como hidatodos, mientras que Stevens (2001) como domacios.

Por su parte, los nectarios reproductivos corresponden a los nectarios nupciales extra-florales (*sensu* Schmid, 1988; Weberling, 1992) o recipientes nectaríferos ascidiiformes (*sensu* Font Quer, 1964), y son los que más llaman la atención por su gran tamaño, color, variedad de formas y principalmente, por su posición en la inflorescencia (Figuras 1-10). Estos pueden ser sacciformes, tubulares, cimbiformes, ciatiformes, cocleariformes, galeados, cuculados o urceolados y de tamaño muy variable entre las especies. Además, los nectarios reproductivos son de gran importancia taxonómica en las Marcgraviaceae, toda vez que estos podrían servir como marcadores filogenéticos (Giraldo-Cañas, 2011).

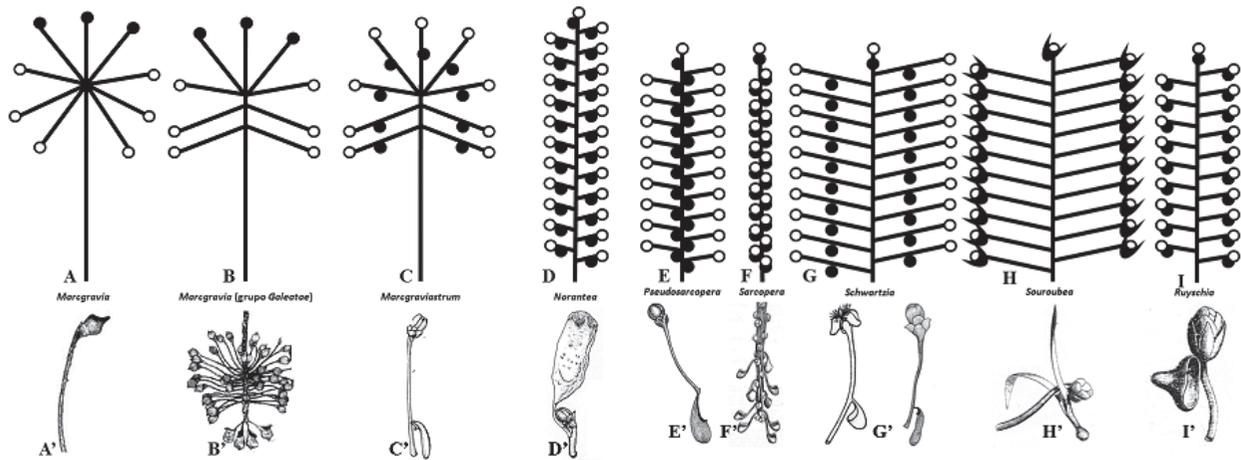


Figura 1. Esquemas de las inflorescencias para los géneros reconocidos de las Marcgraviaceae. Cada círculo negro equivale a un nectario reproductivo; cada círculo blanco corresponde a una flor fértil. En A) la inflorescencia corresponde a una umbela, donde cada nectario reproductivo se ubica en un pedicelo independiente sin flor fértil, mientras que en B) la inflorescencia corresponde a una cortamente racemosa y donde cada nectario reproductivo se ubica en un pedicelo independiente sin flor fértil (estos dos casos son exclusivos del género *Marcgravia*); en C) la inflorescencia corresponde a una cortamente racemosa, pero cada nectario reproductivo está en un pedicelo con una flor fértil (*Marcgraviastrum*); en D) la inflorescencia es largamente racemosa, pero los pedicelos son muy cortos y cada uno con un nectario reproductivo (*Norantea*); en E) si bien la inflorescencia es conspicuamente racemosa, los nectaros reproductivos se ubican en el raquis, justo por debajo de la inserción del pedicelo al raquis, condición exclusiva del género *Pseudosarcopera*; en F) las inflorescencias son espiciformes, o sea, las flores son sésiles, característica exclusiva del género *Sarcopera*; en G) la inflorescencia es conspicuamente racemosa, pero cada nectario reproductivo se ubica en un pedicelo (*Schwartzia*); en H e I) las inflorescencias son conspicuamente racemosas y en ambos casos, cada nectario reproductivo se ubica en la base del cáliz, pero nótese en H y H') que los nectaros reproductivos presentan dos apéndices auriculares, condición exclusiva del género *Souroubea*, mientras que en I) los nectaros carecen de apéndices, condición propia del género *Ruyschia*; H' e I') tomadas de Wittmack (1878), las demás son originales.

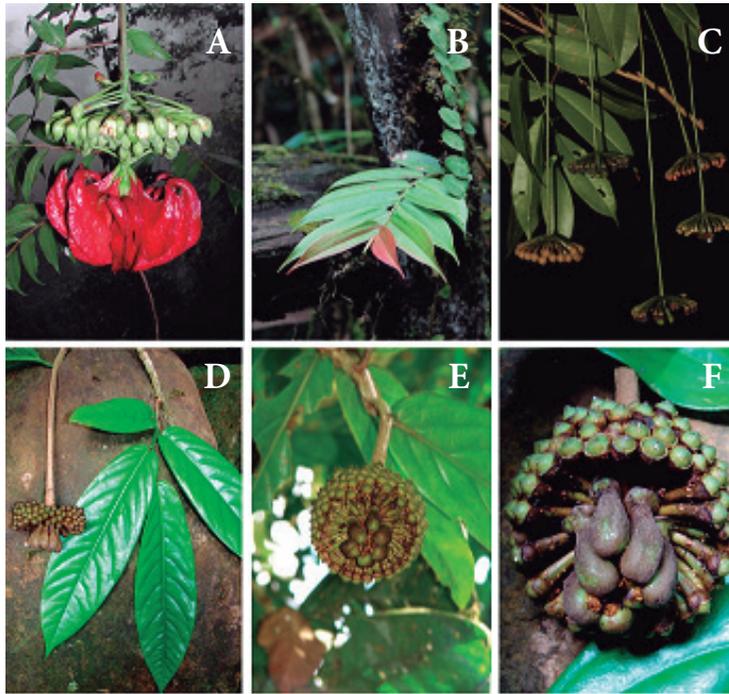


Figura 2. A) *Marcgravia stonei* Utley. B) *Marcgravia brownei* (Triana & Planch.) Krug & Urb. C) *Marcgravia pedunculosa* Triana & Planch. D, E y F) *Marcgravia roonii* S. Dressler (nótese en B y D la condición de ramas dimorfas y hojas dísticas, características propias del género *Marcgravia* L.).

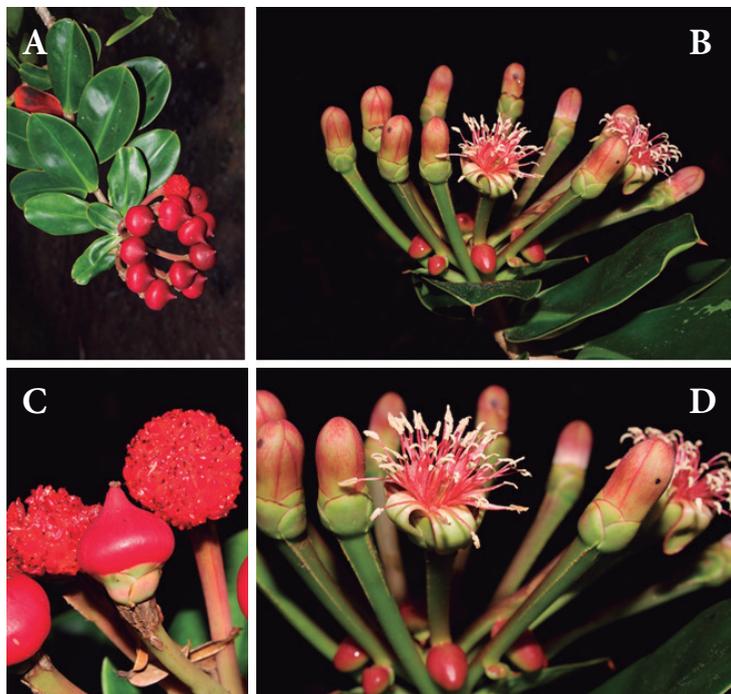


Figura 3. A, B, C y D) *Marcgraviastrum macrocarpum* (G. Don) Bedell ex S. Dressler.



Figura 4. A, B, C, y D) *Marcgraviastrum mixtum* (Triana & Planch) Bedell.

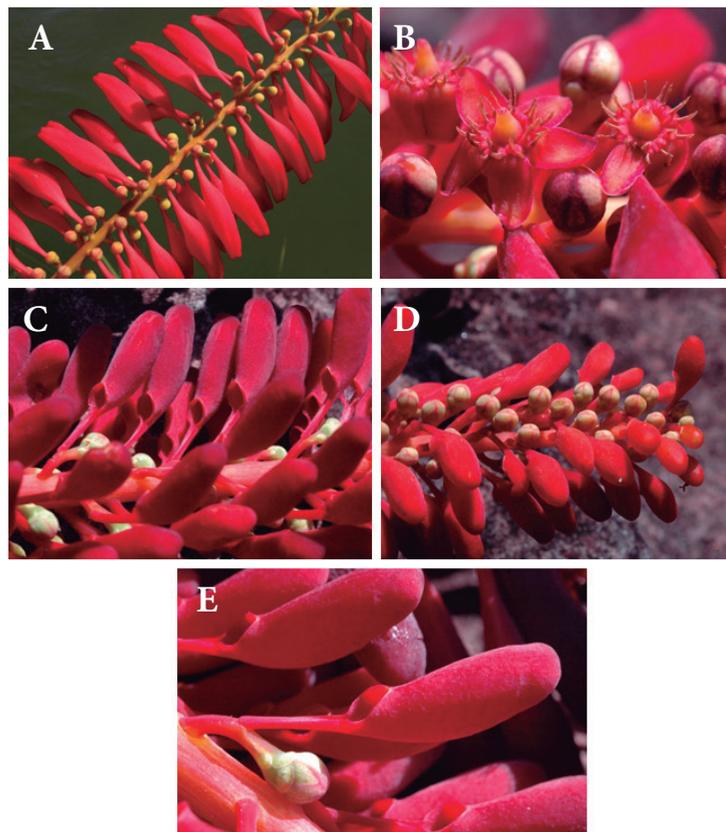


Figura 5. A, B, C, D y E) *Norantea guianensis* Aubl.

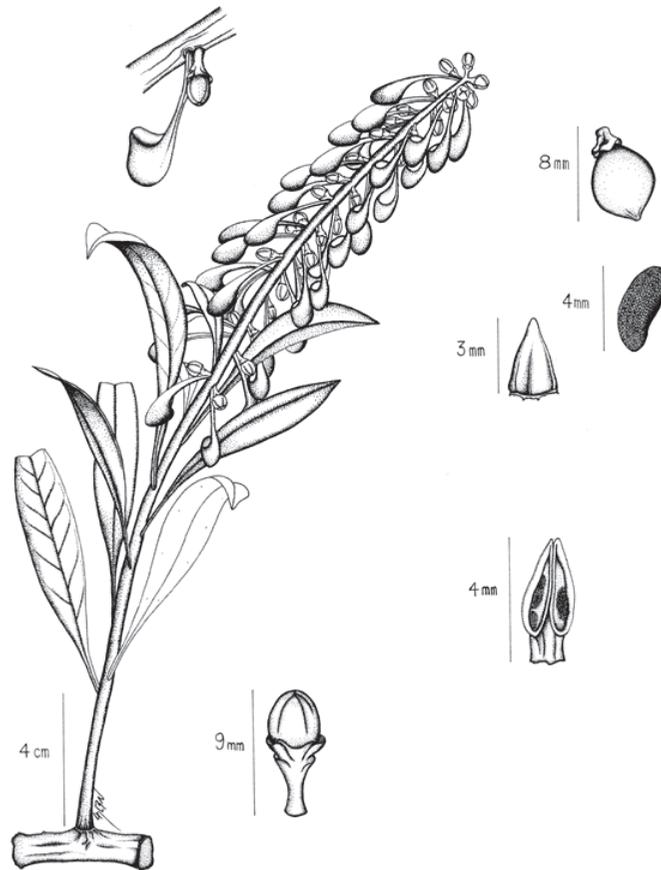


Figura 6. *Pseudosarcopera oxystylis* (Baill.) Gir.-Cañas.

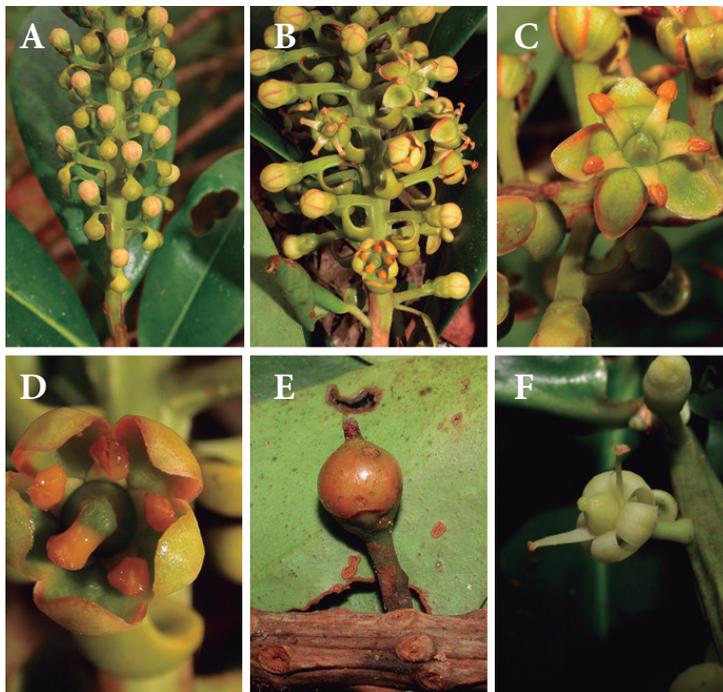


Figura 7. A, B, C, D y E) *Ruyschia moralesii* Hammel; F) *Ruyschia valerii* Standl.

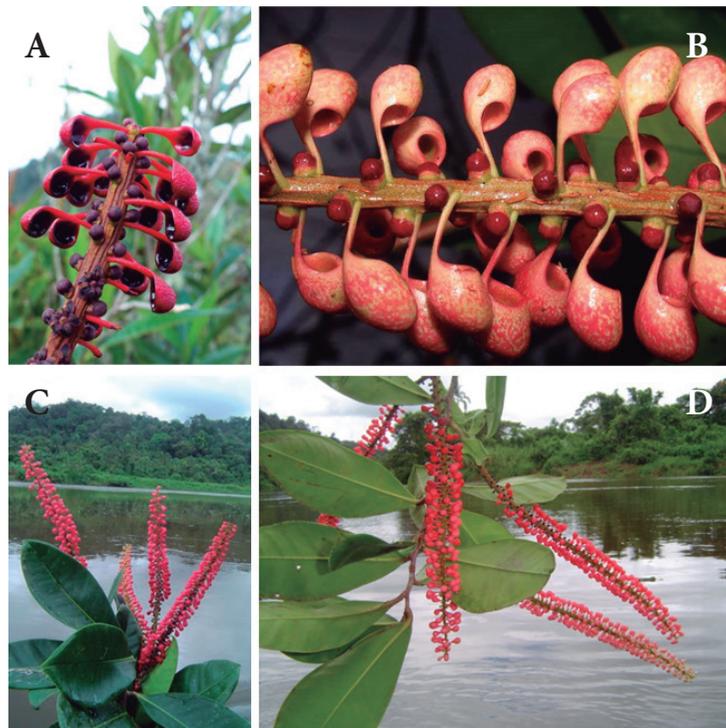


Figura 8. A) *Sarcopera anomala* (Kunth) Bedell. B) *Sarcopera sessiliflora* (Triana & Planch.) Bedell. C y D) *Sarcopera cordachida* (Ruiz & Pav. ex G. Don) Bedell ex S. Dressler.

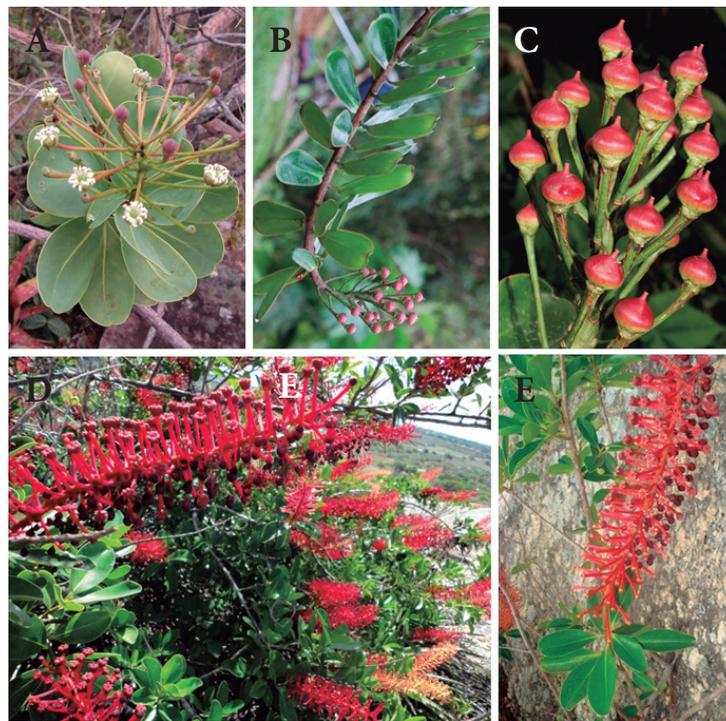


Figura 9. A) *Schwartzia adamantium* (Cambess.) Bedell ex Gir.-Cañas. B y C) *Schwartzia antioquiensis* Gir.-Cañas. D y E) *Schwartzia brasiliensis* (Choisy) Bedell ex Gir.-Cañas.

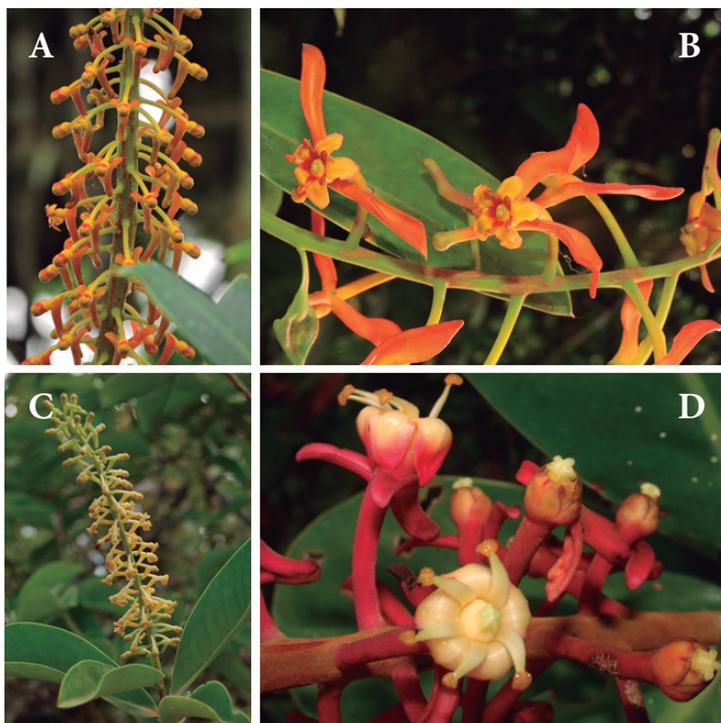


Figura 10. A) *Souroubea gilgii* V. A. Richt. B) *Souroubea sympetala* Gilg. C) *Souroubea venosa* Schery. D) *Souroubea vallicola* Woodson ex de Roen.

En cuanto a polinización se refiere, en algunas especies esta se realiza por medio de colibríes, chupamieles u otras aves tropicales, mientras que otras especies son visitadas y quizás polinizadas por lagartos, abejas, avispa, mariposas, hormigas pertenecientes a los géneros *Camponotus* (Formicinae), *Cephalotes* (Myrmicinae), *Crematogaster* (Myrmicinae) y *Dolichoderus* (Dolichoderinae), murciélagos, chuchas, zarigüellas o rabipela'os (*Didelphis marsupialis*, Didelphidae) y algunas se autopolinizan antes de la apertura de las flores (véase las referencias en Giraldo-Cañas, 2011).

El presente aporte pretende contribuir al estudio de la flora neotropical y, en especial, al conocimiento de la familia Marcgraviaceae. Se partió de la base de la hipótesis de que la forma de la inflorescencia y la ubicación diferencial de los nectarios reproductivos en la misma constituyen

la combinación para el reconocimiento y la circunscripción morfológica de los géneros de la familia. Así, se consideraron las siguientes preguntas de investigación: 1. ¿Cuántos géneros y especies componen la familia Marcgraviaceae? 2. ¿Cómo se reconocen y se delimitan sus géneros? 3. ¿Cuál es la distribución geográfica y altitudinal de sus géneros y especies? 4. ¿Hay patrones de distribución geográfica y altitudinal en esta familia? y 5. ¿Cuáles son los países con la mayor riqueza y el más alto endemismo en esta familia?

Materiales y métodos

Inventario. El inventario se realizó con base en el estudio de las colecciones de los herbarios ACAM, AFP, ANDES, AS, BA, BAF, BRG, CAUP, CDMB, CEN, CEPEC, COAH, COL, CR, CUVC, CHOCO, EAN, F, FAUC, FMB, G, HECASA, HFAB, HORI, HPUJ, HUA, HUC, HUQ, IAN, IBGE, INPA, IPA,

JAUM, LLANOS, MEDEL, MEXU, MO, MOL, MPU, NY, PSO, QCA, R, RB, RSA, SI, SP, SURCO, TOLI, UDBC, UIS, UPTC, US, VALLE y VEN -abreviados de acuerdo con Holmgren *et al.* (1990)-, y adicionalmente, se consultaron numerosas fuentes bibliográficas (véase Referencias), entre estas los catálogos de las Américas (Ulloa Ulloa *et al.*, 2017), Antillas Menores (Howard, 1989), Belice (Balick *et al.*, 2000), Bolivia (Jørgensen *et al.*, 2014), Brasil (Campostrini Forzza y Leitman, 2010), Colombia (Bernal *et al.*, 2016), Costa Rica (Hammel *et al.*, 2007), Dominica (Nicolson, 1991), Ecuador (Jørgensen y León-Yáñez, 1999), Guayana Francesa (Mori *et al.*, 2002), Guyanas (van Roosmalen, 1985; Funk *et al.*, 2007), México (Villaseñor, 2016), Nicaragua (Stevens *et al.*, 2001), Panamá (Correa *et al.*, 2004), Perú (Brako y Zarucchi, 1993), Puerto Rico e Islas Vírgenes (Acevedo-Rodríguez, 2005) y Venezuela (Hokche *et al.*, 2008), así como la tesis no publicada de Bedell (1985). La información del catálogo está discriminada en varios componentes [nombre aceptado en negritas; sinónimos (Sin.); referencia (Ref.), la cual consiste, en la mayoría de los casos, en un ejemplar testigo con el acrónimo del herbario, o raramente, en una fuente bibliográfica; gradiente altitudinal en el cual crece la especie (gradientes discriminados con una amplitud de 500 m cada uno); país en donde se ha documentado la especie; notas (las cuales pueden ser de índole taxonómica o de distribución geográfica)]. Es necesario destacar que el estatus de reconocimiento taxonómico para *Marcgravia fosbergiana* J. Ewan y *Marcgravia goudotiana* (Triana & Planch.) de Roon,

permanece incierto y por lo tanto, estas especies no se incluyeron en los análisis de riqueza.

Concepto de especie. Se adoptó el concepto morfológico de especie, con base en los postulados de Crisci (1994), McDade (1995), Wiens y Servedio (2000), Uribe Meléndez (2008) y Giraldo-Cañas (2011).

Intervalos altitudinales. Con relación a la consideración de los intervalos altitudinales, hay que destacar que se discriminaron arbitrariamente con una amplitud de 500 m. Tal elección se hizo con base en el uso frecuente de intervalos con esta amplitud en diferentes investigaciones en gradientes altitudinales (véanse las referencias en Giraldo-Cañas, 2013), lo cual facilita las comparaciones de riqueza, diversidad y endemismo entre diferentes grupos biológicos.

Resultados y discusión

División y circunscripción taxonómicas. Esta familia está dividida en dos subfamilias, Marcgravioideae (la cual incluye solo el género tipo) y Noranteoideae, que está a su vez dividida en dos tribus, Ruyschieae con dos géneros, *Ruyschia* Jacq. y *Souroubea* Aubl., y Noranteeae, con los géneros *Marcgraviastrum* (Wittm. ex Szyszyl.) de Roon & S. Dressler, *Norantea* Aubl., *Pseudosarcopera* Gir.-Cañas, *Sarcopera* Bedell y *Schwartzia* Vell. (Ward y Price, 2002; Giraldo Cañas, 2011) (véanse la clave y las Figuras 1-10). La circunscripción morfológica de los géneros de la familia se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Características y circunscripción morfológica de los géneros de la familia Marcgraviaceae. *: En *Marcgravia* cada nectario reproductivo no posee flor fértil, aunque en algunos casos esta puede aparecer en forma rudimentaria, mientras que en los restantes siete géneros cada nectario reproductivo tiene una flor fértil.

Género	Filotaxis	Tipo de inflorescencia	Forma y posición del nectario reproductivo	Flores	Ovario y número de estambres	Subfamilia y tribu	Distribución geográfica
<i>Marcgravia</i> *	Hojas distícas	Umbelada (solo cortamente racemosa en <i>Marcgravia</i> grupo <i>Galeatae</i>)	Tubular a sacciforme; en pedicelos independientes sin flor fértil	Tetrámeras (la corola forma una caliptra caediza)	Ovario 3-20-locular; estambres 6-65	Marcgravioideae	Desde el centro-sur de México hasta Bolivia y el sur de Brasil, así como en las Antillas Mayores y las Antillas Menores
<i>Marcgraviastrum</i>	Hojas espiraladas	Pseudoumbeladas (inflorescencias muy cortamente racemosas)	Tubular a sacciforme; en los pedicelos	Pentámeras	Ovario 5-9-locular; estambres 10-75	Noranteoideae, Noranteae	Desde Centroamérica (Costa Rica, Honduras, Nicaragua, Panamá) hasta Sudamérica (Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guayana Francesa, Guyana, Perú, Surinam, Venezuela) (no se ha hallado en las Antillas)
<i>Norantea</i>	Hojas espiraladas	Racemosa	Tubular, sacciforme, cilíndrico o clavado; en los pedicelos	Pentámeras	Ovario 5-locular; estambres 15-38	Noranteoideae, Noranteae	Trinidad y Tobago y Sudamérica (Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guayana Francesa, Guyana, Perú, Surinam, y Venezuela)
<i>Pseudosarcopera</i>	Hojas espiraladas	Racemosa	Sacciforme a galeado; en el raquis, justo por debajo de la inserción del pedicelo al raquis	Pentámeras	Ovario 3-4-locular; estambres 8-14	Noranteoideae, Noranteae	Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia

Cont. **Tabla 1.** Características y circunscripción morfológica de los géneros de la familia Marcgraviaceae. *: En *Marcgravia* cada nectario reproductivo no posee flor fértil, aunque en algunos casos esta puede aparecer en forma rudimentaria, mientras que en los restantes siete géneros cada nectario reproductivo tiene una flor fértil.

Género	Filotaxis	Tipo de inflorescencia	Forma y posición del nectario reproductivo	Flores	Ovario y número de estambres	Subfamilia y tribu	Distribución geográfica
<i>Ruyschia</i>	Hojas espiraladas	Racemosa	Giboso a subgloboso; en la base de la flor, raramente en el pedicelo (a 1-2 mm del cáliz)	Pentámeras	Ovario 2-(3-4)-locular; estambres 3 o 5	Noranteoideae, Ruyschieae	Sur de México, Centroamérica, Andes (Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia) y Antillas Menores
<i>Sarcopera</i>	Hojas espiraladas	Espiciforme	Ciatiforme, cocleariforme, cupuliforme o sacciforme; en el raquis o en la base de la flor	Pentámeras	Ovario 2-3-(5)-locular; estambres 6-30	Noranteoideae, Noranteae	Desde Centroamérica (Costa Rica, Honduras, Nicaragua y Panamá) hasta Sudamérica (Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú, Venezuela) (no se ha hallado en las Antillas)
<i>Schwarzia</i>	Hojas espiraladas	Racemosa	Sacciforme, tubular, cimbiforme, ciatiforme, cocleariforme, galeado, cuculado, urceolado o ventricoso; en los pedicelos	Pentámeras	Ovario 3-5-locular; estambres 10-80 (sólo una especie presenta 5 estambres)	Noranteoideae, Noranteae	Desde Costa Rica hasta Bolivia y el sur de Brasil, así como en las Antillas Menores (Dominica, Guadalupe, St. Vincent, Trinidad y Tobago) y Venezuela
<i>Souroubea</i>	Hojas espiraladas	Racemosa	Tubular a sacciforme, con aurículas; en la base de la flor	Pentámeras (raramente 3-6-meras)	Ovario 3-5-locular; estambres 3 ó 5	Noranteoideae, Ruyschieae	Centro-sur de México, Centroamérica y Sudamérica (Colombia, Venezuela, Ecuador, Guyana, Perú, Brasil y Bolivia) (no se ha hallado en las Antillas)

Clave para separar los ocho géneros de las Marcgraviaceae

1. Hojas dísticas; flores con cuatro sépalos y cuatro pétalos; pétalos connatos en una caliptra caediza; cada nectario reproductivo sin flor fértil (en la mayoría de los casos la flor aparece en forma rudimentaria en la porción distal del nectario) *Marcgravia*
- 1'. Hojas espiraladas; flores con cinco sépalos y cinco pétalos; pétalos libres o parcialmente connatos en la base; generalmente cada nectario reproductivo con una flor fértil 2
2. Nectario reproductivo sobre el raquis justo por debajo de la unión del pedicelo al raquis o de la flor al raquis 3
- 2'. Nectario reproductivo sobre el pedicelo o en la base del cáliz 4
3. Flores sésiles (inflorescencias espiciformes) *Sarcopera*
- 3'. Flores pediceladas (inflorescencias racemosas) ... *Pseudosarcopera*
4. Inflorescencias umbeladas a subumbeladas *Marcgraviastrum*
- 4'. Inflorescencias conspicuamente racemosas 5
5. Nectario reproductivo ubicado en la base de la flor (raramente a 1-2 mm de la base del cáliz) 6
- 5'. Nectario reproductivo ubicado en el pedicelo ... 7
6. Nectario reproductivo auriculado, tubular a sacciforme *Souroubea*
- 6'. Nectario reproductivo sin aurículas, giboso a subgloboso *Ruyschia*
7. Flores largamente pediceladas, pedicelo de 1,4-9 cm de longitud; nectarios reproductivos localizados en la porción media a proximal del

pedicelo, raramente en la porción distal pero nunca cercanos al cáliz, con un pedículo de 0-7 mm de longitud *Schwartzia*

7'. Flores cortamente pediceladas, pedicelo de 0,3-1 cm de longitud; nectarios reproductivos localizados en el tercio proximal o en la porción media a distal del pedicelo, con un pedículo de 5-20 mm de longitud *Norantea*

Un nuevo sinónimo

Basándose en el estudio de los materiales tipo y otras colecciones obtenidas en varios países, se propone aquí reducir el binomio *Marcgraviastrum pendulum* (Lanj. & Heerdt) Bedell a la sinonimia de *Marcgraviastrum mixtum* (Triana & Planch.) Bedell, toda vez que dichos materiales solo exhiben diferencias poblacionales y de distribución geográfica que corresponden a meras variantes ambientales y latitudinales y en ningún momento, corresponden a verdaderas diferencias discretas como para reconocer dos especies diferentes.

Marcgraviastrum mixtum (Triana & Planch.) Bedell, *Bot. Jahrb. Syst.*, 119(3), 332. 1997. *Norantea mixta* Triana & Planch., *Ann. Sci. Nat., Bot., sér. 4* (17), 374. 1862. Tipo: Colombia (Nueva Granada). Cundinamarca. Andes de Bogotá, Susumuco, 1000 m, años 1851-1857, J. J. Triana s. n. (holotipo MPU!, isotipo P!).

Norantea pendula Lanj. & Heerdt, *Recueil Trav. Bot. Néerl.*, 37, 282. 1940. *Marcgraviastrum pendulum* (Lanj. & Heerdt) Bedell, *Novon*, 9(2), 252. 1999. Tipo: Surinam: in the mountains of Emmagebergte, Top II, 700 m, 11 mar 1922, B.W. 5682 (holotipo U!), *syn. nov.*

Especímenes adicionales examinados:

Bolivia: B. A. Krukoff 10522 (NY); J. C. Solomon 10738 (MO, NY); O. Buchtien 7611 (US).

Brasil: J. Pipoly et al. 6621 (INPA, MO, NY, US); J. Pipoly et al. 6656, 6659 (INPA, NY); G. T. Prance et al. 28799 (INPA, NY); G. T. Prance et al. 9766 (INPA, MO, NY).

Colombia: *R. Callejas et al.* 3431 (HUA, NY); *R. Callejas et al.* 8747 (HUA, NY); *R. Fonnegra et al.* 1822 (HUA, NY); *D. Giraldo-Cañas* 623 (HUA, MO); *D. Giraldo-Cañas et al.* 3110 (HUA); *D. Giraldo-Cañas et al.* 3306 (COL); *J. J. Hernández* 510 (4) (HUA, NY); *J. Zarucchi et al.* 5098 (CHOCO, HUA, MO, NY); *M. F. González et al.* 318 (COL); *A. E. Lawrance* 504 (NY, US); *P. A. Gil-L. et al.* 1208 (UPTC); *J. Fuertes et al.* 265 (COL); *J. C. Granados-Tochay et al.* 814 (COL); *J. Ospina & F. García* 1959 (COL); *A. S. Barclay et al.* 3756 (US); *R. Echeverry* 1482 (TOLI); *G. Galeano et al.* 642 (COL); *D. Giraldo-Cañas* 5028 (COL); *F. R. Fosberg & L. R. Holdridge* 19353 (NY, US); *J. M. Campo-K.* 1291 (COL); *M. S. Jaimes et al.* 441 (COL); *J. M. Idrobo* 1007 (COL, NY); *L. Quiñones & N. P. Romero* 1829 (LLANOS); *D. Giraldo-Cañas et al.* 2200a (COL); *D. Macías et al.* 1660 (COL); *J. Betancur et al.* 10841 (COL); *E. P. Killip* 19042 (NY, US); *H. García-Barriga & G. Stout* 18906 (COL); *R. Hurtado* 115 (US); *I. Cabrera* 7577 (CUVC); *W. Devia et al.* 2933 (COL, MO); *J. C. Mutis* 4472 (MA, US).

Ecuador: *B. Boom et al.* 7814 (NY, QCA); *W. H. Camp E-1* (NY); *J. L. Luteyn* 8371 (NY); *L. Holm-Nielsen et al.* 4046 (NY).

Guayana Francesa: *G. Cremers* 11629 (US); *J. J. de Granville et al.* 10759 (NY, US).

Guyana: *B. Maguire* 23519 (NY); *S. S. Tillett et al.* 45882 (NY); *M. J. Jansen-Jacobs et al.* 3435 (COL, NY, US); *M. J. Jansen-Jacobs et al.* 3577 (NY); *J. J. Pipoly* 9952 (NY).

Perú: *A. Gentry et al.* 61102 (MO, NY); *J. Schunke* 5092 (NY, US); *B. Stein* 2397 (MO, NY); *S. McDaniel* 22381 (NY); *J. Schunke* 9212 (MO, NY); *J. Schunke* 6229 (NY); *L. Williams* 6999 (F).

Venezuela: *B. Maguire* 34972 (NY); *B. Maguire et al.* 46979 (COL, NY, VEN); *J. A. Steyermark* 90181 (COL, NY, US, VEN); *J. A. Steyermark* 106112 (NY, VEN); *L. J. Dorr et al.* 5676 (NY); *A. L. Bernardi* 2259, 2759 (NY); *A. Jahn* 980 (NY, US); *S. López-Palacios* 1639 (NY, VEN); *A. L. Bernardi s.n.* (NY, VEN); *L. J. Dorr* 7145 (NY, VEN).

Diversidad de la familia. La familia Marcgraviaceae está constituida por 136 especies, distribuidas en 8 géneros (Tabla 2). El género más rico es *Marcgravia* L. con 64 especies, seguido por *Souroubea* Aubl. (20 especies), *Schwartzia* Vell. (19 especies), *Marcgraviastrum* (Wittm. ex Szyszyl.) de Roon & S. Dressler (14 especies), *Ruyschia* Jacq. (9 especies), *Sarcopera* Bedell (7 especies), *Pseudosarcopera* Gir.-Cañas (2 especies) y *Norantea* Aubl. (1 especie) (Tabla 2).

Riqueza por país. Los países con el mayor número de especies son Colombia (56 especies), Brasil (39), Ecuador (36), Perú (30), Costa Rica (29), Panamá (24), Venezuela (24) y Bolivia (17) (Tabla 3). Así, el centro de diversidad más importante de la familia se localiza en el noroeste de Suramérica (Colombia, Ecuador y Perú), y el segundo centro corresponde a Brasil.

Es necesario destacar nuevos o inadvertidos registros para las floras de Brasil (*Marcgravia maguirei* de Roon, *Marcgravia myriostigma* Triana & Planch., *Marcgravia punctifolia* S. Dressler, *Marcgravia sororopaniana* Steyermark y *Marcgravia zonopunctata* S. Dressler), Colombia (*Marcgravia punctifolia* S. Dressler) y Perú (*Marcgravia pedunculosa* Triana & Planch. y *Marcgravia purpurea* I. W. Bailey). Entre tanto, de Brasil se excluyen tres especies (*Marcgravia rectiflora* Triana & Planch., *Marcgravia trinitatis* C. Presl y *Marcgravia umbellata* L.), de Colombia se excluyen tres especies [*Marcgravia magnibracteata* Lanj. & Heerdt, *Marcgravia umbellata* L. y *Schwartzia weddelliana* (Baill.) Bedell], de Costa Rica se excluye una especie [*Schwartzia weddelliana* (Baill.) Bedell], de Guyana se excluye una especie (*Marcgravia umbellata* L.) y de Panamá se excluye una especie [*Schwartzia jimenezii* (Standl.) Bedell] (véase el Anexo 1 para las referencias que respaldan estos registros y estas exclusiones).

Endemismo por país. Los países con el mayor número de especies endémicas son Brasil (15 especies), Colombia (11), Costa Rica (6), Ecuador

(6) y Perú (5) (Tabla 3). Muchas de estas especies endémicas son muy raras, ya que solo se conocen del material tipo o de escasos especímenes y muchas de estas, además, presentan distribuciones muy restringidas (Giraldo-Cañas, 2011), lo que lleva a pensar en que muchas de estas

especies presentarían categorías de riesgo de extinción muy altas, aunque esta situación no se aborda aquí. Cabe destacar que la mayoría de las especies endémicas, independientemente del país, se ubican por debajo de los 500 metros de altitud (Anexo 1).

Tabla 2. Riqueza de especies por género en la familia neotropical Marcgraviaceae.

Género	Número reconocido de especies (Dressler, 2004a, 2004b)	Número reconocido de especies (Christenhusz <i>et al.</i> , 2017)	Número reconocido de especies (Ulloa <i>et al.</i> , 2017)	Número actual de especies (este estudio)
<i>Caracasia</i>	0	2	0	0 (incluido en <i>Ruyschia</i>)
<i>Marcgravia</i>	60	60	66	64
<i>Marcgraviastrum</i>	15	15	15	14
<i>Norantea</i>	2	2	2	1
<i>Pseudosarcopera</i>	0	0	0	2
<i>Ruyschia</i>	7	5	8	9
<i>Sarcopera</i>	10	10	8	7
<i>Schwartzia</i>	14	18	20	19
<i>Souroubea</i>	19	19	19	20
Total	127	131	138	136

Tabla 3. Riqueza de especies de Marcgraviaceae por país o colonia en América y el Caribe. *: Este trabajo; **: La suma de la columna central es superior a 136 especies, ya que muchas especies están presentes en varios países.

País (región o colonia)	Número actual de especies*	Número actual de especies endémicas*
Antigua	1	0
Belice	7	0
Bolivia	17	1
Brasil	39	15
Colombia	56	11

Cont. **Tabla 3.** Riqueza de especies de Marcgraviaceae por país o colonia en América y el Caribe. *: Este trabajo; **: La suma de la columna central es superior a 136 especies, ya que muchas especies están presentes en varios países.

País (región o colonia)	Número actual de especies*	Número actual de especies endémicas*
Costa Rica	29	6
Cuba	3	1
Dominica	5	0
Ecuador	36	6
El Salvador	1	0
Grenada	1	0
Guadalupe	4	0
Guatemala	9	0
Guayana Francesa	9	0
Guyana	10	0
Haití	3	0
Honduras	8	0
Jamaica	2	0
Martinica	4	0
México	8	1
Montserrat	2	0
Nicaragua	10	0
Panamá	24	1
Perú	30	5
Puerto Rico	2	1
República Dominicana	4	1
Saba	1	0
Santa Lucía	3	0
St. Vincent	2	0
Surinam	7	0
Tortola	1	0
Trinidad y Tobago	7	1
Venezuela	24	3
Total	136**	

Riqueza por gradiente altitudinal. La familia se encuentra distribuida desde el nivel del mar hasta casi los 3000 metros de altitud (Tabla 4); no obstante, se encuentra más diversificada en las tierras bajas y medias (0-1500 metros de altitud) y su representatividad va disminuyendo a medida que se incrementa el gradiente altitudinal, desde 88 especies en el primer intervalo altitudinal (0-500 m) hasta solo 7 especies en el último intervalo (2500-3000 m) ($y = -0,034x + 105,5$; $R^2 = 0,937$) (Tabla 4); igual patrón es exhibido por los géneros *Marcgravia*, *Marcgraviastrum* y *Souroubea*.

Por su parte, el género *Schwartzia* se aleja de este patrón (Tabla 4), toda vez que su mayor expresión de riqueza específica se alcanza en las tierras medias (1000-1500 metros de altitud: 13 especies; 1500-2000 metros de altitud: 10 especies), lo que concuerda con el “efecto del dominio medio” (véase las referencias en Giraldo-Cañas, 2013), el cual contempla que la mayor riqueza y la mayor diversidad de especies se encuentra en las

alturas intermedias, como el caso de la riqueza de mariposas en la serranía de Perijá (Colombia), en el caso de varios grupos de vertebrados y plantas vasculares (Acanthaceae, Bromeliaceae, Pteridophyta, Solanaceae), o en el caso de las especies de la familia Frullaniaceae de las hepáticas en áreas montanas neotropicales (véanse las referencias en Giraldo-Cañas, 2013). Los demás géneros no exhiben patrones particulares en cuanto a su distribución altitudinal (Anexo 1, Tabla 4).

Así, el patrón de la riqueza de esta familia en el Neotrópico va disminuyendo a medida que aumenta la altitud, situación que se ajusta a la regla de Rapoport (véase Stevens, 1992; Sanders, 2002; Guerrero y Sarmiento, 2010), lo cual se traduce en un alto recambio de las especies a medida que aumenta el gradiente altitudinal. En otras palabras, con base en el ajuste a la regla de Rapoport de los datos sobre la distribución altitudinal de las Marcgraviaceae, se deduce que

Tabla 4. Riqueza de especies de Marcgraviaceae por gradiente altitudinal en el Neotrópico, con las respectivas ecuaciones para estimar la riqueza por gradiente altitudinal. *: La suma de la segunda columna es superior 136 especies, ya que muchas especies están presentes en varios gradientes altitudinales (igual situación se da para los géneros).

Gradiente altitudinal (m)	Número de especies totales* ($y = -0,034x + 105,500$; $R^2 = 0,937$)	Número de especies de <i>Marcgravia</i> ($y = -0,019x + 53,130$; $R^2 = 0,983$)	Número de especies de <i>Marcgraviastrum</i> ($y = -0,003x + 10,550$; $R^2 = 0,835$)	Número de especies de <i>Norantea</i> (no se calculó la fórmula, ya que se trata de una sola especie)	Número de especies de <i>Pseudosarcopera</i> (no se calculó la fórmula, ya que se trata de solo 2 especies)	Número de especies de <i>Ruyschia</i> ($y = -0,000x + 4,947$; $R^2 = 0,188$)	Número de especies de <i>Sarcopera</i> ($y = -0,002x + 7,861$; $R^2 = 0,856$)	Número de especies de <i>Schwartzia</i> ($y = -0,002x + 10,420$; $R^2 = 0,215$)	Número de especies de <i>Souroubea</i> ($y = -0,005x + 16,900$; $R^2 = 0,956$)
0-500	88	48	9	1	1	4	6	5	14
500-1000	80	39	7	1	0	4	6	9	14
1000-1500	74	31	9	1	0	4	6	13	10
1500-2000	54	19	5	1	1	6	4	10	8
2000-2500	22	6	2	0	1	4	1	5	3
2500-3000	7	3	1	0	1	1	0	0	1
Total	136*	64	14	1	2	9	7	19	20

muchas de las especies presentan tolerancias estrechas (alto recambio de especies).

Las especies que alcanzan los mayores gradientes altitudinales son *Marcgravia brownei* (Triana & Planch.) Krug & Urb. (0-3000 m), *Marcgravia helverseniana* S. Dressler & Tschapka (1500-2500 m), *Marcgravia serrae* de Roon (0-3000 m), *Marcgravia sororopaniana* Steyererm. (0-2500 m), *Marcgravia trianae* Baill. (1000-3000 m), *Marcgraviastrum macrocarpum* (G. Don) Bedell ex S. Dressler (1000-3000 m), *Marcgraviastrum mixtum* (Triana & Planch.) Bedell (0-2500 m), *Pseudosarcopera oxystylis* (Baill.) Gir.-Cañas (1500-3000 m), *Ruyschia pilophora* Triana & Planch. (1500-3000 m), *Ruyschia tremadena* (Ernst) Lundell (0-2500 m), *Sarcopera anomala* (Kunth) Bedell (0-2500 m), *Souroubea fragilis* de Roon (0-3000 m) y *Souroubea loczyi* (V. A. Richt.) de Roon (0-2500 m).

Especies con mayor amplitud de distribución latitudinal. *Marcgravia brownei* (Triana & Planch.) Krug & Urb. [desde México hasta Sudamérica (Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela)], *Marcgravia caudata* Triana & Planch. (desde Costa Rica hasta Ecuador), *Marcgravia crenata* Poepp. ex Wittm. (desde Costa Rica hasta Brasil y Perú), *Marcgravia nepenthoides* Seem. (desde México hasta el noroeste de Colombia), *Marcgravia nervosa* Triana & Planch. (desde Nicaragua hasta Ecuador), *Marcgravia pedunculosa* Triana & Planch. (Sudamérica tropical), *Marcgravia pittieri* Gilg (desde México hasta Panamá), *Marcgravia purpurea* I. W. Bailey (Sudamérica tropical), *Marcgravia roonii* S. Dressler (desde Costa Rica hasta Ecuador), *Marcgravia weberbaueri* Gilg (desde Colombia hasta Bolivia), *Marcgraviastrum mixtum* (Triana & Planch.) Bedell (Sudamérica tropical), *Marcgraviastrum subsessile* (Benth.) Bedell (desde Honduras y Nicaragua hasta Ecuador), *Norantea guianensis* Aubl. (Sudamérica tropical y Trinidad y Tobago), *Sarcopera anomala* (Kunth) Bedell (desde Colombia hasta Bolivia), *Sarcopera sessiliflora* (Triana & Planch.) Bedell (desde Honduras y Nicaragua hasta Ecuador), *Souroubea corallina* (Mart.) de Roon (Sudamérica tropical), *Souroubea dasystachya* Gilg & Werderm.

(Sudamérica tropical), *Souroubea guianensis* Aubl. (Sudamérica tropical), *Souroubea loczyi* (V. A. Richt.) de Roon (desde México hasta Panamá), *Souroubea sympetala* Gilg (desde Belice hasta Perú y Venezuela) y *Souroubea vallicola* Woodson ex de Roon (desde Costa Rica hasta Ecuador) (Anexo 1). Entre tanto, representantes de los tres géneros restantes (*Pseudosarcopera*, *Ruyschia* y *Schwartzia*) exhiben distribuciones más estrechas.

Conclusiones

Los países con el mayor número de especies son Colombia (56 especies), Brasil (39), Ecuador (36), Perú (30), Costa Rica (29), Panamá (24), Venezuela (24) y Bolivia (17), mientras que los países con el mayor número de especies endémicas son Brasil (15), Colombia (11), Costa Rica (6), Ecuador (6) y Perú (5). Los nuevos o inadvertidos registros, así como las exclusiones para las floras de Brasil, Colombia, Costa Rica, Guyana, Panamá y Perú, ayudan a ampliar los inventarios vegetales de dichos países. La familia se encuentra más diversificada en las tierras bajas y medias (0-1500 metros de altitud), con su principal centro de diversidad localizado en el noroeste de Suramérica (Colombia, Ecuador y Perú) y un segundo centro en Brasil. Con base en los datos aquí analizados, la familia en conjunto queda reconocida por 8 géneros y 136 especies. La hipótesis de trabajo se acepta, ya que la forma de la inflorescencia y la ubicación diferencial de los nectarios reproductivos en la misma constituyen la combinación para el reconocimiento y la circunscripción morfológica de los ocho géneros de la familia. Se hace evidente continuar con los estudios taxonómicos en la familia, ya que aún persisten vacíos, principalmente en el género *Marcgravia*, así como en la separación o la unificación de los géneros *Ruyschia* y *Souroubea*.

Agradecimientos

Quiero manifestar mi profundo reconocimiento al Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia por todas las facilidades que me brindó para la preparación de este trabajo. A los curadores de los herbarios ACAM, AFP,

ANDES, AS, BA, BAF, BRG, CAUP, CDMB, CEN, CEPEC, COAH, COL, CR, CUVC, CHOCO, EAN, F, FAUC, FMB, G, HECASA, HFAB, HORI, HPUJ, HUA, HUC, HUQ, IAN, IBGE, INPA, IPA, JAUM, LLANOS, MEDEL, MEXU, MO, MOL, MPU, NY, PSO, QCA, R, RB, RSA, SI, SP, SURCO, TOLI, UDBC, UIS, UPTC, US, VALLE y VEN, por los préstamos enviados o por su grata colaboración durante la visita a sus instalaciones. A la Asociación Colombiana de Herbarios (ACH) por la financiación de numerosos viajes a la mayoría de los herbarios colombianos. A los herbarios de los jardines botánicos Rancho Santa Ana (RSA) (Claremont, California, EE.UU.) y Missouri "MO" (St. Louis, Missouri, EE.UU.), así como al Herbario Nacional de los EE.UU. (US, Smithsonian Institution, Washington D. C.) por las facilidades económicas brindadas para las visitas a sus instalaciones. Al Dr. Stefan Dressler (FR), por su valiosa y permanente colaboración y además, por la determinación, confirmación o corrección taxonómica de ejemplares durante su visita al Herbario Nacional Colombiano (COL) en el año 2009. A los siguientes investigadores por permitir el uso de sus bellas fotografías: Dr. Barry Hammel (MO, Figuras 7, 8B y 10), Dr. Klaus Mehlreter (México, Figura 2A), Dr. Gustavo Shimizu (Brasil, Figura 5A), Dr. Gregório Ceccantini (Brasil, Figuras 5B-E), Prof. William Ariza (Universidad Distrital de Bogotá, Figuras 2D-F), Julio Betancur (COL, Figuras 9B-C), Dr. José Iranildo Miranda de Melo (Universidade Estadual da Paraíba, Brasil, Figura 9E), Dr. Pedro Fiaschi (Lab. Sistemática Vegetal, depto. de Botânica, Campus Universitário, Florianópolis, Brasil, Figura 9A), Dr. Manuel Pereira Costa (Brasil, Figura 9D), Jorge Contreras (COL, Figura 4), Juan Manuel Campo (COL, Figura 2C), Juan Carlos Arias (COL, Figura 3), Rubén Darío Palacio (Icesi, Cali, Figura 8A), William G. Vargas (Cali, Figuras 8C-D). A los evaluadores por sus valiosos y acertados comentarios. Esta contribución se deriva del proyecto "Estudios sistemáticos en el complejo *Norantea* Aubl. (Marcgraviaceae). Parte II", de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá D. C. Al comité editorial de la revista *Biota Colombiana* por su permanente colaboración y apoyo.

Referencias

- Acevedo-Rodríguez, P. (2005). Vines and climbing plants of Puerto Rico and the Virgin Islands. *Contributions from the United States National Herbarium*, 51, 1-483.
- Balick, M. J., Nee, M. H. y Atha, D. E. (2000). Checklist of the vascular plants of Belize with common names and uses. *Memoirs of the New York Botanical Garden*, 85, 1-217.
- Bedell, H. G. (1985). *A generic revision of Marcgraviaceae I. The Norantea complex* (Tesis de grado). College Park, Maryland: University of Maryland. (inérita).
- Bedell, H. G. (1989). Marcgraviaceae. En Howard, R. (Ed.). *Flora of the Lesser Antilles*, 5, 300-310.
- Bernal, R., Gradstein, S. R. y Celis, M. (Eds.). (2016). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Volúmenes I y II. Bogotá D. C.: Universidad Nacional de Colombia, facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales.
- Brako, L. y Zarucchi, J. L. (Eds.). (1993). Catalogue of the flowering plants and gymnosperms of Peru. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden*, 45, 1-1286.
- Campostrini Forzza, R. y Leitman, P. (Coord.). (2010). *Catálogo de plantas e fungos do Brasil, volúmenes 1 y 2*. Río de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro.
- Castro Souza, V. (2010). Marcgraviaceae. En Campostrini Forzza, R. y Leitman, P. (Coord.), *Catálogo de plantas e fungos do Brasil*, 2, 1234-1235. Río de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro.
- Christenhusz, M. J. M., Fay, M. F. y Chase, M. W. (2017). *Plants of the world. An illustrated encyclopedia of vascular plants*. Kew: Kew Publishing, Royal Botanic Gardens.
- Correa, M. D., Galdames, C. y de Stapf, M. S. (2004). *Catálogo de las plantas vasculares de Panamá*. Bogotá D.C.: Universidad de Panamá-Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales.

- Crisci, J. (1994). La especie: realidad y conceptos. En Llorente Bousquets, J. y Luna, I. (Comp.). *Taxonomía biológica*. Pp. 53-64. México D. F.: Universidad Autónoma de México-Fondo de Cultura Económica.
- de Roon, A. C. (2005). A new species of *Ruyschia* (Marcgraviaceae) from the South American Andes. *Novon*, 15, 414-417.
- Dressler, S. (1997). Lectotypification of *Marcgravia rectiflora* (Marcgraviaceae). *Taxon*, 46, 109-110.
- Dressler, S. (1998). A new species of *Marcgravia* (Marcgraviaceae) from Venezuelan Guayana. *Novon*, 8, 137-139.
- Dressler, S. (2000). A new species of *Marcgravia* (Marcgraviaceae) from Amazonia with some notes on the *Galeatae* group including a key. *Willdenowia*, 30(2), 369-374.
- Dressler, S. (2001). Marcgraviaceae. En Steyermark, J., Berry, P. y Holst, B. (Eds.), *Flora of the Venezuelan Guayana*, 6, 248-260.
- Dressler, S. (2004a). Marcgraviaceae. En Smith, N., Mori, S. A., Henderson, A., Stevenson, D. W. y Heald, S. V. (Eds.). *Flowering Plants of the Neotropics*. Pp. 236-239. Princeton: Princeton University Press.
- Dressler, S. (2004b). Marcgraviaceae. En Kubizki, K. (Ed.). *The families and genera of vascular plants. VI. Flowering plants-Dicotyledons, Celastrales, Oxalidales, Rosales, Cornales, Ericales*. Pp. 258-265. Berlín: Springer.
- Ewan, J. (1951). Taxonomic notes on various species of Musaceae, Marcgraviaceae, Guttiferae, and Solanaceae of Colombia. *Natural History, Miscellanea (The Chicago Academy of Sciences)*, (88), 1-9.
- Font Quer, P. (1964). *Botánica pintoresca*. Barcelona: Ed. Ramón Sopena, S. A.
- Funk, V., Hollowell, T., Berry, P., Kelloff, C. y Alexander, S. N. (2007). Checklist of the plants of the Guiana Shield (Venezuela: Amazonas, Bolívar, Delta Amacuro; Guyana, Surinam, French Guiana). *Contributions from the United States National Herbarium*, 55, 1-584.
- Gilg, E. y Werdermann, E. (1925). Marcgraviaceae. En Engler, A. y Prantl, K. (Eds.). *Natürlichen Pflanzenfamilien*, ed. 2, 21: 94-106.
- Giraldo-Cañas, D. (2007). Un nuevo género de la familia neotropical Marcgraviaceae (Ericales) y circunscripción del Complejo *Norantea*. *Caldasia*, 29, 203-217.
- Giraldo-Cañas, D. (2011). Estudios morfológicos y taxonómicos en el complejo *Norantea* (Marcgraviaceae): Revisión de *Norantea*, *Pseudosarcopera* y *Schwartzia*. Biblioteca José Jerónimo Triana, 22, 1-176. Bogotá D. C.: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- Giraldo-Cañas, D. (2013). Las gramíneas en Colombia: Riqueza, distribución, endemismo, invasión, migración, usos y taxonomías populares. *Biblioteca José Jerónimo Triana* 26: 1-380. Bogotá D. C.: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- Giraldo-Cañas, D. y Dressler, S. (2012). Two new taxa of *Marcgraviastrum* (Marcgraviaceae) and a catalogue of Colombian taxa of this genus. *Caldasia*, 34, 33-41.
- Guerrero, R. J. y Sarmiento, C. E. (2010). Distribución altitudinal de hormigas (Hymenoptera, Formicidae) en la vertiente noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia). *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 26, 279-302.
- Hammel, B. E. (2006). Three new species of Marcgraviaceae from Costa Rica, with references to related species and notes on the generic placement of *Schwartzia jimenezii*. *Lankesteriana*, 6, 73-81.
- Hammel, B. E., Grayum, M. H., Herrera, C. y Zamora, N. (Eds.). (2007). Manual de plantas de Costa Rica. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden*, 111, 374-391. http://www.inbio.ac.cr/papers/manual_plantas/index.html

- Hokche, O., Berry, P. E. y Huber, O. (Eds.). (2008). *Nuevo catálogo de la flora vascular de Venezuela*. Caracas: Fundación Instituto Botánico de Venezuela "Dr. Tobías Lasser".
- Holmgren, P., Holmgren, N. y Barnett, L. (1990). *Index Herbariorum. Part I: The Herbaria of the World*. Nueva York: The New York Botanical Garden.
- Howard, R. A. (1989). *Flora of the Lesser Antilles. Leeward and Windward Islands*. Vol. 5-Dicotyledoneae-Part 2. Jamaica Plain, Massachusetts: Arnold Arboretum, Harvard University.
- Jørgensen P. M. y León-Yáñez, S. (Eds.). (1999). Catalogue of the vascular plants of Ecuador. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden*, 75, 1-1181.
- Jørgensen, P. M., Nee, M. H. y Beck, S. G. (Eds.). (2014). Catálogo de las plantas vasculares de Bolivia. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden*, 127, 823-825.
- Lens, F., Dressler, S., Vinckier, S., Janssens, S., Dessein, S., Van Evelghem, L. y Smets, E. (2005). Palynological variation in Balsaminoid Ericales. I. Marcgraviaceae. *Annals of Botany*, 96, 1047-1060.
- León, B. y Monsalve, C. (2006). Marcgraviaceae endémicas del Perú. *Revista Peruana de Biología (Número especial)*, 13, 426s-427s.
- McDade, L. A. (1995). Species concepts and problems in practice: insight from botanical monographs. *Systematic Botany*, 20, 606-622.
- Metcalf, C. R. y Chalk, L. (1950). *Anatomy of the dicotyledons*. Vol. I. Oxford: Clarendon Press.
- Mori, S. A., Cremers, G., Gracie, C. A., de Granville, J.-J., Heald, S. V., Hoff, M., y Mitchell, J. D. (2002). Guide to the vascular plants of Central French Guiana. *Memoirs of the New York Botanical Garden*, 76, 1-776.
- Nicolson, D. H. (1991). Flora of Dominica. *Smithsonian Contribution to Botany*, 77, 1-274.
- Philipson, W. R. (1956). New species from the Sierra de La Macarena (Colombia). *Mutisia*, 24, 1-7.
- Reveal, J. L. y Chase, M. W. (2011). APG III: Bibliographical information and synonymy of Magnoliidae. *Phytotaxa*, 19, 71-134.
- Rudall, P. (2007). *Anatomy of flowering plants. An introduction to structure and development*. Tercera edición. Nueva York: Cambridge University Press.
- Sanders, N. (2002). Elevational gradients in ant species richness: area, geometry, and Rapoport's rule. *Ecography*, 25, 25-32.
- Schneider, J. V., Paule, J., Gitaí, J., Dressler, S., Lima Silva Gusmão, C. y Benko-Iseppon, A. M. (2015). Divergent genome sizes reflect the infrafamilial subdivision of the Neotropical woody Marcgraviaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 177, 1-14.
- Schönenberger, J., Anderberg, A. A. y Sytsma, K. J. (2005). Molecular phylogenetics and patterns of floral evolution in the Ericales. *International Journal of Plant Sciences*, 166, 265-288.
- Schultes, R. (1951). Contribución al conocimiento de la flora amazónica de Colombia, I. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 8, 397-408.
- Schmid, R. (1988). Reproductive versus extra-reproductive nectaries: Historical perspective and terminological recommendations. *The Botanical Review*, 54, 179-232.
- Stevens, G. C. (1992). The elevational gradient in altitudinal range: an extension of Rapoport's latitudinal rule to altitude. *American Naturalist*, 140, 893-911.
- Stevens, P. (2001). Angiosperm Phylogeny Website. Recuperado el 2 de agosto de 2001 de <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>
- Stevens, W. D., Ulloa Ulloa, C., Pool, A. y Montiel, O. M. (Eds.). (2001). Flora de Nicaragua.

- Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden*, 85, 1-966.
- Tschapka, M., Dressler, S. y von Helversen, O. (2006). Bat visits to *Marcgravia pittieri* and notes on the inflorescence diversity within the genus *Marcgravia* (Marcgraviaceae). *Flora*, 201, 383-388.
- Tschapka, M. y von Helversen, O. (1999). Pollinators of syntopic *Marcgravia* species in Costa Rica lowland rain forest: Bats and opossums. *Plant Biology*, 1, 382-388.
- Ulloa Ulloa, C., Acevedo-Rodríguez, P., Beck, S., Belgrano, M. J., Bernal, R., Berry, P. E., Brako, L., Celis, M., Davidse, G., Forzza, R. C., Gradstein, S. R., Hokche, O., León, B., León-Yáñez, S., Magill, R. E., Neill, D. A., Nee, M., Raven, P. H., Stimmel, H., Strong, M. T., Villaseñor, J. L., Zarucchi, J. L., Zuloaga, F. O. y Jørgensen, P. M. (2017). An integrated assessment of the vascular plant species of the Americas. *Science*, 358, 1614-1617.
- Uribe Meléndez, J. (2008). Monografía de *Frullania* subgénero *Meteoripsis* (Frullaniaceae, Marchantiophyta). *Caldasia*, 30, 49-94.
- van Roosmalen, M. G. M. (1985). *Fruits of the Guianan flora*. Wageningen: Institute of Systematic Botany-Utrecht University-Silvicultural Department of Wageningen-Agricultural University.
- Villaseñor, J. L. (2016). Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87, 559-902.
- von Balthazar, M. y Schönenberger, J. (2013). Comparative floral structure and systematics in the balsaminoid clade including Balsaminaceae, Marcgraviaceae and Tetrameristaceae (Ericales). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 173, 325-386.
- Ward, N. y Price, R. (2002). Phylogenetic relationships of Marcgraviaceae: Insights from three chloroplast genes. *Systematic Botany*, 27, 149-160.
- Weber, H. (1956). Über die Blütenstände und die Hochblätter von *Norantea* Aubl. (Marcgraviaceae). *Beiträge zur Biologie der Pflanzen*, 32, 313-329.
- Weberling, F. (1992). *Morphology of flowers and inflorescences*. Nueva York: Cambridge University Press.
- Wiens, J. J. y Servedio, M. R. (2000). Species delimitation in systematics: inferring diagnostic differences between species. *Proceedings of the Royal Society of London B (Biological Sciences)*, 267, 631-636.
- Wittmack, L. (1878). Marcgraviaceae. En von Martius, C. F. P. (Ed.). *Flora Brasiliensis*, 12, 213-258.

Anexo 1. Catálogo de la familia neotropical Marcgraviaceae (8 géneros, 136 especies). Disponible en línea: <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota/rt/suppFiles/555/0>

Diego Giraldo-Cañas
 Universidad Nacional de Colombia,
 Instituto de Ciencias Naturales
 Bogotá, Colombia
 dagiraldoc@unal.edu.co

Circunscripción morfológica, diversidad, patrones de distribución y catálogo de la familia neotropical Marcgraviaceae (Ericales)

Citación del artículo: Giraldo-Cañas, D. (2018). Circunscripción morfológica, diversidad, patrones de distribución y catálogo de la familia neotropical Marcgraviaceae (Ericales). *Biota Colombiana*, 19(1), 49-69. DOI: 10.21068/c2018.v19n01a04.

Recibido: 02 de octubre de 2017
 Aprobado: 12 de diciembre de 2017

Distribución espacial y temporal de dípteros acuáticos (Insecta: Diptera) en la cuenca del río Alvarado, Tolima, Colombia

Spatial and temporal distribution of aquatic Diptera (Insecta: Diptera) in the Alvarado River basin, Tolima, Colombia

Laura D. Rojas-Sandino, Gladys Reinoso-Flórez y Jesús M. Vásquez-Ramos

Resumen

En el presente estudio se caracterizó la composición y estructura de la fauna del orden Diptera y se analizaron algunas variables fisicoquímicas en la cuenca del río Alvarado. Entre septiembre (bajas precipitaciones) y diciembre (altas precipitaciones) de 2012 se evaluó la fauna de dípteros en 9 estaciones de muestreo de la cuenca del río Alvarado entre los 351 y 1057 m s.n.m. Empleando una red Surber se realizaron recolecciones en diferentes sustratos (arena, hojarasca, grava y roca). En total se registraron 3283 organismos pertenecientes a 8 familias y 41 géneros, de los cuales 20 son nuevos reportes para el departamento del Tolima. Las familias con mayores densidades y abundancias fueron Chironomidae, Ceratopogonidae y Simuliidae. En septiembre (época de baja precipitación) se reportaron los mayores valores de riqueza, densidad, abundancias y diversidad. Así mismo, las localidades estación río Alvarado inicio, quebrada La Chumba y quebrada la Caima presentaron las mayores densidades de organismos. Paralelamente se tomaron muestras de agua para los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos, con el fin de determinar las relaciones entre estos parámetros y la biota evaluada. La conductividad eléctrica, pH, sólidos totales, alcalinidad y dureza, influyeron favorablemente en la distribución de dípteros en la cuenca del río Alvarado.

Palabras clave. Ecosistema lótico. Macroinvertebrados. Parámetros físico-químicos. Sustratos. Variación pluviométrica.

Abstract

In this study, the composition and structure of dipterans of the Alvarado River basin were characterized along with some physicochemical parameters of the area. Between September (dry season) and December (rainy season) of 2012, Diptera in 9 sampling stations in the Alvarado River and some of its tributaries between altitudes of 351 and 1057 m a.s.l. were examined. Biological material was collected across different substrates (sand, leaf litter, gravel and rock) with a Surber net. A total of 3283 larvae belonging to 8 families and 41 genera were collected, including new records for 20 genera in the Tolima region. Chironomidae, Ceratopogonidae and Simuliidae families exhibited the highest density and abundance. September (dry season) reported greater densities, richness and abundances and higher values of diversity and the stations Alvarado-Inicio, Quebrada Chumba and Quebrada la

Caima had the highest values of abundance. Also, water samples were collected for physicochemical and bacteriological analyses to determine relationships with dipteran biota. Electrical conductivity, pH, total dissolved solids, alkalinity and hardness had a positive influence on the distribution of aquatic dipteran larvae of the Alvarado River basin.

Keywords. Lotic ecosystems. Macroinvertebrates. Physicochemical parameters. Rainfall variation. Substrates.

Introducción

El orden Diptera es uno de los órdenes de insectos más ampliamente distribuidos y diversos entre los artrópodos. Incluye desde mosquitos, moscas negras, jejenes y moscas de la fruta, hasta moscas domésticas. Se han descrito alrededor de 160000 especies (Courtney y Cranston, 2015), dentro de las cuales 21000 se encuentran en Norteamérica (Courtney y Cranston, 2015) y se estima que hay alrededor de otras 24075 en el Neotrópico (Souza Amorim *et al.*, 2002). Este amplio margen de distribución se relaciona con la riqueza de especies y los variados mecanismos de locomoción y respiración, así como las diferentes funciones ecológicas que permiten colonizar variedad de hábitats, incluyendo ambientes terrestres y acuáticos como ríos, arroyos, lagos, embalses, brácteas de bromeliáceas y demás plantas que acumulan agua, orificios de troncos viejos y las costas marinas (Roldán y Ramírez, 2008; Merritt *et al.*, 2009; DeWalt *et al.*, 2010). Debido a estas condiciones y a su capacidad de tolerar amplios rangos ambientales (Sarmiento, 2010), estos organismos no solo se convierten en elementos bióticos de gran relevancia en la cadena trófica, sino que también son de gran importancia económica y médica a nivel mundial (Merritt *et al.*, 2009). Familias como Tipulidae, Muscidae, Agromyzidae y Tephritidae son plagas de cultivos, otras como Culicidae, Psychodidae y Simuliidae son vectores de patógenos que afectan el bienestar y la salud humana, y algunas como Chironomidae y Blephariceridae juegan un rol importante como bioindicadores de la calidad del agua (Lizarralde de Grosso, 2009; Merritt *et al.*, 2009).

El análisis de la calidad de los ecosistemas dulceacuícolas no solo se basa en parámetros

fisicoquímicos y bacteriológicos sino también en aspectos biológicos y ecológicos, por lo tanto el uso de macroinvertebrados constituye una herramienta viable y fácil de estudiar (Domínguez y Fernández, 2009). No obstante el conocimiento de los ensamblajes de larvas de dípteros acuáticos proviene en gran medida de publicaciones europeas y norteamericanas, que van desde estudios taxonómicos, ecológicos, de bioindicación y estructura de la comunidad dentro de los cuerpos de agua, hasta estudios de carácter médico y veterinario, ya que son vectores de múltiples enfermedades (Roldán y Ramírez, 2008; Courtney *et al.*, 2009; DeWalt *et al.*, 2010).

En Suramérica la información se encuentra en gran medida fragmentada y enfocada a ciertos grupos de dípteros acuáticos. Dicha información está centrada principalmente en aspectos taxonómicos, ecológicos y biológicos, y se resaltan los trabajos de Hamada y Grillet (2001), Coscarón-Arias (2003), Borkent y Spinelli (2007) y Coscarón y Coscarón-Arias (2007) en los que se hacen descripciones generales de las familias Simuliidae y Ceratopogonidae del Neotrópico y al mismo tiempo se incluyen discusiones sobre bionomía, adaptaciones de las diversas etapas de vida, hábitats, roles ecológicos, técnicas de recolección y preparación, zoogeografía, clasificación y claves de identificación. Otros como Domínguez y Fernández (2009), Paggi (2009) y Trivinho (2011), tratan con claridad aspectos sobre la anatomía, morfología, distribución y ecología del orden Diptera, resaltando familias como Chironomidae y Simuliidae, e incluyen claves de identificación y reseñas para familias y géneros de Suramérica y Brasil.

En Colombia, los trabajos sobre dípteros acuáticos datan de los años 80 y abarcan diferentes aspectos como la caracterización estructural en cuerpos de agua y su relevancia en el campo de la salud pública (Roldán, 1988; Pinilla, 1998; Ruiz Moreno *et al.*, 1999; Pérez, 2007). Dentro de estos, se resalta la descripción de aspectos generales en cuanto a la biología, ecología, taxonomía, distribución y bioindicación de dípteros acuáticos a nivel de familia en el departamento de Antioquia (Bedoya y Roldán, 1984; Roldán, 1988) y las claves taxonómicas de Chironomidae de la sabana de Bogotá (Ruiz Moreno, *et al.* 1999). Para el Tolima la información existente acerca de este orden se encuentra limitada, ya que se ha estudiado principalmente la taxonomía, diversidad, riqueza y distribución hasta el nivel de subfamilia en el caso de Chironomidae y hasta género en las demás familias, en los ríos Coello, Prado, parte baja de Amoyá, y Opia (Sánchez, 2004; Carranza, 2006; Oviedo, 2011). Entre estos estudios, el de Oviedo (2011) se destaca por determinar por primera vez los organismos de la familia Chironomidae hasta el nivel de género, proporcionando un conocimiento base de gran relevancia para el departamento.

El uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua ha resultado de gran importancia en los últimos años, sin dejar de lado el uso de los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos en los cuerpos de agua. Por consiguiente, la utilización de estas herramientas permiten no solo integrar cambios biológicos, tanto a corto y largo plazo en un rango de variables medioambientales, sino también proporcionar información puntual e indirecta del estado y calidad de las aguas (Jacobsen *et al.*, 2008; Helson y Williams, 2013; Damanik-Ambarita, *et al.* 2016). Debido a lo expuesto anteriormente y a la importancia del orden díptera en la cuenca del río Alvarado (Tolima, Colombia) el presente estudio determinó la composición y estructura de larvas de dípteros acuáticos durante dos periodos hidrológicos, con el fin de ampliar la línea base de esta fauna béntica en las cuencas hidrográficas del Tolima y proveer información en cuanto a su distribución y relación con algunas variables fisicoquímicas.

Materiales y métodos

Área de estudio. El río Alvarado pertenece a la cuenca del río La China, que a su vez hace parte del sistema del río Totare, cuenca del río Magdalena, en el departamento del Tolima. Presenta un área de 29988,14 hectáreas, un perímetro de 91,66 km y una longitud del cauce de 55,06 km (Cortolima, 2009). De acuerdo con la clasificación de las zonas de vida de Holdridge (Pizano y García, 2014), el río Alvarado se localiza dentro del ecosistema del bosque seco tropical del departamento del Tolima, y, por su ubicación, fertilidad de sus suelos y condiciones ecológicas, se ha visto reemplazado a lo largo del tiempo por grandes zonas de cultivo, pastos para ganadería y urbanización (Cortolima, 2009).

Esta cuenca registra precipitaciones promedio anual de 700 a 2000 mm y temperaturas superiores a los 24 °C. Se caracteriza por poseer una escasa masa forestal protectora, que se reduce en las partes altas de las estribaciones de la cordillera Central; posee bosques en su gran mayoría secundarios y tierras destinadas primordialmente al uso de pasto. El suelo de la cuenca es de carácter franco-arcilloso y de erosión severa (Cortolima, 2009). La cuenca presenta una forma alargada y las aguas que circulan por esta no están sometidas a grandes velocidades, ya que presenta pendientes muy bajas, con un carácter moderadamente torrencial (Cortolima, 2009). Los principales afluentes del río Alvarado son Santo Domingo, El Neme, Mercadillo, El Ceboso, La Leona, Acedratas, San Isidro, El Guayabo, La Totuma, Trujillo, Amesitas, El Lazo, El Retiro, Peñonosa, La Babillera, Cachipa, Cocare, La Caima y Del Valle (Cortolima, 2009).

Con relación a las características de la cuenca, esta se encuentra rodeada principalmente por especies vegetales en su mayoría arbóreas, así como helechos, herbáceas como bromelias y musgos, entre otros. También cuenta con la presencia de fauna silvestre como el venado, conejo armadillo, reptiles como el lobo pollero, y serpientes del género *Micrurus*, así mismo gran cantidad de avifauna (Cortolima, 2009).

Toma de muestras. Durante dos periodos hidrológicos correspondientes a altas y bajas lluvias, entre septiembre y diciembre de 2012, se tomaron muestras en microhábitats de arena (A), hojarasca (H), grava (G) y roca (R) en nueve puntos del río Alvarado y sus tributarios (Figura 1;

Tabla 1). Para esto se empleó una red Surber de 250 μm con un área de 0,09 m^2 , siguiendo la metodología propuesta por Wantzen y Rueda (2009) en tramos impactados y no impactados por la urbanización y la agricultura (Figura 2).

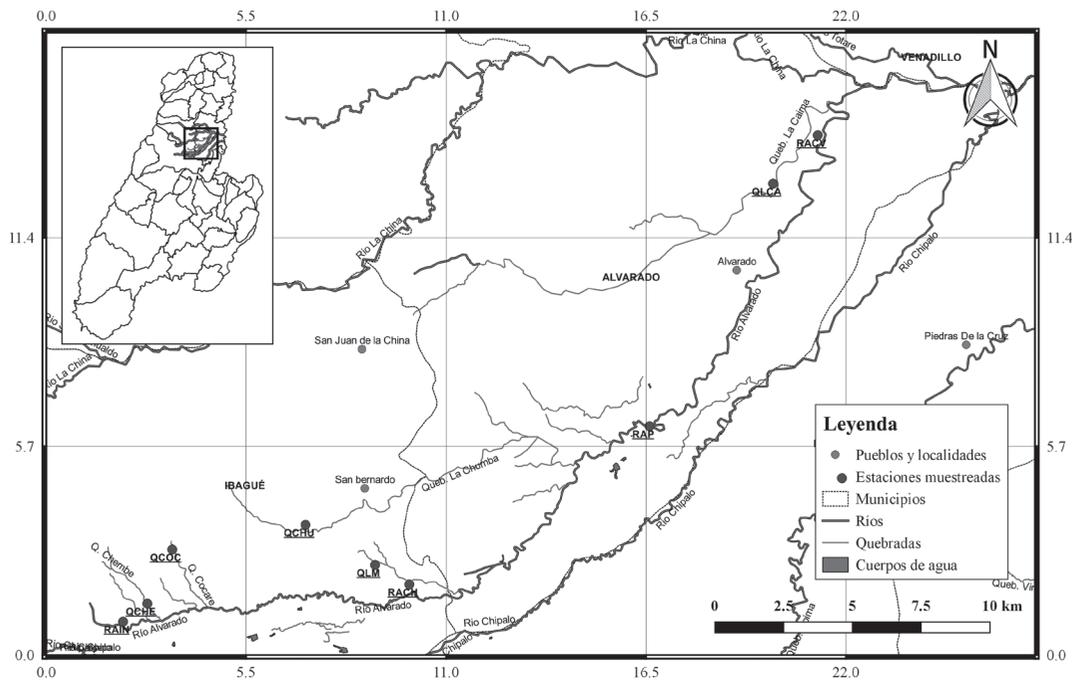


Figura 1. Mapa del río Alvarado y sus tributarios con los puntos de muestreo.

Tabla 1. Estaciones de muestreo en la cuenca del río Alvarado, periodo septiembre y diciembre de 2012.

Estación	Sigla	Municipio	Coordenadas		Altitud (m s.n.m.)
Quebrada Cocare	QCOC	Ibagué	04°28'37,4" N	075°08'25,4" O	1057
Quebrada Chembe	QCHE	Ibagué	04°27'34,2" N	075°08'54,7" O	988
Río Alvarado-Inicio	RAIN	Ibagué	04°27'13,1" N	075°09'23,2" O	977
Quebrada Chumba	QCHU	Ibagué	04°29'06,2" N	075°05'48,6" O	973
Quebrada La Manjarrés	QLM	Ibagué	04°28'19,3" N	075°04'26,9" O	758
Río Alvarado-Chucuni	RACH	Ibagué	04°27'56,7" N	075°03'46,7" O	697
Río Alvarado-Puente	RAP	Alvarado	04°31'11,3" N	074°59'14,0" O	521
Quebrada La Caima	QLCA	Alvarado	04°35'45,8" N	074°56'39,6" O	374
Río Alvarado-Caldas Viejo	RACV	Alvarado	04°36'41,2" N	074°55'46,2" O	351



Figura 2. Registro fotográfico de las diferentes estaciones muestreadas en la cuenca del río Alvarado, periodo septiembre y diciembre de 2012.

Las muestras recolectadas se almacenaron en frascos plásticos de 500 ml y se conservaron en alcohol al 70 %. En el laboratorio se filtraron a través de un tamiz de 50 μ m para limpieza, separación e identificación de las larvas de dípteros con ayuda y uso de estereoscopio Olympus szx9 (6,3X-57X). Los organismos se determinaron hasta género, empleando las claves y descripciones de Epler (2001), Borkent y Spinelli (2007), Coscarón

y Coscarón-Arias (2007), Domínguez y Fernández (2009) y Trivinho (2011).

Para la adecuada identificación de quironómidos las larvas se aclararon con el fin de hacer más visibles las diferentes estructuras existentes en la cápsula cefálica y a lo largo del cuerpo (Anexo 1). Para ello, se empleó hidróxido de potasio (KOH) al 10 %, posteriormente se realizaron lavados

sucesivos con alcohol en diferentes concentraciones (70, 96 y 99,9 %), y finalmente se realizó el montaje y fijación por placas con euparal (Trivinho, 2011) para la visualización en el microscopio.

Una vez las muestras fueron analizadas, los especímenes se ingresaron a la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima, en la sección macroinvertebrados acuáticos (CZUT-Ma).

Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos.

Se tomaron muestras de agua en los 9 puntos, tanto para análisis bacteriológico como para análisis de 18 parámetros fisicoquímicos. Para esto se utilizaron frascos estériles de vidrio de 300 ml (bacteriológico) y frascos plásticos de 2 L (fisicoquímico). Los análisis se llevaron a cabo en condiciones *in situ* (medición de temperatura ambiental, temperatura del agua, profundidad, caudal y velocidad) y *ex situ* en el Laboratorio de Análisis Químico de la Universidad del Tolima (LASEREX) que incluyó los parámetros de pH, turbiedad, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación, demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO₅), alcalinidad, cloruros, dureza, sólidos totales, sólidos suspendidos, conductividad eléctrica, fósforo total, fosfatos, nitratos, coliformes totales y fecales, de acuerdo con las recomendaciones propuestas por APHA-AWWA-WEF (American Public Health Association *et al.*, 2005).

Análisis de datos. Para analizar la estructura del orden Diptera se determinó la riqueza y la abundancia relativa a partir de las densidades de cada uno de los géneros para los dos periodos muestreados. También se analizó la diversidad de estos organismos tanto a nivel temporal como espacial y de sustratos mediante el cálculo del índice de riqueza de Margalef (D), dominancia de Simpson (λ) y diversidad de Shannon-Wiener (H'), empleando el programa Past versión 1.98 (Hammer *et al.*, 2001). Con el fin de verificar la normalidad de los datos en las abundancias y los parámetros fisicoquímicos tanto a nivel temporal como espacial ($p > 0,05$), se llevó a cabo la prueba de Shapiro-Wilk.

Una vez analizada la estructura de dípteros en la cuenca del río Alvarado, se procedió a determinar diferencias significativas a nivel espacial y temporal en los valores medidos para los parámetros fisicoquímicos mediante el test de Kruskal-Wallis, usando el paquete estadístico STATISTICA versión 7.0 (StatSoft, 2007). Por otro lado, se realizó un Análisis de Correspondencia Canónica mediante el programa Canoco versión 4.5 (Ter Braak y Smilauer, 2004), con el propósito de explorar las asociaciones entre las variables fisicoquímicas, la fauna de larvas de dípteros acuáticos y los puntos muestreados en el río Alvarado. Así mismo, se determinaron las variables con mayor influencia en la dinámica fisicoquímica de la cuenca, mediante un Análisis de Componentes Principales utilizando el programa STATISTICA versión 7.0 (StatSoft, 2007).

Resultados

Entre septiembre y diciembre de 2012 en las 9 estaciones del río Alvarado se encontraron 3283 larvas de dípteros pertenecientes a 8 familias, 13 subfamilias y 41 géneros. Se destacan 15 nuevos registros de la familia Chironomidae (*Cladotanytarsus*, *Cryptochironomus*, *Endotribelos*, *Microchironomus*, *Paratanytarsus*, *Pelomus*, *Riethia*, *Saetheria*, *Cricotopus*, *Nanocladius*, *Onconeura*, *Paracladius*, *Gr. Thienemannimyia*, *Labrundinia* y *Larsia*), 4 de la familia Ceratopogonidae (*Forcipomyia*, *Culicoides*, *Bezzia* y *Dasyhelea*) y un género de Empididae (*Clinocera*) (Anexo 2).

A nivel general, la familia Chironomidae presentó el mayor porcentaje de individuos en relación al total de larvas colectadas y fue seguida por Ceratopogonidae. A su vez, se destaca la elevada presencia de los géneros *Chironomus*, *Dicrotendipes*, *Polypedilum*, *Rheotanytarsus*, *Cricotopus* (Chironomidae), *Culicoides* (Ceratopogonidae), y *Simulium* (Simuliidae). En este estudio, las familias menos abundantes fueron Culicidae, Empididae, Psychodidae y Stratiomyidae (Anexo 2).

Distribución temporal. En septiembre se evidenció el mayor registro de riqueza, densidad

y abundancia de organismos recolectados en comparación con lo muestreado en el mes de diciembre (Anexo 2). Sin embargo no hubo diferencias significativas ($U = 710$, $n = 41$, $p = 0,23$) entre las densidades y abundancias a nivel temporal. Para el primer periodo las 1941 (59,12%) larvas de dípteros analizadas se distribuyeron en 8 familias, 13 subfamilias y 39 géneros, mientras que en diciembre se registraron 1342 (40,87 %) distribuidas en 6 familias, 11 subfamilias y 32 géneros. En ambos periodos, se destaca la presencia de las subfamilias Chironominae, Orthoclaadiinae y Tanypodinae, con una abundancia relativa del 43 %, 27 % y 5 %, respectivamente (Anexo 2). Con respecto a la distribución temporal de las larvas por cada punto muestreado, se evidenció una disminución en el número de organismos en todas las estaciones; sin embargo, en RAP y RACV el número de individuos aumentó de septiembre a diciembre (Figura 3). En estas estaciones, se registró una gran abundancia relativa de larvas de la familia Chironomidae, en la cual se destacan los géneros *Cladotanytarsus*, *Cricotopus*, *Dicrotendipes*, *Larsia*, *Onconeura*, *Polypedilum*, *Paratanytarsus* y *Saetheria*.

Distribución espacial. En los dos periodos muestreados, la estación RAIN reflejó la mayor abundancia de organismos recolectados (10 % y 9 %); mientras que la estación QCOC presentó la menor abundancia (3 % y 2 %) (Figura 3). No obstante, de septiembre a diciembre en estaciones como QCHU se evidenció una disminución abrupta en el número de larvas recolectadas (13 % y 2 %) (Figura 3), esto puede deberse al aumento de las corrientes como resultado de las intensas lluvias que se presentaron durante los días de muestreo. Con relación a la distribución altitudinal, en los dos periodos se hallaron dípteros en todos los puntos muestreados, desde los 351 m s.n.m hasta los 1057 m s.n.m. Sin embargo, algunos géneros por su baja abundancia presentaron restricciones altitudinales. Dentro de estos se destacan, *Chironomus* (973-977 m s.n.m.), *Fittkavimyia* (521 m s.n.m.), *Microchironomus* (521 m s.n.m.), *Paracladius* (973 m s.n.m.), *Pelomus* (973 m s.n.m.), *Xestochironomus* (758 m s.n.m.), *Atrichopogon* (977-977 m s.n.m.), *Forcipomyia* (351 m s.n.m.), *Anopheles* (374 m s.n.m.), *Chelifera* (1057 m s.n.m.), *Clinocera* (1057 m s.n.m.) y *Odontomyia* (351 m s.n.m.) (Anexo 2).

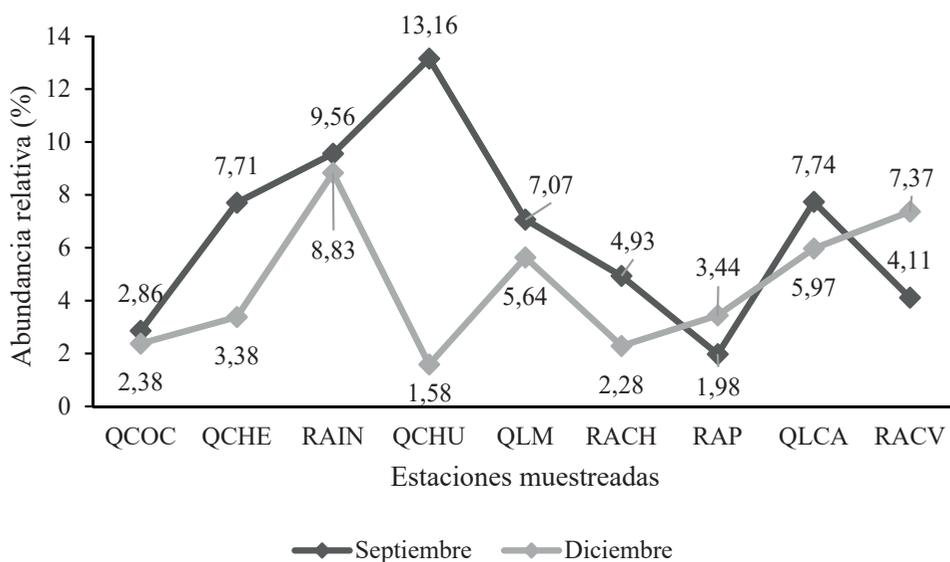


Figura 3. Abundancia relativa de larvas de dípteros acuáticos a nivel espacial en la cuenca del río durante septiembre y diciembre de 2012.

En lo que respecta a la familia Chironomidae, géneros como *Polypedilum*, *Rheotanytarsus*, *Cladotanytarsus*, *Dicrotendipes*, *Saetheria*, *Cricotopus*, *Onconeura*, *Cardiocladius*, *Thienemanniella*, *Lopescladius*, *Corynoneura*, *Larsia*, *Pentaneura*, *Labrundinia* y *Paratanytarsus* mostraron una amplia distribución altitudinal y en su mayoría se relacionaron con todos los sustratos muestreados (Anexo 2); situación similar se presentó en géneros como *Simulium*, *Hexatoma* y *Culicoides* (Anexo 2). Caso contrario, larvas de *Limonia*, *Pericoma* y *Dasyhelea* estuvieron asociadas a sustratos como hojarasca y roca, y presentaron un rango de distribución altitudinal amplio, estos estuvieron asociados con sustratos como hojarasca y roca (Anexo 2).

Índices ecológicos. Los valores de los índices muestran una gran diversidad y riqueza de géneros para los períodos muestreados. En septiembre, estaciones como QCHU y QCOC evidenciaron valores elevados de riqueza y diversidad, mientras que QLM presentó valores bajos (Figura 4A). Para el periodo de diciembre QLM, RACH y RAP presentaron los índices de riqueza y diversidad más elevados, contrario a la estación RAIN que evidenció valores bajos (Figura 4B). Con respecto al índice de dominancia, para el periodo de septiembre estaciones como RACV, RAIN, QLM, y QCHE mostraron valores elevados, mientras que para diciembre los puntos QCOC, RAIN y QCHU reflejaron índices de dominancia elevados (Figura 4A-B).

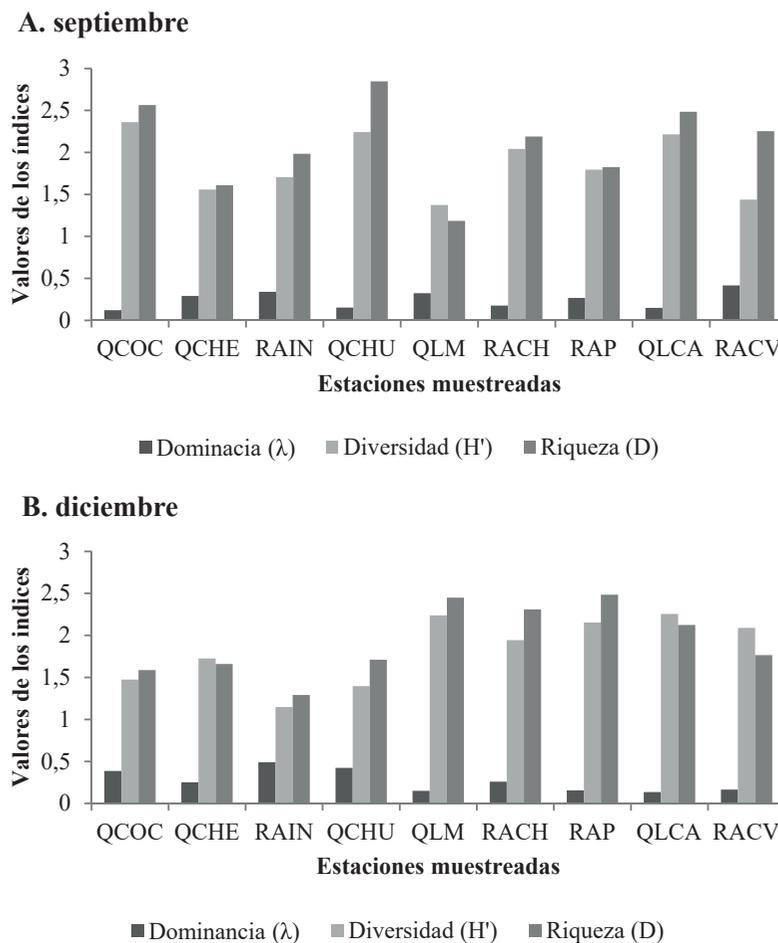


Figura 4. Variación espacial del índice de riqueza de Margalef, dominancia de Simpson y Shannon-Wiener de dípteros de la cuenca del río Alvarado septiembre (A) y diciembre (B) de 2012.

En cuanto a los sustratos muestreados, durante septiembre y diciembre se evidenciaron valores elevados de riqueza y diversidad, y bajos de dominancia para todos los microhábitats, aunque hojarasca y roca presentaron una dominancia moderadamente elevada en los dos periodos muestreados (Figura 5A-B).

Finalmente, a pesar de que se encontró una gran diversidad y riqueza de larvas de dípteros tanto para septiembre como diciembre, estaciones como QLM mostraron valores elevados de dominancia en el sustrato de hojarasca, y para diciembre, QCHU presentó índices de dominancia más

elevados en los sustratos de hojarasca y roca (Figura 6A-B).

Variables fisicoquímicas y bacteriológicas. Las variables fisicoquímicas analizadas no evidenciaron diferencias significativas ($p > 0,05$) a lo largo de las nueve estaciones de muestreo, a excepción de la temperatura del agua, conductividad eléctrica y alcalinidad (Tabla 2). Por otra parte, a nivel temporal se reflejaron cambios significativos en los parámetros analizados, lo cual puede ser atribuido a factores externos como las condiciones climáticas y antropogénicas de la región durante los dos periodos de estudio (Tabla 2).

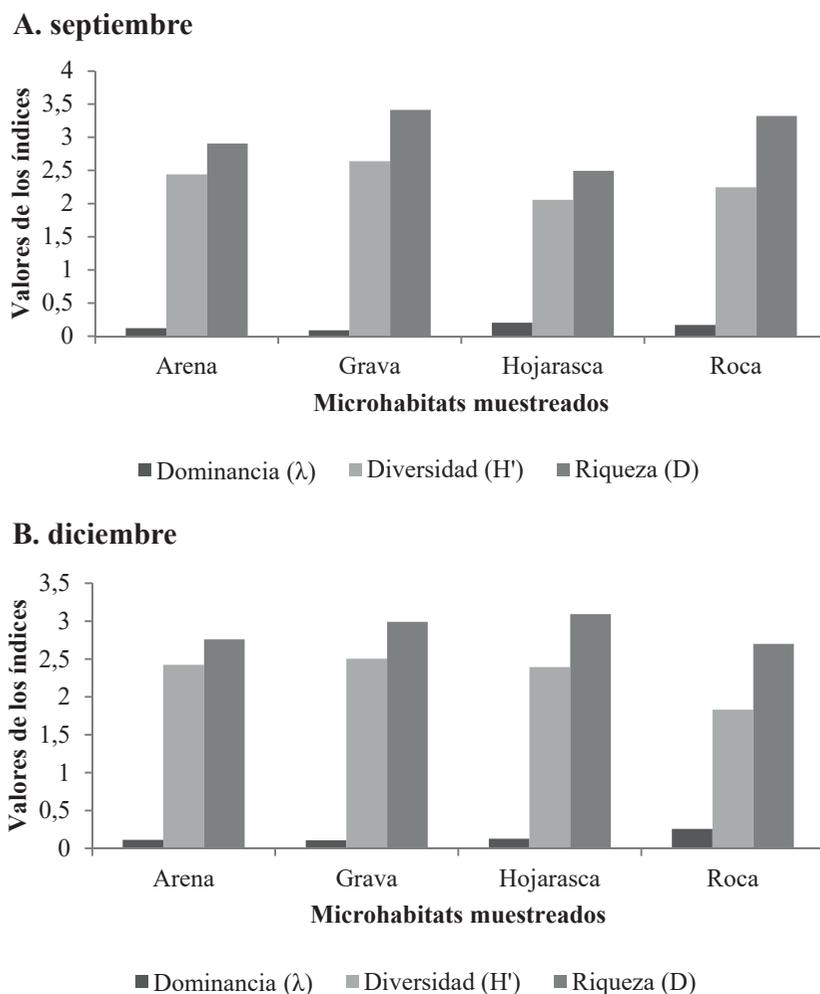


Figura 5. Variación en el índice de riqueza de Margalef, dominancia de Simpson y Shannon-Wiener de dípteros, en los diferentes sustratos muestreados de la cuenca del río Alvarado en septiembre (A) y diciembre (B) de 2012.

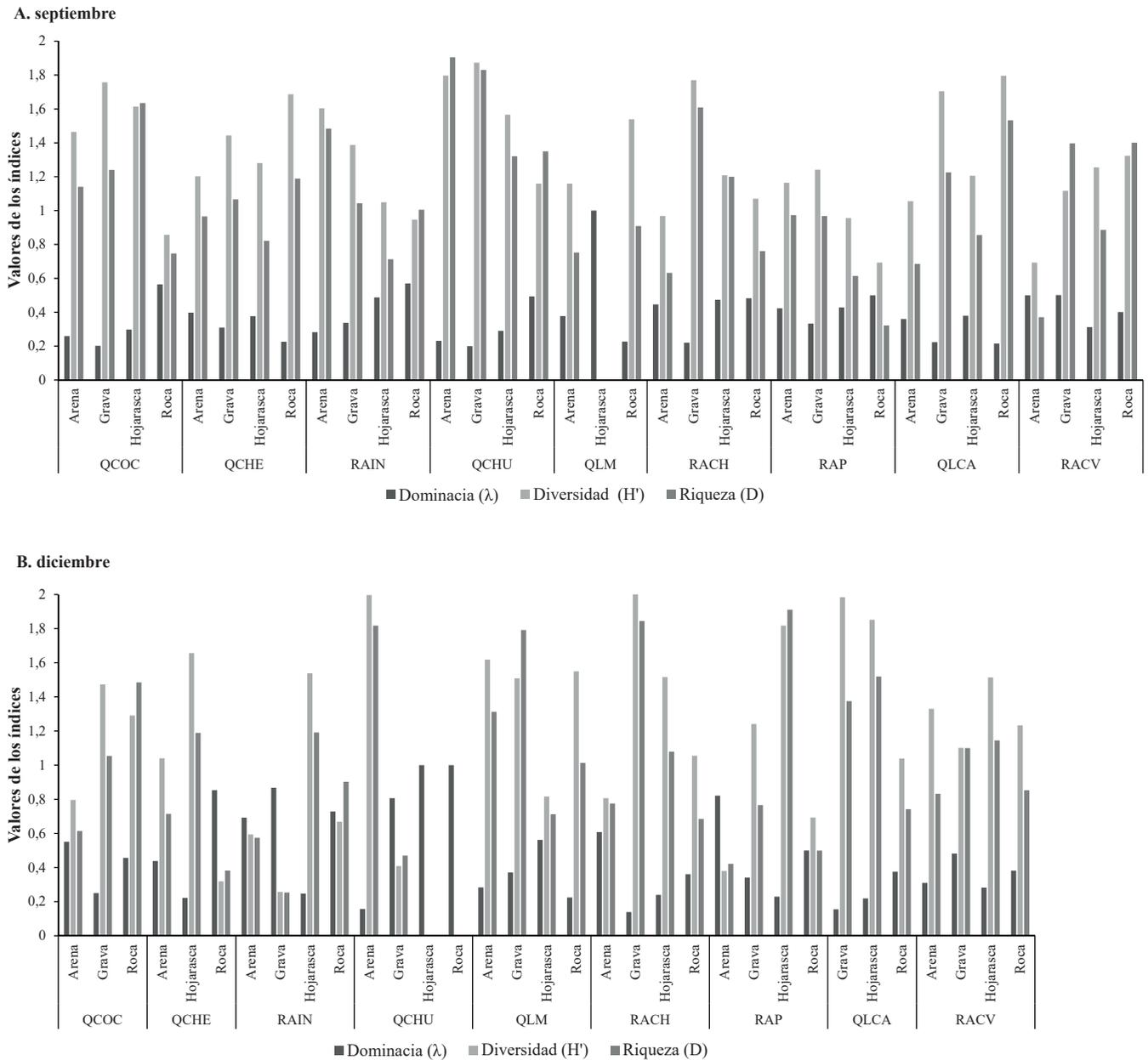


Figura 6. Variación espacial del índice de riqueza de Margalef, dominancia de Simpson y Shannon-Wiener de Dípteros, en los diferentes sustratos muestreados en las nueve estaciones de la cuenca del río Alvarado en el mes de septiembre (A) y diciembre (B) de 2012.

Tabla 2. ANOVA de Kruskal-Wallis para los 19 parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos analizados en las nueve estaciones de la cuenca del río Alvarado en septiembre y diciembre de 2012.

Unidad de medida	Variables fisicoquímicas y bacteriológicas	Estaciones		Muestreo	
		H(8,N=18)	P	H(1,N=18)	P
C°	Temperatura del agua	15,9649	0,0429	0,2359	0,6272
C°	Temperatura ambiente	12,4271	0,1331	1,5409	0,2145
µS/cm	Conductividad eléctrica	16,3859	0,0372	0,0955	0,7573
Unidades	pH	5,5934	0,6927	9,5615	0,002
UNT	Turbiedad	4,2810	0,8309	10,2319	0,0014
mg O ₂ /l	Oxígeno disuelto	7,0877	0,5272	5,0701	0,0243
% O ₂	Porcentaje saturación	2,1689	0,9754	12,8026	0,0003
mg/l	Sólidos totales	14,2456	0,0756	1,0311	0,3099
mg/l	Sólidos suspendidos	2,8362	0,9442	12,8424	0,0003
mg O ₂ /l	DQO	5,2966	0,7255	1,5881	0,2076
mg O ₂ /l	DBO ₅	7,5779	0,4757	7,7448	0,0054
mg NO ₃ /l	Nitratos	12,8159	0,1183	1,5314	0,2159
mg P/l	Fosfatos	3,1384	0,9254	11,9892	0,0005
mg P/l	Fosforo total	3,0507	0,9311	11,2419	0,0008
mg Cl/l	Cloruros	14,0219	0,0812	0,0315	0,8591
mgCaCO ₃ /l	Alcalinidad	16,8421	0,0318	0,0175	0,8946
mgCaCO ₃ /l	Dureza	14,4221	0,0714	0,2358	0,6272
Colif/100ml	Coliformes fecales	8,5355	0,383	4,5475	0,033
Colif/100ml	Coliformes totales	7,0862	0,5274	5,0754	0,0243

Con respecto al Análisis de Componentes Principales (ACP), los dos primeros factores explican el 60,69 % de la varianza acumulada (Figura 7). El primero de ellos mostró que las variables de mayor contribución y correlación fueron conductividad eléctrica, pH, sólidos totales, alcalinidad y dureza, variables que denotan procesos de mineralización en las aguas (Ramírez y Viña, 1998a). Para el segundo componente, las variables de mayor contribución y correlación fueron turbiedad, fosfatos y coliformes totales. De acuerdo con lo registrado por Ramírez y Viña

(1998a), las variables de mayor contribución en el segundo componente denotan procesos asociados a oxidación-reducción de materia orgánica y procesos de contaminación o intervención antrópica (Figura 7). Comparando esto con la proyección obtenida de las estaciones, puntos como QLCA, RAP y RACV se disgregan en igual dirección a las variables de mayor contribución en el primer componente, mientras que la estación RAIN cercana a asentamientos urbanos, se disocia hacia las variables de mayor correlación del segundo componente (Figura 8).

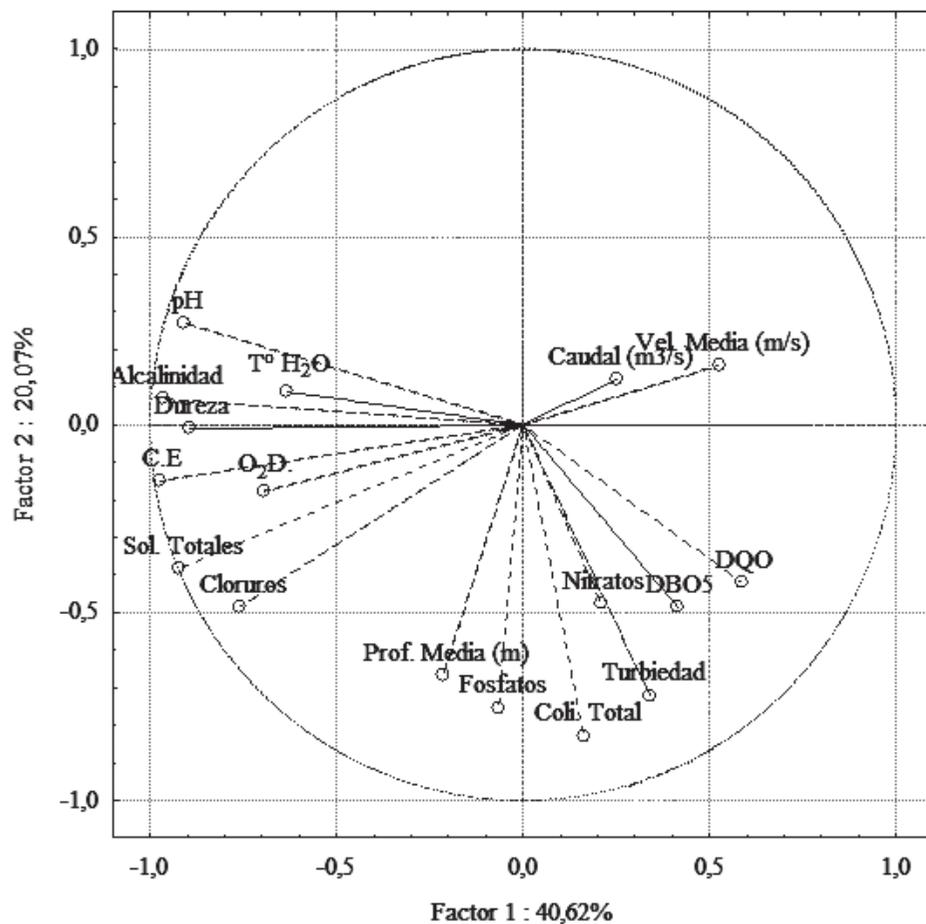


Figura 7. Proyección de las variables fisicoquímicas y bacteriológicas analizadas en la cuenca del río Alvarado de acuerdo con los componentes obtenidos a partir del análisis de componentes principales en septiembre y diciembre de 2012.

Se evidencia en el Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) una fuerte correlación entre las variables coliformes totales y turbiedad con la estación RAIN. La presencia de géneros como *Chironomus* y *Nanocladius* estuvo asociada a estos parámetros. A su vez, este tipo de correlación también se muestra en variables como alcalinidad – dureza, conductividad eléctrica – temperatura del agua y oxígeno disuelto – sólidos totales. A estas, se

asocian las estaciones QLCA, QCHU y RACV, junto a los géneros *Anopheles*, *Bezzia*, *Cladotanytarsus*, *Dasyhelea*, *Dicrotendipes*, *Forcipomyia*, *Limonia*, *Odontomyia*, *Paracladius*, *Paratanytarsus*, *Pelumos*, *Pericoma*, *Riethia* y *Thienemanniella*. Sin embargo, géneros como *Xestochironomus*, *Cardiocladius*, *Chelifera* y *Clinocera* no se asociaron a las variables fisicoquímicas evaluadas, en las estaciones QCOC y QLM (Figura 9).

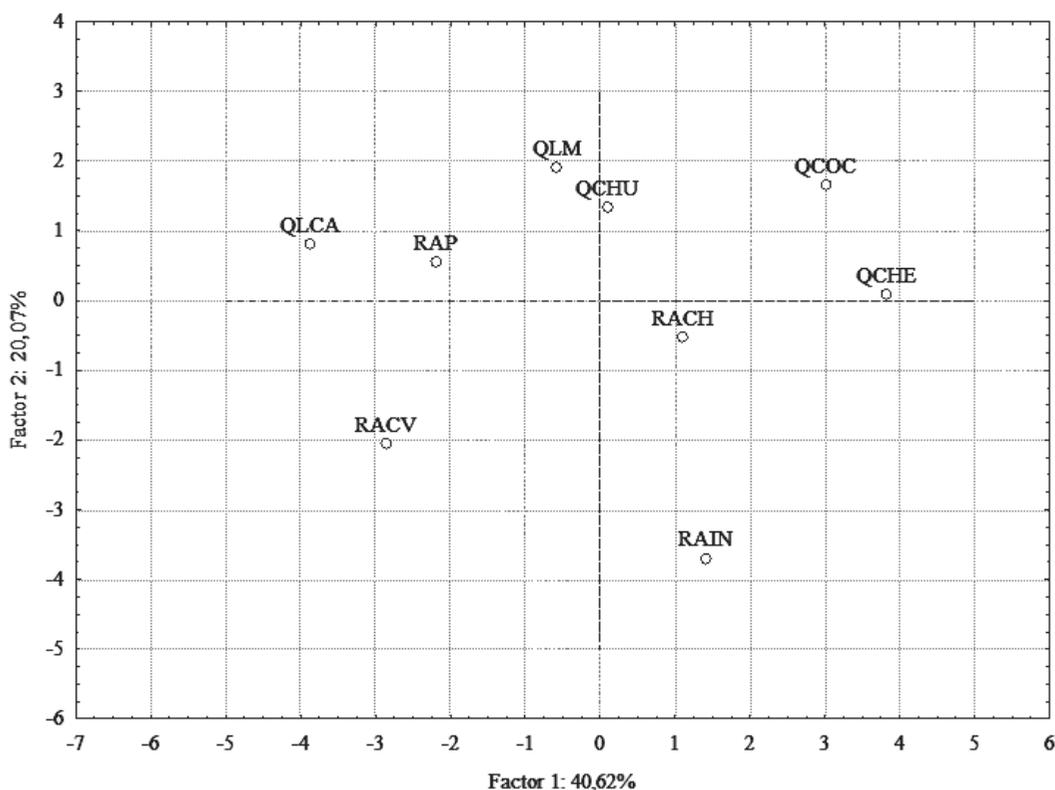


Figura 8. Proyección de las estaciones evaluadas en la cuenca del río Alvarado de acuerdo con el análisis de componentes principales de las variables fisicoquímicas y bacteriológicas analizadas en septiembre y diciembre de 2012.

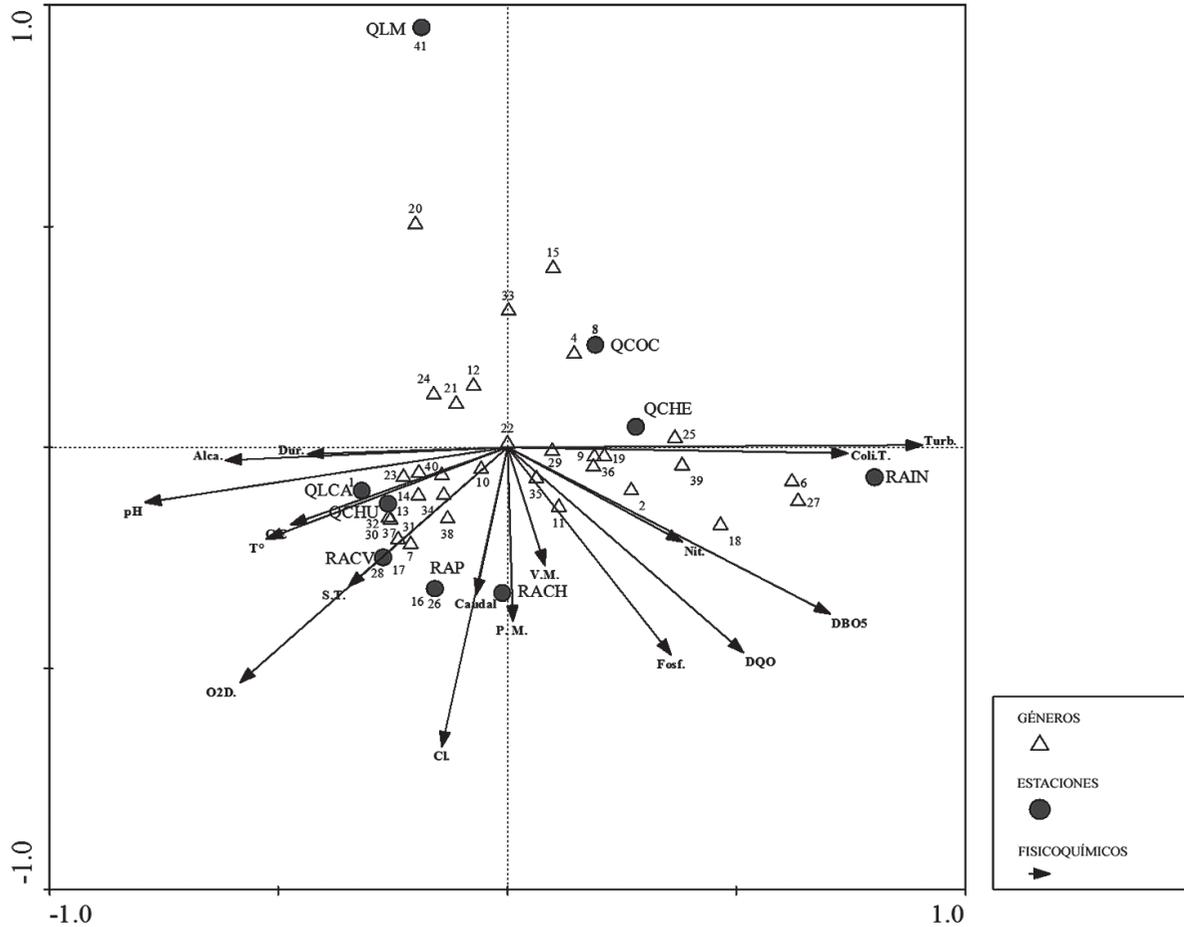


Figura 9. Diagrama de ordenación canónica entre variables fisicoquímicas y la fauna de dípteros acuáticos en las diferentes estaciones muestreadas de la cuenca del río Alvarado en septiembre y diciembre de 2012. Géneros: 1. *Anopheles*; 2. *Atrichopogon*; 3. *Bezzia*; 4. *Cardiocladius*; 5. *Chelifera*; 6. *Chironomus*; 7. *Cladotanytarsus*; 8. *Clinocera*; 9. *Corynoneura*; 10. *Cricotopus*; 11. *Cryptochironomus*; 12. *Culicoides*; 13. *Dasyhelea*; 14. *Dicotendipes*; 15. *Endotribeles*; 16. *Fittkaoviomyia*; 17. *Forcipomyia*; 18. *Gr. Thienemannimyia*; 19. *Hemerodromia*; 20. *Hexatoma*; 21. *Labrundinia*; 22. *Larsia*; 23. *Limonia*; 24. *Lopescladius*; 25. *Maruina*; 26. *Microchironomus*; 27. *Nanocladius*; 28. *Odontomyia*; 29. *Onconeura*; 30. *Paracladius*; 31. *Paratanytarsus*; 32. *Pelomus*; 33. *Pentaneura*; 34. *Pericoma*; 35. *Polypedilum*; 36. *Rheotanytarsus*; 37. *Riethia*; 38. *Saetheria*; 39. *Simulium*; 40. *Thienemanniella*; 41. *Xestochironomus*. Variables fisicoquímicas: Dureza (Dur.), Alcalinidad (Alca.), pH, conductividad eléctrica (C.E.), Temperatura (T°), solidos totales (S.T.), oxígeno disuelto (O₂D), Cloruros (Cl.), Fosfatos (Fosf), Nitratos (Nit), DQO, DBO₅, coliformes totales (Coli. T.) y turbiedad (Turb.).

Discusión

La cuenca del río Alvarado por su moderada torrencialidad y cobertura vegetal, bajas velocidades de corrientes y amplias zonas de remansos con sustratos pedregosos y arenosos con material vegetal, constituye un escenario ideal para el establecimiento de una gran diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos (Ramírez y Viña, 1998b; Merritt y Wallace, 2009). Muchos de estos organismos son capaces de adaptarse a amplios rangos ambientales y obtener de estas condiciones el alimento necesario (Ramírez y Viña, 1998b; Roldán y Ramírez, 2008). Tal es el caso de los dípteros, que por su amplia distribución, riqueza, diversidad, variedad estructural y hábitos ecológicos, pueden abarcar un sin número de hábitats acuáticos (Merritt *et al.*, 2009).

Aunque los ecosistemas acuáticos tropicales se caracterizan por su amplia diversidad, factores como las precipitaciones y el aumento de las corrientes impiden la consolidación de ambientes acuáticos estables, haciendo que estos se mantengan en constantes procesos de sucesión con proliferación de especies capaces de adaptarse a las condiciones ambientales prevaletentes (Ramírez y Viña, 1998b). Es por esta razón que a nivel temporal las comunidades de macroinvertebrados acuáticos presentan variaciones en su riqueza, estructura, composición y abundancia (Kikuchi y Uieda, 2005; Rosa *et al.*, 2013b). Dicha situación no fue un aspecto atípico para el ensamblaje de dípteros en el río Alvarado, ya que la densidad y riqueza presentaron una leve disminución de un periodo a otro, aunque no hubo diferencias significativas. Es claro que estos mínimos cambios en el ensamblaje de dípteros evidencia la tolerancia y prevalencia de estos organismos a diferentes factores ambientales tales como variabilidad torrencial, heterogeneidad espacial y oferta de hábitats (Roldán, 1988; Kikuchi y Uieda, 2005; Aburaya y Callil, 2007; Rosa *et al.*, 2013b).

Los sistemas dulceacuícolas tropicales, al enfrentar temporadas de sequía y lluvia, facilitan o no la disposición de nutrientes y material orgáni-

co particulado grueso o fino, siendo este último más frecuente en temporada de altas precipitaciones (Merritt y Wallace, 2009; Thorp, 2015). Es así como durante septiembre la presencia de dípteros fragmentadores, recogedores (recolectores) y depredadores como Chironomidae, Ceratopogonidae, Stratiomyidae y Tipulidae presentaron mayor abundancia, ya que son organismos cuya preferencia alimenticia es la materia orgánica particulada gruesa, el detritus y otros organismos (Merritt y Wallace, 2009; Hanson *et al.*, 2010). Caso contrario se presentó en diciembre, en el cual el incremento en las precipitaciones facilitó la presencia y abundancia de organismos filtradores (detritívoros) como Chironomidae y Simuliidae, cuya preferencia alimenticia se limita a materia orgánica particulada fina en descomposición (Merritt y Wallace, 2009; Hanson *et al.*, 2010).

Aunque los periodos de lluvia y sequía proveen variabilidad, también lo hacen la velocidad de las corrientes, la disponibilidad de nutrientes y la complejidad estructural de hábitats en sistemas lóticos, lo cual posibilita que los dípteros por su gran adaptabilidad a amplios rangos ambientales y eurifagia, colonicen multitud de ambientes acuáticos en distintas condiciones ambientales (Kikuchi y Uieda, 2005; Thorp y Rogers, 2011; Courtney y Cranston, 2015; Cañedo-Argüelles *et al.*, 2016). Si bien dicha condición se evidenció dentro de la estructura de dípteros en la cuenca del río Alvarado, aspectos como la física de los cuerpos de agua y la presencia de planos inundables con zonas de remanso y baja velocidad facilitaron aún más el establecimiento de estos organismos a lo largo de los nueve puntos de muestreo para ambos periodos, condiciones que de acuerdo con Ramírez y Viña (1998b) y Roldán y Ramírez (2008) aumentan aún más la capacidad ambiental de los ecosistemas dulceacuícolas tropicales.

Sin embargo, estos patrones no fueron propios y particulares a todos los puntos de muestreo para ambos periodos, ya que bajas abundancias de

dípteros se presentaron en las estaciones QCOC y RAP, situación atribuible a la presencia de caudales muy reducidos con grandes extensiones de orillas, escasa vegetación ribereña, disminución de la acumulación de material vegetal sobre el cauce y predominancia de sustrato arenoso y rocoso (guijarro). Dichas condiciones de acuerdo con lo registrado por Kikuchi y Uieda (2005), DeWalt *et al.* (2010), Rosa *et al.* (2013b) y Cañedo-Argüelles *et al.* (2016) propician la aparición de organismos especialistas propios a dichas condiciones ecológicas.

Evidencia de lo anterior es la especificidad espacial que se manifestó a lo largo de la cuenca por parte de algunos organismos del orden Diptera. Larvas de los géneros *Chelifera*, *Clinocera*, *Fittkauimyia*, *Saetheria* y *Microchironomus* se encontraron establecidas en las estaciones QCOC y RAP, en remansos o aguas estancadas de poco caudal, cubiertos por vegetación circundante, asociados a sustratos de grava y roca. La ecología de estos organismos se vincula principalmente a sedimentos arenosos de ríos, arroyos y estanques boscosos (Epler, 2001; Carreira, 2002; Kong, 2010; Trivinho, 2011), situación por la cual su distribución altitudinal se vio limitada.

Ninguno de los puntos muestreados presentó alguna ausencia de dípteros, a razón de que en su mayoría fue dada por la alta presencia y dominancia de quironómidos (Kikuchi y Uieda, 2005; Ribeiro y Uieda, 2005). Esta situación concuerda con lo registrado para el Tolima, ya que dentro de este orden dicha familia ha sido la de mayor distribución, abarcando una gran variedad de sustratos (hojas, troncos sumergidos, rocas, arena y lodo) entre los 244 m s.n.m. y los 4000 m s.n.m. en las cuencas de los ríos Lagunilla, Anamichú, Recio, Totare, Coello, Prado y Opia (Villa *et al.*, 2004; Reinoso *et al.*, 2007, 2008a, b; Reinoso *et al.*, 2009).

La amplia diversidad y riqueza de dípteros acuáticos en la cuenca del río Alvarado a nivel espacial, temporal y de sustratos, es evidencia de la gran capacidad que tienen estos organismos de

colonizar múltiples hábitats, soportar condiciones ambientales de sequía y lluvia (Kikuchi y Uieda, 2005; Ribeiro y Uieda, 2005) y al amplio gradiente altitudinal que ocupan estos organismos en el Neotrópico (Merritt *et al.*, 2009).

Esta estructura en gran medida está soportada por la ubicuidad de la familia Chironomidae, la cual presentó la mayor riqueza, abundancia y diversidad en todas las estaciones, sustratos y épocas de recolección en la cuenca del río Alvarado. Tal patrón es producto de la amplia capacidad de hábitos alimenticios que tienen las larvas acuáticas de esta familia (Merritt y Wallace, 2009), lo cual le permite obtener el recurso de cualquier medio y por ende ocupar un amplio rango de microhábitats (Kikuchi y Uieda, 2005; Courtney y Merritt, 2009; Paggi, 2009; DeWalt *et al.*, 2010; Rosa *et al.*, 2013a; Rosa *et al.*, 2013b). Por otro lado, la baja riqueza y diversidad en las familias Culicidae y Stratiomyidae dentro de este estudio puede relacionarse con la afinidad de estos organismos a ecosistemas dulceacuícolas lénticos (DeWalt *et al.*, 2010).

Adicionalmente, la morfología y geología de la cuenca constituyen un factor importante en la riqueza y diversidad de larvas acuáticas, ya que su ambiente moderadamente torrencial, además de su ubicación y forma alargada con pocas pendientes, la hacen menos propensa y susceptible a grandes velocidades y crecidas súbitas y violentas (Cortolima, 2009). Es por esto que la cuenca presenta grandes extensiones de sus orillas con remansos donde las partículas orgánicas e inorgánicas en suspensión fácilmente se depositan en el fondo, caracterizado en su mayoría por limo, arena, grava, hojarasca y restos de madera, que son ambientes propicios para la colonización de un variado número de organismos (Merritt y Wallace, 2009). Por esta razón se evidencia una baja dominancia tanto en las estaciones como en los sustratos evaluados.

Si bien las condiciones morfológicas, geológicas e hidrológicas de la cuenca juegan un rol importante en el establecimiento de diversas comunidades

bentónicas, las diferentes zonas de vida y sus características como la disponibilidad del sustrato también lo son (Kikuchi y Uieda, 2005; Ribeiro y Uieda, 2005; Merritt y Wallace, 2009), ya que pueden facilitar la aparición de grupos especializados y adaptados a ciertas condiciones ambientales (Roldán, 1999), las cuales pueden dar como resultado elevadas dominancias. Prueba de lo anterior es lo registrado en la estación QLM para el periodo de septiembre y en las estaciones QCHU, RAIN, QCHE y RAP para diciembre. En el caso de la estación QLM, la elevada dominancia en el sustrato hojarasca se debe a la densidad de larvas de *Polypedilum*, mientras que en la estación QCHU, los sustratos roca, grava y hojarasca fueron hábitat predilecto para las larvas de *Cricotopus*. Por su parte, los lechos arenosos, de grava y roca de las estaciones RAIN y RAP fueron propicios para los géneros *Polypedilum*, *Maruina*, *Simulium*, *Cricotopus*, *Onconeura*, *Chironomus*, *Rheotanytarsus* y *Dicrotendipes*. Los sustratos rocosos de la estación QCHE fueron idóneos para los géneros *Simulium* y *Cardiocladius*. Esta situación reafirma la fuerte predominancia de larvas de la familia Chironomidae en diferentes hábitats dentro de la fauna béntica de ríos y a su vez evidencia la gran estabilidad y consistencia que ofrece los ambientes rocosos a esta fauna béntica (Roldán, 1988; Kikuchi y Uieda, 2005; Bernal *et al.*, 2006; Rosa *et al.*, 2013b).

Por su parte, los cambios fisicoquímicos presentados durante los periodos de muestreo son evidencia de la influencia de factores como la naturaleza geológica de la cuenca y el régimen de precipitaciones (Ribeiro y Uieda, 2005; Roldán y Ramírez, 2008). Dicha variabilidad constituyó un factor importante en la estructuración ecológica de los biotopos acuáticos, determinando así la ocurrencia y distribución de los dípteros acuáticos en la cuenca del río Alvarado para ambos periodos (Ramírez y Viña, 1998b; Ribeiro y Uieda, 2005). Lo anterior se sustenta en dos aspectos: el primero se relaciona a los mínimos cambios que hubo con relación a la densidad y riqueza de dípteros entre los periodos de bajas y altas precipitaciones (septiembre y diciembre);

y el segundo con las correlaciones existentes en el ACP y ACC, las cuales indicaron que las variables conductividad eléctrica, pH, sólidos totales, alcalinidad y dureza tuvieron una influencia importante en la distribución de larvas acuáticas del orden Diptera, específicamente en las estaciones RAP, QLCA, QCHU y RACV, mientras que variables como turbiedad, fosfatos y coliformes totales influyeron en estos organismos en la estación RAIN.

Por consiguiente, las estaciones influenciadas por las variables que denotan mineralización registraron una biota diversa de dípteros dentro de los cuales se destacan los géneros *Anopheles*, *Bezzia*, *Cladotanytarsus*, *Dasyhelea*, *Dicrotendipes*, *Forcipomyia*, *Limonia*, *Odontomyia*, *Fittkauimyia*, *Microchironomus*, *Paracladius*, *Paratanytarsus*, *Pelomus* y *Riethia*. Dichas estaciones presentaron niveles elevados de conductividad eléctrica, pH, sólidos totales, alcalinidad, dureza y oxígeno disuelto en ambos periodos de muestreo. Esto sugiere que las amplias zonas de remanso y las velocidades de corrientes moderadas presentes en estos puntos, constituyen una fuente rica de alimento y por ende un hábitat propicio para la proliferación de una biota diversa, ya que estos aspectos facilitan la sedimentación y el arrastre de material orgánico autóctono y alóctono a lo largo de los cuerpos de agua (Kamp-Nielsen, 2008; Wang y D'Odorico, 2008; Ratnayaka *et al.*, 2009). La mayoría de los organismos presentes en estas estaciones se caracterizan por vivir en ecosistemas dulceacuícolas con grandes cantidades de material vegetal, detrito orgánico y aguas poco ácidas (Roldán, 1988; Trivinho, 2011).

Por otro lado, la presencia de larvas de los géneros *Chironomus* y *Nanocladius* en la estación RAIN en donde se evidenciaron elevados valores de coliformes totales y turbiedad, deja entrever la adecuada fisiología que poseen las larvas de la familia Chironomidae para vivir en medios pobres en oxígeno (Epler, 2001; Trivinho, 2011). Adicionalmente, estos parámetros que denotan procesos de óxido-reducción de materia orgánica, influyen de manera importante en

el establecimiento de una biota poco diversa, convirtiéndose en una limitante para el desarrollo de diferentes especies (Roldán y Ramírez, 2008; Ratnayaka *et al.*, 2009).

Finalmente, es importante resaltar que géneros como *Cardiocladius*, *Clinocera*, *Endotribelos*, *Maruina*, *Pentaneura* y *Xestochironomus* no estuvieron condicionados a alguna variable evaluada en ambos periodos en las estaciones QLM, QCOC y QCHE. Estos puntos presentaban poca intervención antrópica, amplia cobertura vegetal del cauce, abundante material vegetal sumergido y aguas con poca velocidad. Las larvas de estos géneros por su ecología se encuentran presentes en lugares con presencia de detritus (algas), macrófitas y material vegetal sumergido (troncos y hojas) en aguas estancadas o en movimiento (Epler, 2001; Trivinho, 2011). Este aspecto evidencia la poca especificidad que pueden llegar a tener algunos géneros de dípteros acuáticos a la física y química de los cuerpos de agua lóticos.

Conclusiones

El presente estudio amplía el conocimiento sobre la composición y distribución de larvas acuáticas del orden Diptera en ecosistemas dulceacuícolas lóticos neotropicales de la región Andina en Colombia, y constituye una línea base para futuros estudios sobre distribución, taxonomía y ecología de los géneros registrados. Debido a la gran diversidad de este orden, la determinación taxonómica de la familia Chironomidae se realizó hasta nivel de género, ampliando la información existente a nivel regional y nacional para futuros trabajos en la identificación de este grupo biológico.

Los análisis realizados con respecto a la determinación taxonómica y la caracterización en términos de biodiversidad muestran la amplia riqueza y abundancia de estos organismos en la cuenca del río Alvarado sobre todos los sustratos muestreados. Aunque la estructura del orden

Diptera dentro de este ecosistema lótico se mantuvo similar a lo largo de todos los puntos de muestreo, se hizo evidente que el régimen de las precipitaciones, la dinámica y las condiciones fisicoquímicas de la cuenca se convierten en factores limitantes en la distribución de las larvas acuáticas de estos insectos.

Referencias

- Aburaya, F. H. y Callil, C. T. (2007). Variação temporal de larvas de Chironomidae (Diptera) no Alto Rio Paraguai (Cáceres, Mato Grosso, Brasil). *Revista Brasileira de Zoologia*, 24, 565-572.
- American Public Health Association, American Water Works Association y Water Environment Federation. (2005). *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater*. Estados Unidos: American Public Health Association. 1200 pp.
- Bedoya, I. y Roldán, G. (1984). Estudio de los dípteros acuáticos (diptera) en diferentes pisos altitudinales en el departamento de Antioquia. *Revista de la Asociación de Ciencias Biológicas*, 2 (2), 113-134.
- Bernal, E., García, D., Novoa, M. y Pinzón, A. (2006). Caracterización de la comunidad de macroinvertebrados de la quebrada Paloblanco de la cuenca del río Otun (Risaralda, Colombia). *Acta Biológica Colombiana*, 11 (2), 45-59.
- Borkent, A. y Spinelli, G. (2007). *Neotropical Ceratopogonidae* (Diptera: Insecta). Pp. 198. Sofia, Bulgaria: Pensoft Publisher.
- Cañedo-Argüelles, M., Bogan, M. T., Lytle, D. A. y Prat, N. (2016). Are Chironomidae (Diptera) good indicators of water scarcity? Dryland streams as a case study. *Ecological Indicators*, 71, 155-162.
- Carranza, X. (2006). *Evaluación de la fauna de Dípteros (Insecta: Díptera) acuáticos de las cuencas de los río Prado y la parte baja de Amoyá en el departamento del Tolima*. (Trabajo de grado). Ibagué, Colombia. Universidad del Tolima, facultad de Ciencias, departamento de Biología. 206 pp.

- Carreira, O. (2002). Contribución al conocimiento de los empíridos acuáticos (Diptera, Empididae: Hemerodromiinae y Clinocerinae) de Galicia. *Boletín Asociación Española de Entomología*, 27 (1-4), 127-136.
- Cortolima. (2009). *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica Mayor del Río Totare*. Ibagué, Colombia: Cortolima. 1175 pp.
- Coscarón-Arias, C. L. (2003). Clave de Simuliidae (Insecta, Diptera) de Ecuador. *Folia Entomológica Mexicana*, 43 (2), 191-219.
- Coscarón, S. y Coscarón-Arias, C. L. (2007). Neotropical Simuliidae: Diptera, Insecta. Sofia, Bulgaria: Pensoft Publisher. 685 pp.
- Courtney, G. W. y Cranston, P. S. (2015). Order Diptera. En Thorp, J. H. y Roger, D. C. (Eds.). *Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates*. (Cuarta edición). Pp. 1043-1058. Boston: Academic Press.
- Courtney, G. W. y Merritt, R. W. (2009). Diptera (Non-Biting Flies). En Likens, G. E. (Ed.). *Encyclopedia of Inland Waters*. Pp. 288-298. Oxford: Academic Press.
- Courtney, G. W., Pape, T., Skevington, J. H. y Sinclair, B. J. (2009). Biodiversity of Diptera. En Footitt, R. G. y Adler, P. H. (Eds.). *Insect Biodiversity Science and Society*. Pp. 185-222. United Kingdom: Wiley-Blackwell Publisher.
- Damanik-Ambarita, M. N., Lock, K., Boets, P., Everaert, G., Nguyen, T. H. T., Forio, M. A. E., Musonge, P. L. S., Suhareva, N., Bennetsen, E., Landuyt, D., Domínguez-Granda, L. y Goethals, P. L. M. (2016). Ecological water quality analysis of the Guayas river basin (Ecuador) based on macroinvertebrates indices. *Limnológica - Ecology and Management of Inland Waters*, 57, 27-59.
- DeWalt, R. E., Resh, V. H. y 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.
- Domínguez, E. y Fernández, H. R. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología*. San Miguel de Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo. 656 pp.
- Epler, J. (2001). *Identification manual for the larval Chironomidae (Diptera) of North and South Carolina: A guide to the taxonomy of the midges of the Southeastern United States, including Florida*. Crawfordville, Florida: St. Johns River Water Management District. 534 pp.
- Hamada, N. y Grillet, M. E. (2001). Black flies (Diptera: Simuliidae) of the Gran Sabana (Venezuela) and Pacaraima Region (Brazil): Distributional data and identification keys for larvae and pupae. *Entomotropica*, 16 (1), 29-49.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T. y Ryan, P. D. (2001). Paleontological statistics software package for education and data analysis. Recuperado el 9 de marzo de 2013 de http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Hanson, P., Springer, M. y Ramírez A. (2010). Capítulo 1: Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*, 58, 3-37.
- Helson, J. E. y Williams, D. D. (2013). Development of a macroinvertebrate multimetric index for the assessment of low-land streams in the neotropics. *Ecological Indicators*, 29, 167-178.
- Jacobsen, D., Cressa, C., Mathooko, J. M. y Dudgeon, D. (2008). Macroinvertebrates: composition, life histories and production. En Dudgeon, D. (Ed.). *Tropical Stream Ecology*. Pp. 65-105. Londres, Inglaterra: Academic Press.
- Kamp-Nielsen, L. (2008). Sediments: Setting, transport, mineralization, and modeling. En Jorgensen, S. E. y Fath, B. (Eds.). *Encyclopedia of Ecology*. Pp. 3181-3188. Oxford, Inglaterra: Academic Press.
- Kikuchi, R. M. y Uieda, V. S. (2005). Composição e distribuição dos macroinvertebrados em diferentes substratos de fundo de um riacho

- no Município de Itatinga, São Paulo, Brasil. *Entomología y Vectores*, 12, 193-231.
- Kong, P. (2010). *ChiroKey*. Recuperado el 6 de mayo de 2012 de: <http://chirokey.skullisland.info/>.
- Lizarralde de Grosso, M. (2009). Diptera: generalidades. En Domínguez, E. y Fernández, H. R. (Eds.). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología*. Pp. 341-364. Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo.
- Merritt, R. W., Courtney, G. W. y Keiper, J. B. (2009). Diptera: (Flies, Mosquitoes, Midges, Gnats). En Vincent, H. R. y Ring, T. C. (Eds.). *Encyclopedia of Insects*. Segunda edición. Pp. 284-297. San Diego, Estados Unidos: Academic Press.
- Merritt, R. W. y Wallace, J. B. (2009). Aquatic Habitats. En Vincent, H. R. y Ring, T. C. (Eds.). *Encyclopedia of Insects* (38-48). Segunda edición. San Diego, Estados Unidos: Academic Press.
- Oviedo, N. (2011). Estudio de los dípteros acuáticos (Insecta: Diptera) en la cuenca del río Opia, departamento del Tolima (Trabajo de grado). Ibagué, Colombia: Universidad del Tolima, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. 284-297 pp.
- Paggi, A. C. (2009). Diptera Chironomidae. En Domínguez, E. y Fernández, H. R. (Eds.). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología*. Pp. 383-410. Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo.
- 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.
- Pinilla, A. (1998). *Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia: Compilación bibliográfica*. Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Centro de Investigaciones Científicas. 67 pp.
- Pizano, C. y García, H. (2014). *Bosque seco tropical en Colombia*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. 354 pp.
- Ramírez, A. y Viña, G. (1998a). Sistemas lóticos: caracterización fisicoquímica II. *Limnología Colombiana: aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis*. Bogotá, Colombia: BP Exploration Company (Colombia) Limited por la Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Pp. 73-74.
- Ramírez, A. y Viña, G. (1998b). Sistemas lóticos: ecología. *Limnología Colombiana: aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis*. Bogotá, Colombia: BP Exploration Company (Colombia) Limited por la Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Pp. 79-81.
- Ratnayaka, D. D., Brandt, M. J. y Johnson, M. (2009). Chemistry, microbiology and biology of water. En Twort, A. C., Ratnayaka, D. D. y Brandt, M. J. (Eds.). *Water Supply*. Pp. 195-266. Burlington, Estados Unidos: Elsevier Science.
- Reinoso, G., Villa, F., García, J. y Vejarano, M. (2009). Macroinvertebrados acuáticos. En Reinoso, G., Gutiérrez C., Vásquez, J., López, E., Carranza, X., Parra, Y. y Bohórquez, H. (Eds.). Biodiversidad faunística y florística de la cuenca mayor del río Recio-Biodiversidad regional fase V. (17-103). Ibagué, Colombia: Universidad del Tolima.
- Reinoso, G., Villa, F., García, J., Vejarano, M. y Esquivel, H. (2007). Macroinvertebrados acuáticos. En Reinoso, G., Guevara, G., Carranza, X., Gutiérrez, C., López, E., Vasquez, J., Ramírez, F., Parra, Y., Zárate, H. y Bonilla, A. (Eds.). *Biodiversidad faunística y florística de la cuenca del Río Totare-Biodiversidad regional fase III*. Pp. 69-209. Ibagué, Colombia: Universidad del Tolima.
- Reinoso, G., Villa, F., García, J., Vejarano, M. y Esquivel, H. (2008a). Macroinvertebrados Acuáticos. En Reinoso, G., Gutiérrez, C., López, E., Carranza, X. y Vásquez, J. (Eds.). *Biodiversidad faunística y florística de la cuenca del río Saldaña (Subcuenca Anamichú)- Biodiversidad regional fase IV*. Pp. 59-183. Ibagué, Colombia: Universidad del Tolima.

- Reinoso, G., Villa, F., García, J., Vejarano, M. y Esquivel, H. (2008b). Macroinvertebrados acuáticos. En Reinoso, G., Carranza, X., Gutiérrez, C., López, E. y Vásquez, J. (Eds.). *Biodiversidad faunística y florística de la cuenca del río Lagunilla-Biodiversidad regional fase IV*. Pp. 62-237. Ibagué, Colombia: Universidad del Tolima.
- Ribeiro, L. O. y Uieda, V. S. (2005). Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 22, 613-618.
- Roldán, G. (1988). Orden Diptera. En Roldán, G. (Ed.). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia*. Bogotá, Colombia: Fondo para la Protección del Medio Ambiente "José Celestino Mutis".
- Roldán, G. (1999). Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas, y Naturales*, 23 (88), 375-387.
- Roldán, G. y Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Bogotá, Colombia: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 440 pp.
- Rosa, B. F. J. V., Dias-Silva, M. V. D. y 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.
- Rosa, B. F. J. V., Vasques, M. y 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.
- Ruiz Moreno, J., Ospina, Torres R. y Riss, W. (1999). Guía para la identificación genérica de larvas de quironómidos (Diptera: Chironomidae) de la Sabana de Bogotá II subfamilia Chirominae. *Caldasia*, 22 (1), 15-33.
- Sánchez, L. (2004). *Distribución espacial y temporal de los dípteros acuáticos (Insecta: Diptera) en la cuenca del río Coello* (Trabajo de grado). Ibagué, Colombia: Universidad del Tolima, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. 126 pp.
- Sarmiento, F. O. (2010). *Diccionario de Ecología*. Atenas, Grecia: Universidad de Georgia. 514 pp.
- Souza Amorim, D., Silva, V. C., y Balbi, M. I. (2002). Estado do conhecimento dos Diptera neotropicais. *Monografías Tercer Milenio*, 2, 29-36.
- StatSoft. (2007). *Statistica*. Recuperado el 12 de marzo de 2013 de: <http://www.statsoft.com/>.
- Ter Braak, C. y Milauer, P. S. (2004). CANOCO for Windows. Recuperado el 12 de mayo de 2013 de <http://www.canoco5.com/>.
- Thorp, J. H. (2015). Functional relationships of freshwater invertebrates. En Thorp, J. H. y Rogers, D. C. (Eds.). *Ecology and General Biology: Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates - Volume I*. Kansas, Estados Unidos: Elsevier. 65-79 pp.
- Thorp, J. H. y Rogers, D. C. (2011). Midges, Mosquitoes, Blackflies, and Other True Flies: Insect Order Diptera. En Thorp, J., H. y Rogers, D. C. (Eds.). *Field Guide to Freshwater Invertebrates of North America*. Boston, Estados Unidos: Academic Press Publisher. 247-260 pp.
- Trivinho, S. (2011). *Larvas de Chironomidae: guía de identificación*. Sao Carlos, Brasil: Departamento de Hidrobiología, laboratorio de Entomología Acuática/UFSCar. 371 pp
- Villa, F., Reinoso, G., Bernal, M. y Losada, S. (2004). Macroinvertebrados acuáticos. En Reinoso, G., Guevara, G., Torres, A. M., Arias, D. M., Barrios, M. A., Castellanos, L. X. y Sanchez, L. V. (Eds.). *Biodiversidad faunística de la cuenca del río Coello-Biodiversidad Regional Fase I*. Ibagué, Colombia: Universidad del Tolima. 34-156 pp.

- Wang, L. y D'Odorico, P. (2008). Decomposition and Mineralization. En Jorgensen, S. E. y Fath, B. (Eds.). *Encyclopedia of Ecology*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science. 838-844 pp.
- Wantzen, K. y Rueda, G. (2009). Técnicas de muestreo de macroinvertebrados bentónicos. En Domínguez, E. y Fernández, H. R. (Eds.). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología*. Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo. 17-46 pp.

Anexo 1. Registro fotográfico de las estructuras de la capsula cefálica y del cuerpo de los nuevos reportes de quironómidos en la cuenca del río Alvarado entre los meses de septiembre y diciembre de 2012.

Anexo 2. Riqueza, abundancia y distribución temporal de las larvas de dípteros acuáticos recolectados en las 9 estaciones de la cuenca del río Alvarado durante los meses de septiembre y diciembre de 2012.

Disponible en línea: <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota/rt/suppFiles/556/0>

Laura D. Rojas-Sandino
Universidad del Tolima,
Facultad de Ciencias
Ibagué, Colombia
ldrojas@ut.edu.co

Gladys Reinoso-Flórez
Universidad del Tolima,
Facultad de Ciencias
Ibagué, Colombia
greinoso@ut.edu.co

Jesús M. Vásquez-Ramos
Universidad de los Llanos,
Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería
Villavicencio, Colombia
jvasquez@unillanos.edu.co

Distribución espacial y temporal de dípteros
acuáticos (Insecta: Diptera) en la cuenca del río
Alvarado, Tolima, Colombia

Citación del artículo: Rojas-Sandino, L. D., Reinoso-Flórez, G. y 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. DOI: 10.21068/c2018.v19n01a05.

Recibido: 10 de junio de 2017
Aprobado: 10 de mayo de 2018

Dípteros asociados a la floración del aguacate *Persea americana* Mill cv. Hass en Cauca, Colombia

Dipterans associated to the flowering of the avocado *Persea americana* Mill cv. Hass in Cauca, Colombia

Diana Carabalí-Banguero, James Montoya-Lerma y Arturo Carabalí-Muñoz

Resumen

Existe una alta diversidad de insectos asociados a la floración del aguacate. Aunque las abejas son los principales polinizadores del cultivo, especies de distintos gremios tróficos frecuentan sus inflorescencias y poco se conoce sobre su identidad taxonómica. En el municipio de Morales, Cauca, Colombia, se seleccionaron dos parcelas, en las cuales se escogieron aleatoriamente cuatro árboles de aguacate y, cada hora, durante 20 minutos, se realizó la captura de insectos con una jama y el registro de su comportamiento en 10 inflorescencias/árbol entre las 07:00-17:00 horas. Se evaluaron semanalmente los periodos de visita a las flores y la carga polínica de los insectos. Las evaluaciones se efectuaron durante dos épocas de floración. Se encontró alta diversidad de insectos, siendo mayor en los dípteros *Lucilia eximia*, *Chrysomya putoria*, *Palpada scutellaris* y *Ornidia obesa*. Los insectos presentaron picos de visita floral entre las 10:00-11:00 y 14:00-15:00 horas y, aunque con una baja cantidad de polen en sus cuerpos, se observaron colectando néctar, en cópula o posados en las flores. Esta investigación revela que existe una alta diversidad de dípteros asociados a la floración de *Persea americana* que puede contribuir a la dispersión del polen en los huertos y diversas funciones biológicas.

Palabras clave. Aguacate. Diptera. Diversidad. Insectos. Polinizadores.

Abstract

There is a high diversity of insects associated to the flowering of avocado plants. Although bees are the main pollinators of the crop, species of different trophic guilds visit avocado inflorescences, yet little is known about them. In the municipality of Morales, Cauca, Colombia, two plots were selected and four trees were randomly selected from each one. Insects were collected with a net every hour for 20 minutes and the behavior of visiting insects was recorded in 10 inflorescences/tree. Insect collecting and observations were carried between 07:00-17:00 hours. The periods of visit to the flowers and the pollen load of the insects were evaluated weekly. Evaluations were carried out during two flowering periods. A high diversity of species was found associated with avocado inflorescences, being particularly higher in the order Diptera, with species such as *Lucilia eximia*, *Chrysomya putoria*, *Palpada scutellaris* and *Ornidia obesa*. Insect floral visitors presented peaks between 10:00-11:00 and 14:00-

15:00 hours. Although a low amount of pollen on their bodies was observed, insects were collecting nectar, copulating or perched on flowers. This research shows that there is a high diversity of dipterans associated with the flowering of *Persea americana* that could contribute to pollen dispersal in orchards and associated biological functions.

Keywords. Avocado. Diptera. Diversity. Insects. Pollinators.

Introducción

El aguacate *Persea americana* Mill. (Lauraceae) es un frutal perenne originario de Centroamérica (Peña, 2003; Pérez-Balam *et al.*, 2012). Gracias a que presenta protoginia dicogamia sincronizada, un comportamiento floral único, evita la autopolinización. Las flores son pequeñas, de aproximadamente 1 cm, tienen las estructuras reproductivas expuestas y secretan néctar de nectarios o estaminodios (Davenport, 1986; Wysoki *et al.*, 2002; Peña, 2003). La exposición de las estructuras reproductivas y nectaríferas facilita la obtención de recursos nutritivos por los insectos y la visita de una amplia gama de visitantes florales, entre los que se encuentran abejas, avispa y dípteros (Ish-Am *et al.*, 1999; Wysoki *et al.*, 2002; Peña, 2003).

En el centro de origen de *P. americana*, en México, existen cerca de 70 especies de insectos asociados a la floración del cultivo (Ish-Am *et al.*, 1999) pertenecientes a los órdenes: Diptera, Coleoptera, Hemiptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Neuroptera y Thysanoptera (Wysoki *et al.*, 2002). Estos presentan una contribución diferencial a la polinización de la especie de acuerdo con su frecuencia de visitas, carga polínica y las regiones del cuerpo que hacen contacto con las estructuras reproductivas de la flor (Ish-Am *et al.*, 1999; Wysoki *et al.*, 2002). Aunque se estima que las especies de Hymenoptera, tanto abejas nativas como la introducida *Apis mellifera* L. (Apidae), son las polinizadoras más efectivas de este frutal (Ish-Am *et al.*, 1999; Wysoki *et al.*, 2002), actualmente se conoce muy poco sobre el papel polinizador de otros insectos, en particular dípteros, frecuentes en el cultivo.

Los dípteros sobresalen como insectos importantes en la polinización de especies cultivadas, como la fresa *Fragaria* sp., cebolla *Allium* sp., *Brassica* sp., apio *Apium graveolens*, pimientos *Capsicum annuum* en áreas templadas y para algunas especies de plantas con flores que son difíciles de polinizar manualmente (Rader *et al.*, 2013; Inouye *et al.*, 2015). En Suráfrica *Rhyncomyia forcipata* Villeneuve (Calliphoridae) y *Musca domestica* L. (Muscidae) se encuentran entre los dípteros más abundantes en flores de aguacate (Eardley y Mansell, 1996). En áreas tropicales, cultivos de cacao, mango y marañón son polinizados por dípteros (Inouye *et al.*, 2015). En México, se reportaron 45 especies de Diptera asociadas a la floración del cultivo, siendo las más importantes dentro de Diptera los Syrphidae: *Palpada mexicana* Fabricius, *Eristalis tenax* L. y los Calliphoridae: *Chrysomya megacephala* Fabricius, *Comptosyriops callipes* Bigot y *Phaenicia mexicana* Macquart (Castañeda-Vildózola *et al.*, 1999).

Un amplio número de estudios se ha enfocado en la actividad de las abejas como polinizadores de diferentes especies de plantas silvestres y cultivadas como *P. americana*, sin embargo, la información científica publicada sobre el rol que como visitantes florales y polinizadores tienen otras especies, como los dípteros, es aún escasa. Esta investigación tuvo como propósito identificar dípteros visitantes de la flor de *P. americana* cv. Hass, y reconocer su papel como potenciales polinizadores asociados al cultivo.

Materiales y métodos

Área de estudio. En el área de estudio ubicada en el municipio de Morales, Cauca, Colombia, se seleccionaron 2 parcelas experimentales sembradas en monocultivos de *P. americana* cv. Hass, de 6 años de edad, injertados sobre un patrón antillano. Los huertos se denominan: El Recuerdo (02°48'34,5"N, 76°37'15,8"O, altitud: 1600 m s.n.m) y San Isidro (02°47'48,26"N, 76°36'34,5"O,

altitud: 1600 m s.n.m), en adelante referidos como P-1 y P-2, respectivamente. La temperatura promedio es de 21°C ($\pm 2,62$) y humedad relativa de 79 % ($\pm 9,94$). En las zonas aledañas a los huertos predomina los cultivos de café *Coffea arabica* L. (Rubiaceae), lulo *Solanum quitoense* Lam. (Solanaceae) y los predios son contiguos a un bosque lineal ribereño (Figura 1).



Figura 1. Localización de los huertos El Recuerdo y San Isidro en el municipio de Morales, Cauca, Colombia.

Visitantes florales y actividad sobre *Persea americana* cv. Hass. Durante la floración (agosto y septiembre de 2013 y febrero y marzo de 2014), en cada parcela se seleccionaron aleatoriamente 4 árboles. Las observaciones en cada parcela se realizaron 2 veces por semana y en cada día de captura, con intervalos de 20 minutos se recolectaron los insectos que visitaban las flores en cada árbol. Las capturas de los visitantes florales se efectuaron con red entomológica o aspirador bucal, y las muestras, una vez rotuladas, se almacenaron en viales de vidrio para su posterior identificación. Se tuvo un esfuerzo de recolecta de 10 h/día. Al día siguiente, en cada árbol, se registró el comportamiento de los insectos en 10 inflorescencias/árbol durante 2 min 30 s en cada una, entre las 07:00-17:00 h. Se realizó un muestreo rotativo en el que los árboles muestreados se cambiaron cada semana. Se determinó mediante observación directa y registro fotográfico si el insecto hacía contacto con las estructuras reproductivas, el tiempo de permanencia en la flor, el número de flores visitadas (respecto al número de flores abiertas), el recurso floral colectado y la fase floral de acuerdo a la caracterización determinada por Cabezas *et al.* (2003). Con base a esta información se identificaron las partes del cuerpo del insecto (*i.e.*, cabeza, tórax, abdomen y patas) y se relacionaron con las estructuras reproductivas de las flores, con las cuales entraban en contacto (Figura 2).

Identificación de especies de Diptera. En el análisis de carga de polen, los insectos se individualizaron en viales, se recolectaron visitantes florales de los diferentes órdenes: Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera y Lepidoptera. Se realizó el montaje y la curaduría del material en el laboratorio de entomología de Corpoica (actualmente Agrosavia), Centro de Investigación Palmira. La recolecta estuvo amparada por el permiso marco de recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de investigación científica no comercial, presentado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) Resolución N° 1466 de 03 de diciembre de 2014. La mayoría

de los insectos fueron identificados mediante claves taxonómicas de González y Carrejo (1992) y realizando comparaciones con insectos registrados en la colección del Museo de Entomología de la Universidad del Valle (MUSENUV). En el caso de Syrphidae y Calliphoridae se contó con la colaboración de Marta Wolff y Augusto Montoya (Universidad de Antioquia), especialistas en estas familias. En la identificación de Tachinidae se utilizó la clave de Brown *et al.* (2010). Los insectos colectados, reposan en la Colección Entomológica de Agrosavia Centro de Investigación Palmira.

Carga polínica. Para la determinación de los tipos polínicos, inicialmente se examinó la carga de polen en cada región del cuerpo de los insectos. El polen se retiró con la ayuda de una jeringa de insulina que contenía gelatina glicerinada teñida con fucsina. En la identificación taxonómica de los granos de polen se usó un microscopio óptico con contraste de fases y reglilla ocular micrométrica (Nikon Eclipse E200), catálogos polínicos y atlas palinológicos de Roubik y Moreno (1991) y Giraldo *et al.* (2011).

Los análisis estadísticos fueron llevados a cabo usando el programa Statistica versión 10. Se evaluó la riqueza, dominancia, equitabilidad y diversidad mediante los índices de Margalef (DMg), Shannon-Weiner (H) e Inverso de Simpson (1-D) encontrados en el programa Past versión 2.17c (Hammer *et al.*, 2001). La eficiencia del muestreo se obtuvo mediante el programa EstimateS versión 9.1.0 (Colwell, 2013). A partir de estimadores no paramétricos se realizaron curvas de acumulación de especies.

Resultados y discusión

Visitantes florales asociados a *Persea americana* cv. Hass. Los resultados del estudio revelaron que durante los meses correspondientes a la floración principal (febrero-marzo de 2014) y la denominada “travesía” (agosto-septiembre de 2013), las flores de aguacate cv. Hass son visitadas en mayor número por insectos pertenecientes a los órdenes

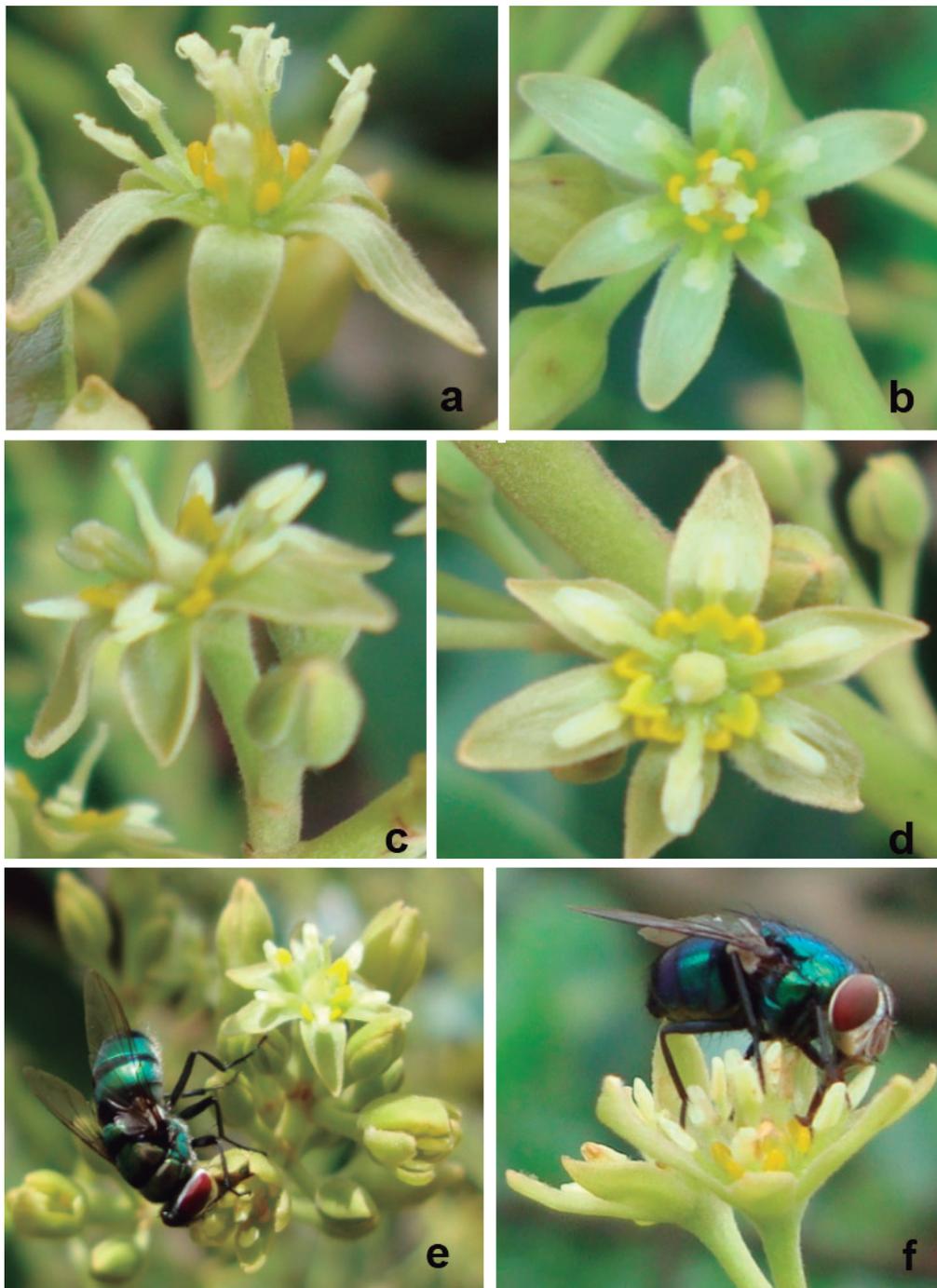


Figura 2. Observación de insectos visitantes y anatomía floral de *P. americana* cv. Hass. A y B) Flores en fase masculina, C y D) flores en fase femenina. E) Llegada de *Chrysomya putoria* a la flor, F) llegada de insecto *Lucilia eximia*.

Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera y Lepidoptera (Tabla 1). Se registró un total de capturas de 974 especímenes, de los cuales la mayoría (82 %) se colectó en P-1, reunidos en 31 familias. En P-2, se capturó el 18 % restante (177 insectos), agrupados en 23 familias. El 68,54 % de los Hymenoptera recolectados pertenece a la familia Apidae, seguida de Vespidae (14,51 %), y Formicidae (7 %); siendo la abeja *Apis mellifera* el himenóptero más representativo de acuerdo con su abundancia (36,26 %). Respecto a Diptera se destacan las familias Syrphidae (31,6 %), Calliphoridae (33,6 %), Tachinidae (17,2 %) y Muscidae (11,2 %). Las especies más representativas de Coleoptera fueron *Macroductylus subspinosus* Fabricius (Scarabaeidae) (4,87 %) y una especie no identificada de Cantharidae (4,87 %). Los insectos de los órdenes Hemiptera y Lepidoptera tuvieron una baja frecuencia de aparición.

Especies de Diptera asociadas *P. americana* cv. Hass. En este estudio se amplía la información concerniente a Diptera (Tabla 2, Figura 3). Los resultados mostraron que las flores de *P. americana* cv. Hass, son visitadas con mayor frecuencia por especies de la familia Calliphoridae: *Lucilia eximia* (Wiedemann) (21,6 %), *Chrysomya putoria* (Wiedemann) (10,4 %), y Syrphidae: *Palpada scutellaris* (Fabricius) (8,8 %), *Allograpta obliqua* (Say) (5,6 %), *Ornidia obesa* (Fabricius) (7,2 %), *Ornidia major* Curran (0,4 %), *Palpada vinetorum*

(Fabricius) (0,8 %), *Palpada furcata* (Wiedemann) (0,8 %), *Ocyptamus lineatus* (Macquart) (0,4 %), *Toxomerus watsoni* (Curran) (0,8 %), *Copestylum* aff. *infractum* Thompson (1,2 %), *Copestylum vagum* (Wiedemann) (1,2 %), *Toxomerus virgulatus* Macquart (0,8 %) y *Toxomerus dispar* (Fabricius) (0,8 %).

Los dípteros visitantes encontrados se caracterizan por presentar adaptaciones anatómicas y comportamentales que influyen en la polinización (Rader *et al.*, 2013; Woodcock *et al.*, 2014). Aunque Bibionidae, Calliphoridae, Muscidae, Syrphidae y Tachinidae han sido reportadas como visitantes florales de diversas plantas, estas familias presentan especímenes con hábitos y preferencias alimenticias diversos (Woodcock *et al.*, 2014). Los Calliphoridae fueron los dípteros más frecuentes, aunque más reconocidos como vectores de enfermedades y causantes de miasis, son importantes polinizadores. En el mango *Mangifera indica* L., *Lucilia* spp. y *Calliphora* spp. (Calliphoridae) incrementan el rendimiento y la calidad del cultivo (Saeed *et al.*, 2016). Se encontró un complejo de la especie *L. eximia*. Esta mosca tiene distribución neotropical y neártica y ha colonizado principalmente áreas urbanas donde consume frutas, carroña o desechos (Wolff *et al.*, 2010). En el presente estudio se registra por primera vez a esta especie como vector de polen de aguacate Hass en Colombia. También ha sido reportada como polinizadora de *Jaborosa rotacea*

Tabla 1. Insectos capturados visitando flores de aguacate cv. Hass.

Orden	Parcela 1		Parcela 2	
	Número de familias	Número de insectos	Número de familias	Número de insectos
Coleoptera	7	96	6	49
Diptera	9	349	8	86
Hemiptera	5	10	1	9
Hymenoptera	12	339	5	33
Lepidoptera	2	3	0	0
Total	35	797	20	177

(Lillo) Hunz y Barboza (Solanaceae) en Argentina (Moré *et al.*, 2013) y *Stapelia* L. (Apocynaceae) en Brasil (Capote *et al.*, 2014).

Los Sarcophagidae son considerados como moscas necrófagas; los Tachinidae son parasitoides de otros insectos durante su etapa larval; por otra parte, Muscidae tiene hábitos alimenticios omnívoros (Larson *et al.*, 2001; Woodcock *et al.*, 2014). *Musca domestica* fue un visitante ocasional dado el bajo número de especímenes colectados, en Suráfrica visita las flores del aguacate para el consumo de néctar, careciendo de importancia en la polinización (Eardley y Mansell, 1996).

Los Syrphidae son los únicos reconocidos por libar el néctar floral y ser polinizadores de varias familias botánicas, presentando un patrón de vuelo único, rápido y sensibilidad a la presencia antropogénica (Zamora-Carrillo *et al.*, 2011), por lo que en este estudio posiblemente fueron submuestreados. La pilosidad corporal y la morfología del aparato bucal también influyen en la efectividad de estos dípteros para el transporte de polen. Syrphidae agrupa dos subfamilias con diferentes efectividades como polinizadores, sien-

do los miembros de Syrphinae menos efectivos respecto a los Eristalinae, debido a que los primeros presentan un aparato bucal corto que limita el acceso a los estambres no expuestos, baja pilosidad y acicalamiento y consumo de polen frecuente (Zamora-Carrillo *et al.*, 2011). De acuerdo a lo observado en campo el mayor tamaño corporal de algunos Eristalinae (p. ej., *Ornidia* spp.) determinaba que tuvieran que posarse en la flor para el consumo de polen o néctar, en cambio los Syrphinae (p. ej., *Allograpta* spp.) en algunas visitas ingresaban lateralmente en la flor consumiendo néctar sin hacer contacto con las anteras (Larson *et al.*, 2001). Este comportamiento ha sido registrado en cultivos de aguacate, lo cual resta importancia como vectores de polen (Eardley y Mansell, 1996; Ish-Am *et al.*, 1999). La morfología floral con las estructuras reproductivas y nectarios expuestos permite que los Syrphidae con probosis de diferente longitud accedan a los recursos florales (Larson *et al.*, 2001). Por otra parte, la constancia de los visitantes florales incrementa su efectividad como polinizadores; sírfidos como *Syrphus ribesii* (L.) muestran constancia en sus visitas (Woodcock *et al.*, 2014).

Tabla 2. Dípteros asociados a la floración de *P. americana* cv. Hass. V= visitante; P= polinizador. N= néctar; A= apareamiento, Po= polen.

Familia	Especie	Número de insectos	Categoría	Recurso colectado
Asilidae	<i>Ommatius</i> sp. (Wiedemann, 1821)	1	V	N, Presas
Bibionidae	<i>Dilophus</i> sp. 1	2	V	N
	<i>Dilophus</i> sp. 2	1	V	N
Calliphoridae	<i>Chrysomya putoria</i> (Wiedemann, 1830)	26	P	N
	<i>Hemilucilia segmentaria</i> (Fabricius, 1805)	4	V	N
	<i>Lucilia eximia</i> (Wiedemann, 1819)	54	P	N
Muscidae	<i>Musca domestica</i> (L., 1758)	5	V	N
	Muscidae sp. 2	23	V	N
Sarcophagidae	<i>Peckia anguilla</i> (Curran y Walley, 1934)	7	V	N
Syrphidae	<i>Allograpta obliqua</i> (Say, 1823)	14	P	N, Po

Cont. **Tabla 2.** Dípteros asociados a la floración de *P. americana* cv. Hass. V= visitante; P= polinizador. N= néctar; A= apareamiento, Po= polen.

Familia	Especie	Número de insectos	Categoría	Recurso colectado
Syrphidae	<i>Argentinomyia peruvianus</i> (Shannon, 1927)	2	V	N, Po
	<i>Copestylum aff. infractum</i> (Thompson, 1981)	3	V	N, Po
	<i>Copestylum posticum</i> (Say, 1829)	1	V	N, Po
	<i>Copestylum vagum</i> (Wiedemann, 1830)	3	V	N, Po
	<i>Hybobathus lividus</i> (Schiner, 1868)	1	V	N, Po
	<i>Hybobathus persimilis</i> (Curran, 1930)	2	V	N, Po
	<i>Ocyptamus lineatus</i> (Macquart, 1846)	1	V	N, Po
	<i>Ornidia major</i> (Curran, 1930)	1	V	N, Po
	<i>Ornidia obesa</i> (Fabricius, 1775)	18	V	N, Po
	<i>Palpada furcata</i> (Wiedemann, 1819)	2	V	N, Po
	<i>Palpada scutellaris</i> (Fabricius, 1805)	22	P	N, Po
	<i>Palpada vinetorum</i> (Fabricius, 1798)	2	V	N, Po
	<i>Salpingogaster nigra</i> (Schiner, 1868)	1	V	N, Po
	<i>Toxomerus dispar</i> (Fabricius, 1794)	2	V	N, Po
	<i>Toxomerus virgulatus</i> (Macquart, 1850)	2	V	N, Po
<i>Toxomerus watsoni</i> (Curran, 1930)	2	V	N, Po	
Tachinidae	<i>Archytas</i> sp. (Jaenicke, 1867)	2	V	N
	<i>Eujuriniodes</i> sp. 1 (Townsend, 1935)	4	V	N
	<i>Gonia</i> sp. (Meigen, 1803)	1	V	N
	<i>Hystricia</i> sp. (Macquart, 1844)	1	V	N
	<i>Leschenaultia</i> sp. 1 (Robineau-Desvoidy, 1830)	17	V	N
	<i>Leschenaultia</i> sp. 2 (Robineau-Desvoidy, 1830)	11	V	N
	<i>Parepalpus</i> sp. 1 (Coquillett, 1902)	1	V	N
	<i>Quadratosoma</i> sp. 1 (Townsend, 1914)	1	V	N
	<i>Quadratosoma</i> sp. 2 (Townsend, 1914)	1	V	N
	<i>Rhachoepalpus</i> sp. (Townsend, 1908)	1	V	N
	<i>Trichophora</i> sp. (Macquart, 1847)	1	V	N
	<i>Trichopoda</i> sp. (Berthold, 1827)	1	V	N
	<i>Xanthoepalpus</i> sp. (Townsend, 1914)	1	V	N
Tephritidae	<i>Anastrepha fraterculus</i> (Wiedemann, 1830).	1	V	N
	<i>Anastrepha striata</i> (Schiner, 1868)	3	V	N
	<i>Euaresta</i> sp. (Hendel, 1914)	1	V	N

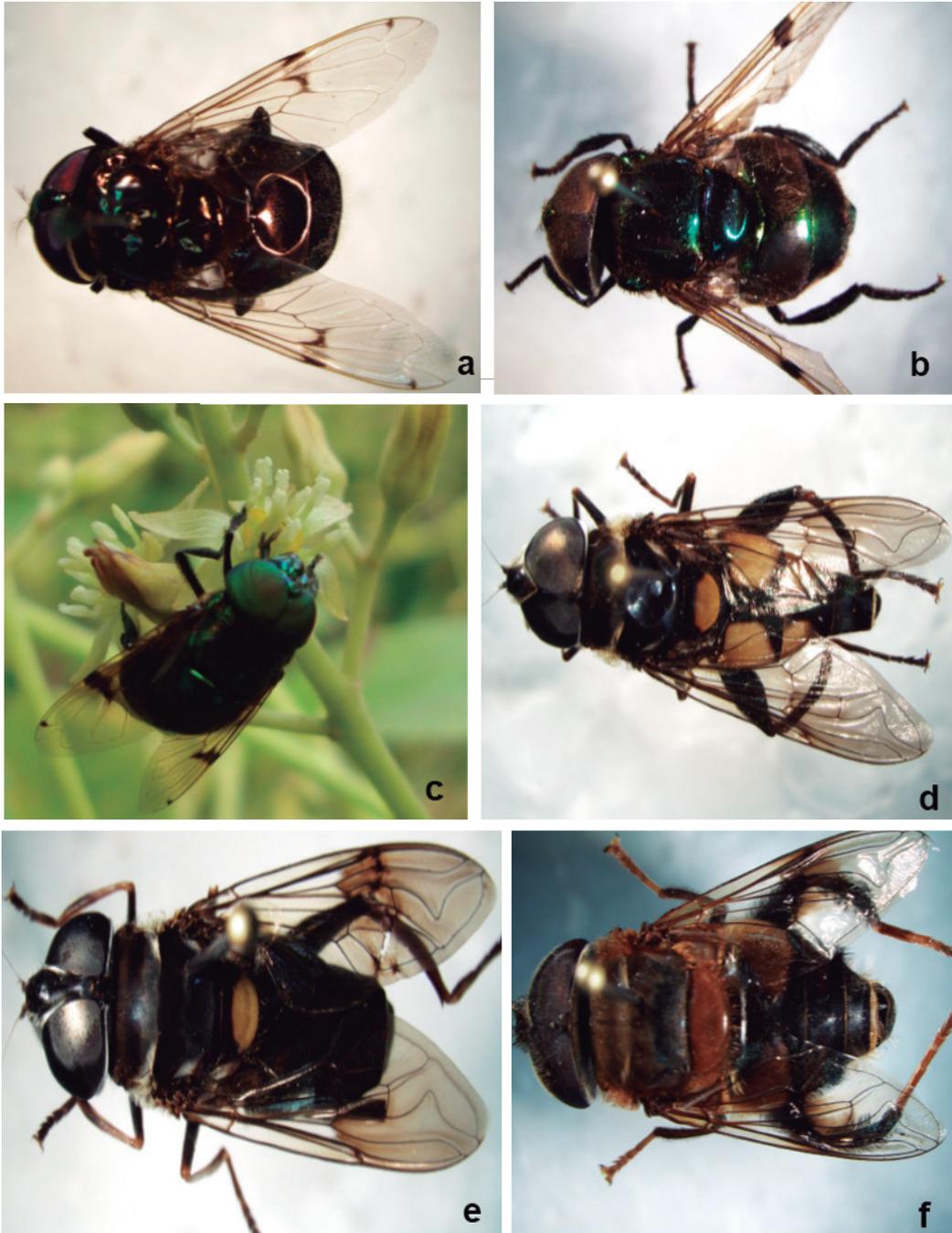


Figura 3. Dípteros asociados a *P. americana* cv. Hass. A y B) *Ornidia obesa*. C) *O. major*. D y E) *Palpada scutellaris*. F) *P. vinetorum*. G) *Palpada furcate*. H) *Ocyptamus lineatus*. I) *Copestylum* aff. *Infractum*. J) *C. vagum*. K) *Toxomerus watsoni*. L) *Leschenaultia* sp. 1 M) *Toxomerus dispar*. N) *T. virgulatus*. O) *Allograpta obliqua*. P) *Lucilia eximia*. Q) *Chrysomya putoria*. R) *Musca domestica*.

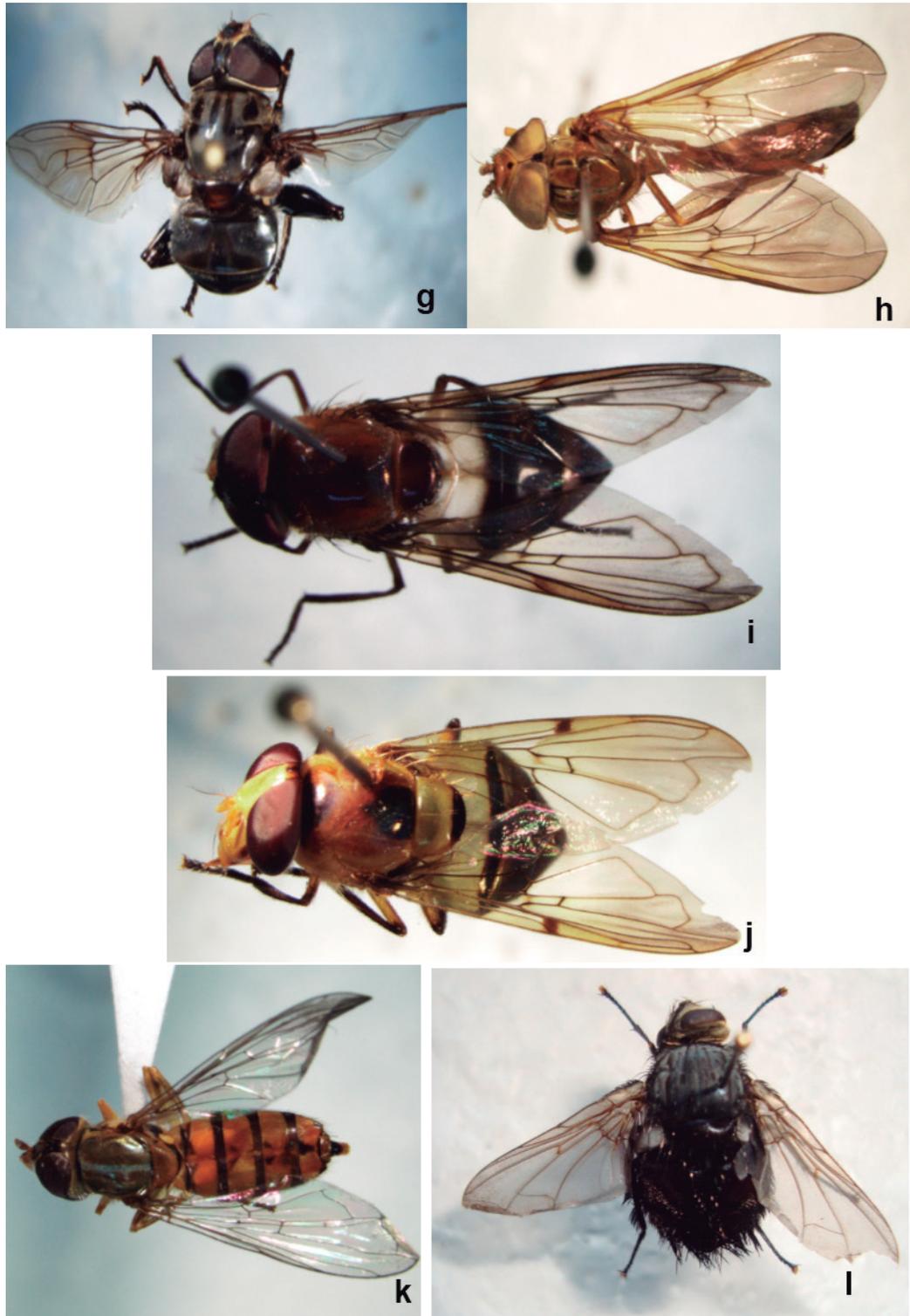


Figura 3. (Cont.) Dípteros asociados a *P. americana* cv. Hass. A y B) *Ornidia obesa*. C) *O. major*. D y E) *Palpada scutellaris*. F) *P. vinetorum*. G) *Palpada furcata*. H) *Ocyrtamus lineatus*. I) *Copestylum* aff. *Infractum*. J) *C. vagum*. K) *Toxomerus watsoni*. L) *Leschenaultia* sp. 1. M) *Toxomerus dispar*. N) *T. virgulatus*. O) *Allograpta obliqua*. P) *Lucilia eximia*. Q) *Chrysomya putoria*. R) *Musca domestica*.

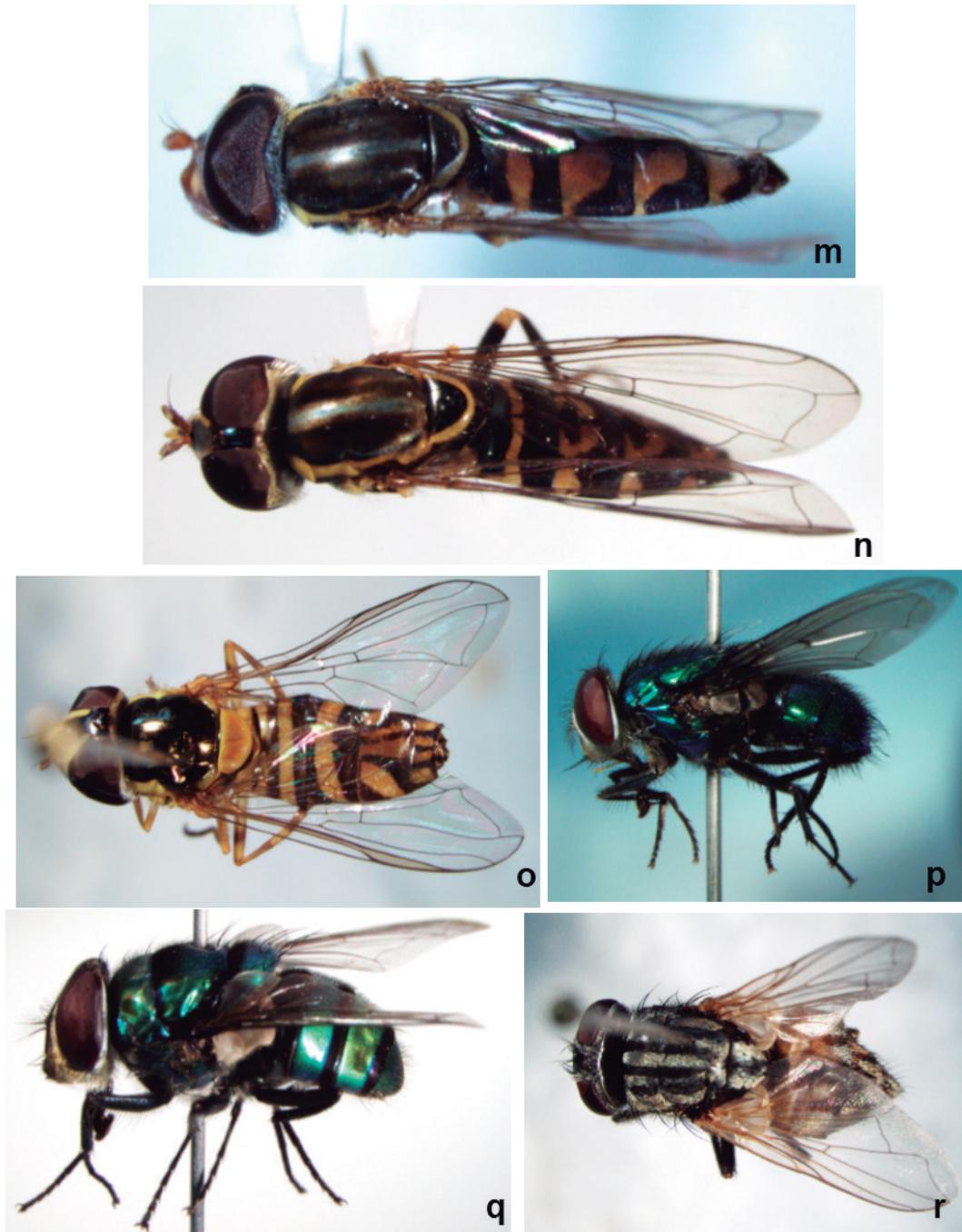


Figura 3. (Cont.) Dípteros asociados a *P. americana* cv. Hass. A y B) *Ornidia obesa*. C) *O. major*. D y E) *Palpada scutellaris*. F) *P. vinetorum*. G) *Palpada furcate*. H) *Ocyptamus lineatus*. I) *Copestylum* aff. *Infractum*. J) *C. vagum*. K) *Toxomerus watsoni*. L) *Leschenaultia* sp. 1. M) *Toxomerus dispar*. N) *T. virgulatus*. O) *Allograpta obliqua*. P) *Lucilia eximia*. Q) *Chrysomya putoria*. R) *Musca domestica*.

Los resultados de esta investigación coinciden con lo reportado por Castañeda-Vildózola *et al.* (1999) en México en cuanto al número de especies de díptera presentes en las parcelas, y también se presenta correspondencia con los géneros reportados en este estudio. Mencionan de la familia Syrphidae los géneros: *Allograpta*, *Copestylum*, *Hemilucila*, *Chrysomya*, *Ornidia*, *Palpada* y *Toxomerus* como visitantes florales del cultivo. También de Tachinidae: *Archytas*, *Hystricia* y *Leschenaultia*. Siendo el Calliphoridae *Chrysomya megachepala* un potencial polinizador secundario, que transporta la mayor cantidad de polen en la región ventral del cuerpo y las patas. Los dípteros son el segundo grupo de importancia para la polinización del cultivo después de Hymenoptera, debido a su diversidad y abundancia (Castañeda-Vildózola *et al.*, 1999). Sin embargo, varias especies presentan cantidades mínimas de polen o una baja tasa de visita floral, por lo cual estos son considerados visitantes florales sin aporte en la polinización (Eardley y Mansell, 1996; Castañeda-Vildózola *et al.*, 1999; Ish-Am *et al.*, 1999).

Actividad de visitantes florales. El registro de la actividad de los insectos en las flores está

relacionado con los periodos de apertura de las flores en fase masculina y femenina. Las flores de *P. americana* cv. Hass, inician la apertura floral entre las 07:00-08:00 horas en fase femenina y dependiendo de las condiciones climáticas que influyen en los flujos fenológicos, permanece en esta fase, hasta su cierre a las 12:30 horas. En fase masculina las flores abren entre 11:00, a las 13:00, transcurrido este periodo todas las flores abiertas se encuentran en esta fase y hacia las 17:00 la mayoría de ellas están cerradas. El traslape entre fases florales tiene una duración de 2 horas (Figura 4).

Los resultados de los registros de captura mostraron que entre las 07:00-09:00 horas se colectó el 18,82 % de los especímenes dípteros, coincidiendo con la fase de anthesis floral. Durante la apertura floral en fase femenina, (10:00 y 12:00) se obtuvo el 39,5 %. Sin embargo, un incremento (41,7 %) se registró entre las 13:00 y 16:00 horas (Figura 4). En síntesis, los resultados sugieren que los insectos del orden Díptera presentan una mayor preferencia (58 %) por visitar las flores de *P. americana* en horas de la mañana (07:00-12:00), comparada con las realizadas en la tarde (41,7 %).

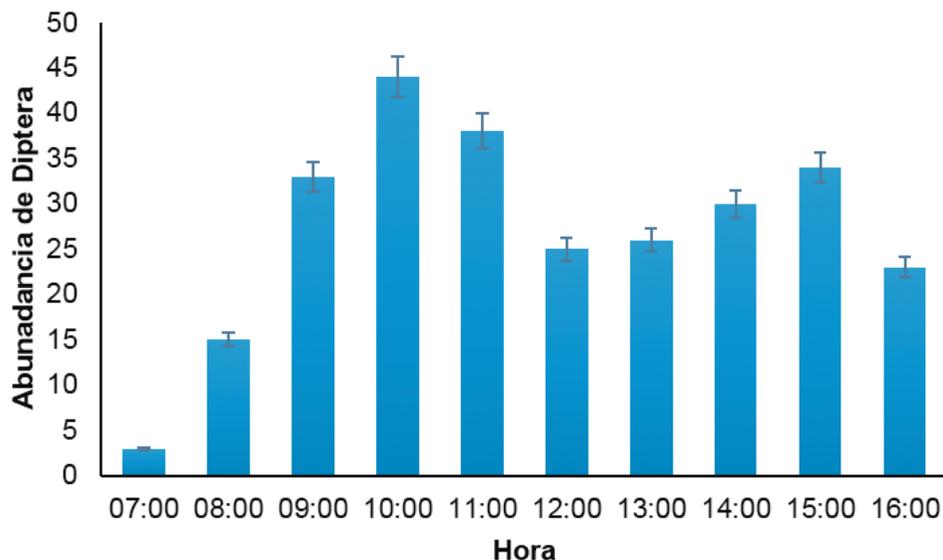


Figura 4. Frecuencia de visita de dípteros asociados a las flores de *P. americana* cv. Hass, a través del día.

El seguimiento al comportamiento de los visitantes en las flores de *P. americana* reveló que, en general, una vez los insectos llegan a las flores, sus actividades estuvieron concentradas en: consumo de néctar, consumo de polen, utilización como plataforma sexual y cópula o forrajeo conjugado con permanencia en la flor durante cortos periodos de tiempo. Las especies de dípteros visitaron un promedio de dos flores por inflorescencia. Sin embargo, alta variabilidad en la duración del tiempo de visita a las flores se encontraron en insectos de la familia Bibionidae, quienes permanecieron mayor tiempo en la flor (59 s), principalmente en cópula o consumiendo néctar (Tabla 3). El grupo de los Muscidae presentó el rango más amplio en el tiempo de permanencia en la flor (2- 40 s), generalmente se encontraron consumiendo néctar o posados en las flores. Los Tachinidae, permanecen en promedio 12 s y debido a su mayor tamaño, durante la visita tocan las estructuras reproductivas con el área ventral del tórax y las patas (Tabla 3) (Figura 5).

Los Syrphidae en el 68,2 % de las visitas permanecieron consumiendo néctar, sin hacer contacto con las estructuras reproductivas. Este comportamiento es favorecido por su capacidad de permanecer en vuelo en un mismo punto y la disposición floral con los nectarios expuestos (Tabla 3). Los insectos de los géneros *Copestylum*, *Allograpta* y *Toxomerus* ingresan lateralmente a la flor y permanecen posados sobre la flor entre 3 a 60 s. Sin embargo, pueden consumir el néctar suspendidos en vuelo (Figura 5). En flores masculinas, las anteras entran en contacto con la parte frontal de la cabeza. Los *Ornidia* spp. y *Palpada* spp. generalmente se posan sobre la flor y su cabeza y patas hacen contacto con los estambres y el pistilo (Figura 5).

Los dípteros Sarcophagidae y Calliphoridae permanecieron el menor tiempo (entre 8-9 s) en cada flor (Tabla 3). Los Calliphoridae fueron observados consumiendo néctar, tuvieron

alta actividad durante la floración intermedia (“travesía”) y cuando la actividad de *A. mellifera* era baja. Así mismo, se observó que los visitantes Calliphoridae exhiben una mayor actividad en días con bajo brillo solar y en los días lluviosos se esconden en el envés de las hojas.

Durante las observaciones los insectos no mostraron preferencia por una fase floral específica; ellos visitaron en proporciones similares inflorescencias con flores en fase femenina y masculina. Las flores de *P. americana* tienen una disponibilidad permanente de néctar, durante la fase floral femenina este recurso es secretado por los estaminodios, mientras que en la fase masculina los nectarios cumplen esta función (Davenport, 1986; Wysoki *et al.*, 2002). Esta característica podría ser una adaptación a la dicogamia para garantizar la visita de insectos durante las dos fases florales y, en consecuencia, alcanzar una efectiva polinización.

Los resultados de este estudio sugieren que las especies presentan una mayor preferencia por visitar flores abiertas, es decir, con estructuras reproductivas expuestas, comportamiento, igualmente descrito por Woodcock *et al.* (2014), quienes subrayan que los dípteros tienen habilidades limitadas para manipular las flores durante sus visitas. Además, las flores de *P. americana* presentan una morfología y coloración atrayente para Diptera ya que son pequeñas, circulares, abiertas y tienen pétalos y sépalos de coloración amarillo-verdosa y estructuras secretoras de néctar de color amarillo (Davenport, 1986; Peña, 2003). Se ha documentado que dípteros como *Eristalis tenax* muestran preferencia por flores amarillas (Woodcock *et al.*, 2014). Por otra parte, los dípteros pueden tener una actividad diferencial de acuerdo con la fase floral en plantas protóginas. El díptero *Elachiptera formosa* Loew (Chloropidae) se aparea en inflorescencias en fase femenina y realiza consumo de polen en flores en fase masculina (Woodcock *et al.*, 2014).



Figura 5. Comportamiento de forrajeo de moscas en flores de *P. americana*. A) *Ocyrtamus lineatus*. B) *Ornidia obesa*. C) *Allograpta obliqua*. D) *Peckia anguilla*. E) *Copestylum* aff. *infractum*. F) *Chrysomya putoria*.

Tabla 3. Comportamiento de forrajeo de los dípteros visitantes florales de *P. americana* cv. Hass en huertos de Morales, Cauca.

ORDEN/FAMILIA	Número de insectos observados	Tiempo de visita por flor		Flores visitadas por inflorescencia		Contacto con estructuras masculinas (%)	Contacto con estructuras femeninas (%)
		Promedio	S.E.	Promedio	S.E.		
Diptera							
Bibionidae	6	59,20	23,35	2,5	0,50	66,67	66,67
Calliphoridae	67	8,77	0,81	2,2	0,23	50,75	29,85
Muscidae	12	12,65	3,18	1,8	0,43	41,67	33,33
Syrphidae	22	10,13	2,73	1,3	0,14	31,82	31,82
Sarcophagidae	18	8,53	1,54	1,6	0,18	33,33	27,78
Tachinidae	12	12,10	5,58	1,8	0,46	8,33	8,33

En todas las especies de dípteros se encontraron granos de polen. *Allograpta obliqua* presentó un 39 % más de polen, comparada con *Palpada scutellaris*, la segunda mejor especie portadora de polen. Estos resultados fueron consistentes para *A. obliqua* cuando se comparó el número de granos de polen de *P. americana* (119 granos), especie que junto a *Hemilucilia segmentaria* y Muscidae sp. 2 transportan el mayor número de granos de polen de aguacate (Tabla 4). Con excepción de *Hybobathus lividus*, *Leschenaultia* sp. 2 y *Ornidia obesa*, las especies de Calliphoridae registradas en este estudio llevan en su cuerpo polen de *P. americana*, sugiriendo, que *C. putoria*, *H. segmentaria* y *L. eximia* y del Muscidae sp. 2, por su mayor carga polínica podrían estar jugando un rol importante en la actividad polinizadora de *P. americana* cv. Hass.

Así mismo, los resultados muestran una alta diversidad de insectos asociada a la floración *P. americana* cv. Hass. Los resultados en este estudio son consistentes, al ser comparados con estudios previos realizados en México (Castañeda-Vildózola *et al.*, 1999; Pérez-Balam *et al.*, 2012), quienes revelan que los visitantes

florales pertenecen a varios gremios tróficos y coinciden en la importancia de algunas especies como vectores de polen.

La carga de polen indica que estas especies visitan otras especies vegetales que complementen su dieta, en su mayoría el consumo de recursos alimenticios ricos en carbohidratos, como el néctar, considerado una fuente energética de importancia por su contenido de azúcares, lípidos y aminoácidos para actividades como el vuelo, dispersión, reproducción en especial para desarrollo ovárico y producción de huevos (Rader *et al.*, 2013). También encuentran recursos no nutritivos, ya que las flores ofrecen protección contra las inclemencias climáticas, sitios de apareamiento y atracción para presas de depredadores (Woodcock *et al.*, 2014). Estos recursos vegetales alternativos al cultivo podrían garantizar la permanencia de los visitantes florales en los huertos durante la floración. En Michoacán se atribuye la baja diversidad y abundancia de polinizadores del cultivo a la destrucción de los sitios de refugio y anidación por la deforestación y aplicación de insecticidas de amplio espectro (Castañeda-Vildózola *et al.*, 1999).

Tabla 4. Carga de polen de dípteros visitantes florales del aguacate cv. Hass

Especie	Número de insectos	Número total de granos de polen	Número de granos de polen de aguacate cv. Hass	Porcentaje de polen de aguacate cv. Hass
<i>Allograpta obliqua</i>	5	1868	119	6,37
<i>Chrysomya putoria</i>	5	362	53	14,64
<i>Hemilucilia segmentaria</i>	3	135	120	88,88
<i>Hybobathus lividus</i>	2	445	0	0
<i>Leschenaultia</i> sp.1	2	126	44	34,92
<i>Leschenaultia</i> sp. 2	2	141	0	0
<i>Lucilia eximia</i>	17	111	27	24,32
Muscidae sp. 2	11	119	88	73,95
<i>Ornidia obesa</i>	2	169	0	0
<i>Palpada scutellaris</i>	4	729	6	0,82

Los visitantes florales presentaron una alta diversidad y baja frecuencia de aparición de las especies. Se presentaron significativas diferencias en la diversidad, de acuerdo con el índice de Shannon y la riqueza de especies P-1 fue mayor (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis de la diversidad de dípteros entre las parcelas estudiadas.

Índices de diversidad y abundancia	Parcela 1	Parcela 2
Margalef (DMg)	7,77	3,90
Shannon-Weiner (H)	2,92	2,49
Inverso de Simpson (1-D)	0,9095	0,9056
Número de especies o riqueza específica (S)	44	14

Se registraron 44 especies de Diptera en P-1; sin embargo, los estimadores de riqueza las curvas CHAO 1 y ACE sugieren la existencia de 65-71 especies, respectivamente. Los estimadores de riqueza no llegaron a la asíntota, lo que sugiere

que el número de especies presentes debe ser mayor al encontrado (Figura 6). Se obtuvo una eficiencia de muestreo del 67,7 %.

Se registraron 14 especies de Díptera en P-2. Los estimadores de riqueza CHAO 1 y ACE indican que deben encontrarse entre 17-19 especies en la zona (Figura 7). Se obtuvo una eficiencia del muestreo del 82,35 %.

Los análisis indican que el muestreo fue más eficiente en P-2, lo que podría deberse a que hubo menor ocurrencia de especies raras. Debido a que el número de especies registradas depende del tamaño de la muestra, al incrementar los muestreos es más probable encontrar especies raras (Moreno, 2001). Así, en P-1 el registro de un mayor número de especies con una baja frecuencia de aparición determinó que las curvas de los estimadores no alcanzaran una asíntota, dado que estos indicadores son sensibles a las especies raras.

El hecho que las curvas de diversidad no alcancen una asíntota es un indicativo de la alta

diversidad de insectos que se puede encontrar en estos agroecosistemas durante el periodo de floración. Si bien la diversidad en términos de la relación entre riqueza y abundancia solo permite comparar las áreas de interés durante un periodo específico (Rader *et al.*, 2013), estos estimadores son de fácil obtención e informativos.

Las diferencias encontradas entre parcelas podrían estar determinadas por las condiciones de hábitat en términos de ofertas de recursos florales y de nidificación, ya que las comunidades de polinizadores son sensibles a estas condiciones, incluso pueden variar a lo largo de tiempo y el espacio (Rader *et al.*, 2013; Saeed *et al.*, 2016).

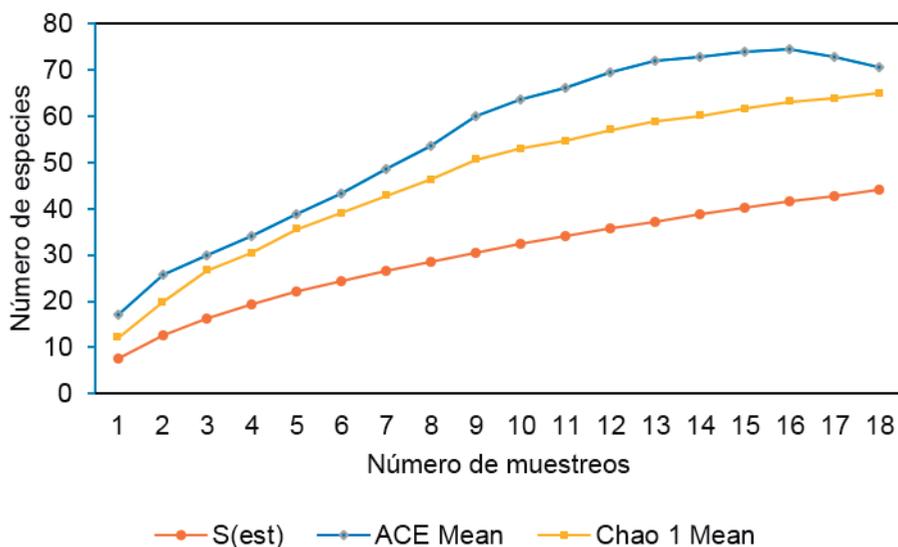


Figura 6. Curva de acumulación de especies de Díptera observadas en P-1.

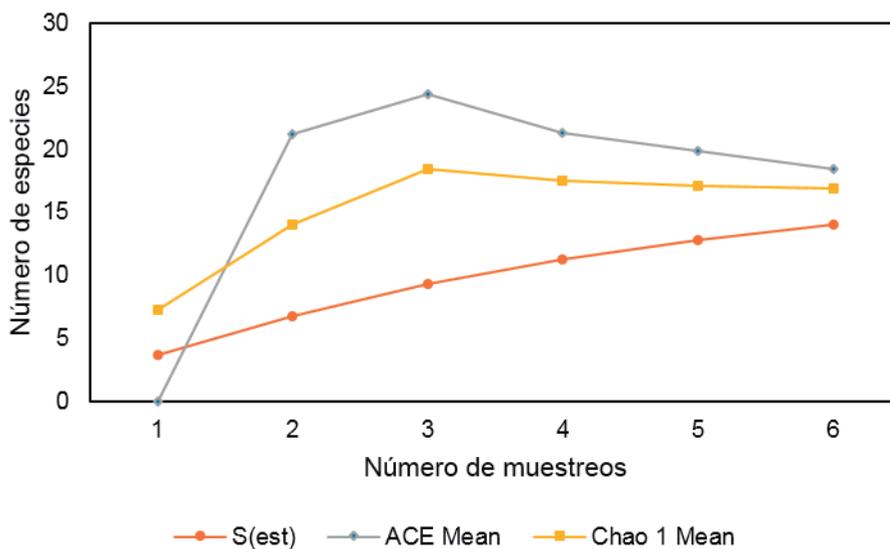


Figura 7. Curva de acumulación de especies de Diptera observadas en P-2.

En las inflorescencias marcadas entre el 12-38 % de las flores abiertas (i.e., disponibles para polinización) fueron visitadas. *P. americana* produce cerca de 1000000 de flores (Wysoki *et al.*, 2002), pero el comportamiento de los insectos en la flor y el tiempo de permanencia son factores que podrían estar modulando el número de flores polinizadas.

En síntesis, los resultados de este estudio constituyen el primer reporte de la diversidad de dípteros que son visitantes florales del cultivo *P. americana*, y revelan su desconocido papel como potenciales polinizadores de especies que cumplen otras funciones biológicas. Se resalta la importancia de la conservación de la flora nativa como fuente de refugio y complemento nutricional de una alta diversidad de insectos de distintos gremios tróficos asociados a la floración que contribuyen diferencialmente a la polinización de *P. americana* var. Hass.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la profesora Martha Wolff y Augusto Montoya (Universidad de Antioquia) por la identificación de las especies de Diptera. A los biólogos Oscar Ascuntar, Diana Torres (Universidad del Valle) por su colaboración en la identificación de Hymenoptera, Coleoptera y Hemíptera como también a Carmen Elisa Posso, curadora del Museo de Entomología de la Universidad del Valle, por facilitar la revisión y comparación de especímenes; a la asociación Asproamor, especialmente a los productores Fernando Velasco y Aldemar Sarria por permitir realizar la investigación en sus predios. A Sandra Yaneth Pinchao por su apoyo en los análisis palinológicos. A la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica, actualmente Agrosavia), C.I Palmira. Esta investigación se desarrolló en el marco del proyecto: "Manejo Integrado del Cultivo de Aguacate (*Persea americana*) cv. Hass para Incrementar la Calidad y el Rendimiento en Zonas Productoras de Colombia", financiado por Colciencias. Finalmente, a los evaluadores anónimos quienes, con sus aportes, enriquecieron el manuscrito.

Referencias

- Brown, B. V., Borkent, A., Cumming, J. M., Wood, D. M., Woodley, N. E. y Zumbado, M. A. (Eds.). (2010). *Manual of Central American Diptera: Volume 2*. Ottawa, Ontario, Canadá: NRC Research Press. 728 p.
- Cabezas, C., Hueso, J. J. y Cuevas, J. (2003). Identificación y descripción de los estados fenológicos-tipo del aguacate (*Persea americana* Mill.). *Proceedings V World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial del Aguacate)*, 237-242.
- Capote, T., Arcaya, E. y Velásquez, Y. (2014). First report of *Lucilia eximia* (Wiedemann, 1819) (Diptera: Calliphoridae) associated with *Stapelia gigantea* L. (Apocynaceae) in Venezuela. *Entomotropica*, 29(1), 53-56.
- Castañeda-Vildózola, A., Equihua, A., Valdés, J., Barrientos, A., Ish-Am, G. y Gazit, S. (1999). Insectos polinizadores del aguacatero en los estados de México y Michoacán, México. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 5 (Número Especial), 129-136.
- Colwell, R. K. (2013). EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.1.0. Recuperado de <http://viceroy.Eeb.Uconn.edu/estimates> Revisado el 1 de febrero de 2016.
- Davenport, T. L. (1986). Avocado flowering Vol. 8. En Janick, J. (Ed.) *Horticultural Reviews*. Pp: 257-289. Westport, CN: AVI Publishing Co., Inc.
- Eardley, C. D. y Mansell, M. W. (1996). The natural occurrence of insect pollinators in an avocado orchard. *South African Avocado Growers' Association Yearbook*, 19, 36-38.
- Giraldo, C., Rodríguez, A., Chamorro, F., Obregón, D., Montoya, P., Ramírez, N., Solarte, V. y Nates-Parra, G. (2011). *Guía Ilustrada de polen y plantas nativas visitadas por abejas*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia. 230 p.
- González, R. y Carrejo, N. S. (1992). *Introducción al estudio de los Diptera*. Cali: Centro Editorial Universidad del Valle. 197 p.

- Hammer, O., Harper, D. A. T. y Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological statistic software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 1-9.
- Inouye, D. W., Larson, B. M. H., Ssymank, A. y Kevan, P. G. (2015). Flies and flowers III: Ecology of foraging and pollination. *Journal of Pollination Ecology*, 16(16), 115-133.
- Ish-Am, G., Barrientos-Priego, F., Castañeda-Vildozola, A. y Gazit, S. (1999). Avocado (*Persea americana* Mill.) pollinators in its region of origin. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5, 137-143.
- Larson, B. H. M., Kevan, P. G. y Inouye, D. W. (2001). Flies and flowers: taxonomic diversity of anthophiles and pollinators. *The Canadian Entomologist*, 133, 439-465.
- Moré, M., Cocucci, A. A. y Raguso, R. A. (2013). The importance of oligosulfides in the attraction of fly pollinators to the brood-site deceptive species *Jaborosa rotacea* (Solanaceae). *International Journal of Plant Sciences*, 174(6), 863-876.
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Zaragoza: M&T-Manuales y Tesis SEA, vol.1. 84 p.
- Peña, J. E. (2003). Insectos polinizadores de frutales tropicales: no solo las abejas llevan la miel al panal. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* (Costa Rica), 69, 6-20.
- Pérez-Balam, J., Quezada-Euán, J. J. G., Alfaro-Bates, R., Medina, S., McKendrick, L., Soro, A. y Paxton, R. J. (2012). The contribution of honeybees, flies and wasp to avocado (*Persea americana*) pollination in southern Mexico. *Journal of Pollination Ecology*, 8(6), 42-47.
- Rader, R., Edwards, W., Westcott, D.A., Cunningham, S.A. y Howlett, B.G. (2013). Diurnal effectiveness of pollination by bees and flies in agricultural *Brassica rapa*: Implications for ecosystem resilience. *Basic and Applied Ecology*, 14(1), 20-27.
- Roubik, D. W. y Moreno, J. E. (1991). *Pollen and Spores of Barro Colorado Island*. St. Louis, Missouri: Monographs in Systematic Botany No. 36. Missouri Botanical Garden. 268 pp.
- Saeed, S., Naqqash, M. N., Jaleel, W., Saeed, Q., y Ghouri, F. (2016). The effect of blow flies (Diptera: Calliphoridae) on the size and weight of mangos (*Mangifera indica* L.). *PeerJ* 4:e2076; DOI 10.7717/peerj.2076.
- Wolff, M. I., Rivera, C., Herrera, S. E., Wolff, J. C. (2010). *Lucilia eximia* (Diptera: Calliphoridae), una nueva alternativa para la terapia larval y reporte de casos en Colombia. *Iatreia*, 23(2), 107-116.
- Woodcock, T. S., Larson, B. H. M., Kevan, P. G., Inouye, D. W. y Lunau, K. (2014). Flies and flowers II: floral attractants and rewards. *Journal of Pollination Ecology*, 12(8), 63-94.
- Wysoki, M., van den Berg, M. A., Ish-Am, G., Gazit, S., Peña, J. E. y Waite, G. K. (2002). Pests and pollinators of avocado. En Peña, J.E., Sharp, J.L. y Wysoki, M. (Eds.). *Tropical Fruit Pests and Pollinators: Biology, Economic Importance, Natural Enemies, and Control*. Pp: 265-272. CABI.
- Zamora-Carrillo, M., Amat-García, G. D. y Fernández-Alonso, J. L. (2011). Estudio de las visitas de las moscas de las flores (Diptera: Syrphidae) en *Salvia bogotensis* (Lamiaceae) en el jardín botánico José Celestino Mutis (Bogotá D.C., Colombia). *Caldasia*, 33(2), 453-470.

Diana Carabalí-Banguero
Universidad del Valle
Cali, Colombia
dianajohana16@hotmail.com

James Montoya-Lerma
Universidad del Valle
Cali, Colombia
james.montoya@correounivalle.edu.co

Arturo Carabalí-Muñoz
Agrosavia-Palmira
Palmira, Colombia
acarabali@corpoica.org.co

Dípteros asociados a la floración del aguacate *Persea americana* Mill cv. Hass en Cauca, Colombia

Citación del artículo: Carabalí-Banguero, D., Montoya-Lerma, J. y Carabalí-Muñoz, A. (2018). Dípteros asociados a la floración del aguacate *Persea americana* Mill cv. Hass en Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*, 19(1), 92-111. DOI: 10.21068/c2018v19n01a06.

Recibido: 1 de septiembre de 2016
Aprobado: 23 de mayo de 2018

Variación morfológica poblacional de una especie invasora: el caracol gigante africano, *Achatina fulica* (Bowdich, 1822) (Mollusca: Gastropoda-Achatinidae) en el departamento del Valle del Cauca, Colombia

Morphological variation in the populations of an invasive species: the Giant African Snail *Achatina fulica* (Bowdich, 1822) (Mollusca: Gastropoda-Achatinidae) in the department of Valle del Cauca, Colombia

Angie Patiño-Montoya, Oscar Murillo y Alan Giraldo

Resumen

Las poblaciones de las especies invasoras pueden diferir en las características que determinan la intensidad de sus efectos sobre los ecosistemas nativos. El estudio de la variación morfológica aporta información valiosa sobre diferentes procesos evolutivos y ecológicos en las especies. Con el objetivo de evaluar los patrones de variación morfológica del caracol gigante africano (*Achatina fulica*), una especie invasora presente en el departamento del Valle del Cauca, se colectaron individuos en las zonas urbanas de 4 municipios (Buenaventura, Cali, Tuluá y Cartago). A estos especímenes se les realizó un análisis de morfometría geométrica y clasificación con base en el patrón de coloración. Se encontró que existe variación morfológica significativa dentro de la población, además del patrón de bandas o coloración, con un total de 13 patrones en toda la muestra. Se proponen las condiciones ambientales de cada localidad y los controles realizados por la autoridad ambiental como posibles causantes de la variación.

Palabras clave. Estructura etaria. Invasión biológica. Moluscos. Morfología. Patrón de coloración.

Abstract

Populations of invasive species may differ in the characteristics that determine the intensity of their effects on native ecosystems. The study of morphological variation provides valuable information on different evolutionary and ecological processes. In order to evaluate the patterns of morphological variation of the African Snail (*Achatina fulica*), an invasive species present in the department of Valle del Cauca, individuals were collected in urban areas of 4 municipalities (Buenaventura, Cali, Tuluá and Cartago). An analysis of geometric morphometry and classification based on the pattern of bands was performed on the collected specimens. A significant morphological variation within the population was found, along with a total of 13 patterns of bands or coloration in the entire sample. Environmental conditions of each locality and controls exerted by the environmental authority are proposed as possible causes of variation.

Keywords. Age range. Biological invasion. Color patterns. Morphology. Mollusks.

Introducción

Las especies invasoras son consideradas como una de las principales amenazas para la conservación de la biodiversidad global debido a que ejercen presiones sobre la fauna local a diferentes niveles, lo que puede desencadenar procesos de extinción local, regional o global (Williamson, 1996; Mack *et al.*, 2000). El estudio de la variación morfológica de estas poblaciones aporta información valiosa sobre procesos evolutivos y ecológicos que se desarrollan a nivel intraespecífico e interespecífico. Incluso, ha sido propuesto que las variaciones morfológicas en estas poblaciones son el resultado de la forma en cómo se relacionan los individuos que la conforman con el ambiente, siendo modulada la respuesta por la información genética de los individuos (Bookstein, 1996). En este sentido, Parker *et al.* (2003) han propuesto que las variaciones espaciales y temporales en las características morfológicas de las especies invasoras son generadas por plasticidad o adaptación local, por lo que se hace necesario que estas variaciones sean consideradas para entender y manejar esta presión biológica externa en los sistemas afectados.

El caracol gigante africano (*Achatina fulica*) es considerado una de las 100 plagas más peligrosas a nivel mundial por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) debido a la alta proliferación, polifagia y simpatía por parte del ser humano (Patiño-Montoya y Giraldo, 2017). La invasión de esta especie puede generar consecuencias devastadoras en el medio ambiente, como lo es el desplazamiento de especies nativas, ya que este caracol es un competidor fuerte y disminuye cultivos o plantas nativas por la polifagia. Adicionalmente, esta especie puede afectar la salud pública al ser intermediario de varios parásitos, como los nemátodos del género *Angiostrongylus*, que producen enfermedades letales como la meningitis eosinofílica y la angiostrongiliasis abdominal (Alburquerque *et al.*, 2008, 2009; Liu *et al.*, 2011).

A. fulica es una especie originaria de África oriental, que ha venido expandiendo su distribución desde

hace aproximadamente 200 años (Fontanilla *et al.*, 2014), y se ha establecido con éxito en todo el trópico y subtropico del planeta (Alburquerque *et al.*, 2008; Okon *et al.*, 2012; De la Ossa-Lacayo *et al.*, 2012; Avendaño y Linares, 2015). Como en la mayoría de moluscos, las diferencias en el tamaño, la forma y el patrón de bandas generalmente son atribuidas a respuestas adaptativas a nivel fisiológico y a la variación genética de la población, como una estrategia para afrontar las condiciones ambientales a las que se enfrentan (Okon *et al.*, 2012). Particularmente, para el caracol gigante africano ha sido reportada una alta variación en la forma de la concha en lugares donde la invasión es antigua (mayor a 20 años), ya sea de tipo primario o secundario (reintroducción o desde un sitio introducido) (Pattarmanon, 2004; Sobrepeña y Demayo, 2014a). Sin embargo, aún no se ha evaluado la variación en la forma de la concha de esta especie en lugares donde la invasión es reciente (menor a 20 años) como en Ecuador, Perú, Argentina, Venezuela o Colombia (Alburquerque *et al.*, 2008; Alburquerque *et al.*, 2009; Goldyn *et al.*, 2016; Goldyn *et al.* 2017). En este trabajo de investigación se presentan los resultados del análisis cualitativo y cuantitativo de la variación en la forma y patrón de coloración de la concha del caracol gigante africano, en una región de reciente invasión, el departamento del Valle del Cauca, suroccidente de Colombia.

Materiales y métodos

Área de estudio. La recolección de individuos se realizó en las ciudades de Buenaventura (3°53'N-77° 05'O), Cali (3°26'N-76°31'O), Tuluá (4°05'N-76°12'O) y Cartago (4°44'N-75°54') en el departamento del Valle del Cauca, Colombia. Buenaventura está situada en la región del Chocó Biogeográfico, a una altitud promedio sobre el nivel del mar de 7 m. La vegetación dominante es de tipo de bosque muy lluvioso tropical, con registro de precipitación anual promedio de 7650 mm, humedad relativa promedio del 89 % y temperatura ambiental que varía entre 25 °C

y 28 °C (Rangel y Edgar, 2003). Las otras tres localidades se ubican en el valle geográfico del río Cauca, a una altitud promedio de 1000 m s.n.m. La vegetación dominante es de tipo de bosque seco tropical, con registros de precipitación anual promedio de 900 mm, humedad relativa promedio del 70 % y temperatura ambiental que varía entre 23 °C y 24 °C (Álvarez-López *et al.*, 1984; Alberico *et al.*, 2004) (Figura 1).

Métodos de campo. Los individuos utilizados para el desarrollo de esta investigación fueron recolectados en el marco de un estudio de dinámica poblacional de caracol gigante africano en el Valle del Cauca (Giraldo *et al.*, 2014). En términos generales, el área urbana de cada una de las localidades fue dividida en celdas de 2 km². Al

interior de cada celda, se establecieron de manera aleatoria 3 parcelas de 16 m², en donde se realizó el esfuerzo de búsqueda y recolección manual de caracoles vivos o conchas vacías, siguiendo las recomendaciones de seguridad para la manipulación de esta especie definidas por la autoridad ambiental.

Análisis morfométrico y de patrón de bandas.

Con el propósito de establecer la estructura de talla de la población de *A. fulica* en la zona de estudio, se midió la altura total de la concha de cada individuo capturado y se construyó un histograma de talla considerando intervalos de 10 mm. Se desarrolló un análisis de morfometría geométrica para evaluar la variación de la forma utilizando individuos adultos jóvenes con tallas entre 40 a 60 mm (Simão y Fischer, 2004), con el propósito de reducir la pérdida de información por desgaste de la concha y el efecto del crecimiento alométrico que presentan este tipo de especies.

Se realizó un registro fotográfico digital desde la vista ventral de 47 individuos: 12 de Buenaventura, 11 de Cali, 12 de Tuluá y 11 de Cartago y se utilizaron las herramientas de procesamiento digital para análisis morfométrico Thin-Plate Spline (TPS) (<http://life.bio.sunysb.edu/ee/rohlf/software.html>). Se definieron 10 puntos de referencia distribuidos en el ápice, la sutura, la columela y la apertura de la concha (Figura 2). Para la transformación de las imágenes a formato TPS se utilizó TPSutil®. Posteriormente, se estableció la posición de los puntos de referencia para cada individuo utilizando TPSDig2® y se procedió a realizar un análisis general de las deformaciones relativas utilizando la rutina TPSrelw®. Este análisis se fundamenta en la comparación de la posición de los puntos de referencia, de todos los individuos, respecto a una forma consenso (Toro *et al.*, 2010). Para determinar si la forma de las conchas es independiente del tamaño, se realizó un análisis de regresión con los dos primeros componentes resultantes del Análisis de Componentes Princi-

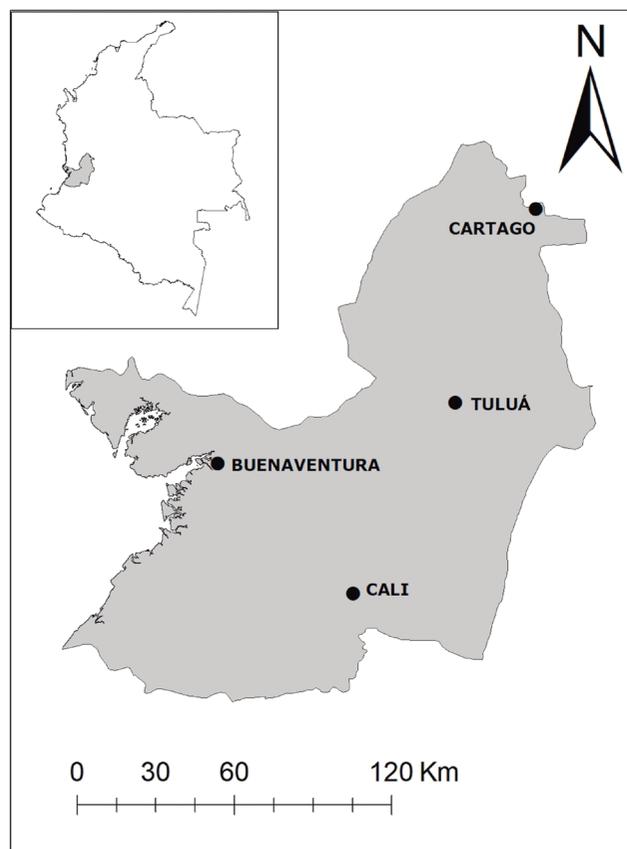


Figura 1. Localización geográfica de las localidades muestreadas en el departamento del Valle del Cauca (Colombia): Buenaventura, Cartago, Tuluá, Cali.

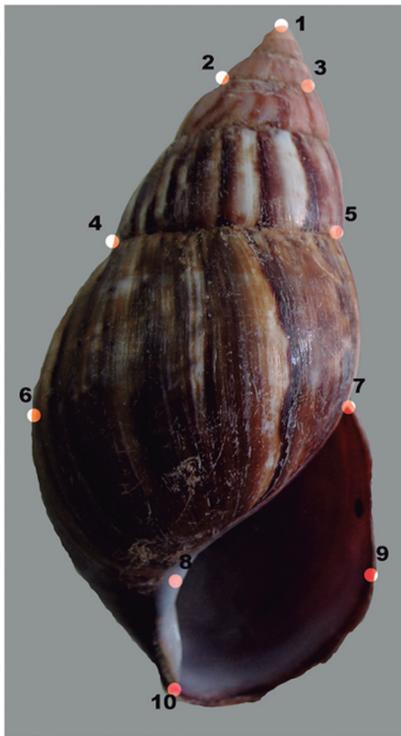


Figura 2. Landmarks digitalizados en orden numérico sobre las estructuras representativas de la concha de *A. fulica*: ápice, espiras, vuelta del cuerpo y apertura.

pales (ACP) de las deformaciones relativas como variables dependientes y el tamaño del centroide como variable independiente.

Para evaluar la variación entre localidades se realizó un análisis discriminante con base en las deformaciones relativas y posteriormente se compararon las localidades a través de un análisis de varianza (ANOVA) utilizando los valores de las dos primeras funciones discriminantes. Finalmente, se utilizó TPSsplin® para visualizar los cambios relativos de la forma de la concha que más contribuyeron a las funciones discriminantes establecidas en el análisis previo. Los análisis estadísticos se realizaron con los paquetes Vegan y MASS (Venables y Ripley, 2002).

Para el análisis del patrón de bandas se siguió la clasificación de Sobrepeña y Demayo (2014a),

quienes definieron 14 patrones de bandas para la especie. Cada individuo fue clasificado de acuerdo con el patrón de bandas, describiéndose el patrón predominante para cada localidad y en toda la zona de estudio. Con el fin de evaluar si existe relación entre los patrones de bandas y las localidades, se realizó un análisis de contingencia y posteriormente pruebas chi-cuadrado secuenciadas en el programa PAST®, para establecer cuales localidades eran la fuente de variación.

Resultados

Análisis morfométrico. Para realizar el análisis de variación de talla se procesaron un total de 192 conchas de *A. fulica*: 24 de Buenaventura, 39 de Cali, 80 de Cartago y 49 de Tuluá. Las poblaciones de Buenaventura y Tuluá presentaron los mayores promedios de altura total con $63,85 \pm 8,83$ mm y $63,25 \pm 12,97$ mm respectivamente, seguidos de Cali con $53,71 \pm 12,97$ mm y Cartago con $39,18 \pm 11,02$ mm. De acuerdo con los registros de tamaño, los adultos jóvenes de la zona de estudio no superaron el 60 % del total de individuos capturados (Figura 3).

Los dos primeros componentes del ACP explicaron el 65 % de la varianza contenida en las deformaciones relativas. La regresión entre estos

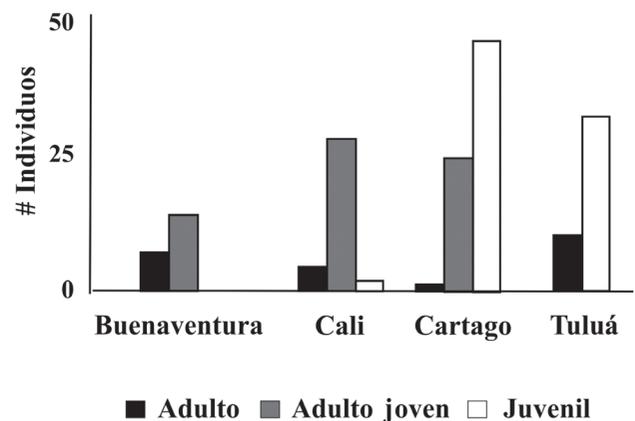


Figura 3. Estructura etaria según Simao y Fisher (2004) de las conchas de *Achatina fulica* evaluadas en cada localidad.

componentes y el tamaño del centroide no fue significativa ($F_{(2,44)} = 0,37, p = 0,68$), lo que indica que no existió una variación significativa en la forma de la concha en el rango de tamaño de los individuos estudiados (40-60 mm), por lo que las variaciones en forma que sean detectadas serían independientes del tamaño.

El análisis discriminante indicó que el 70 % de la varianza en la forma de la concha de *A. fulica* estuvo contenida en las dos primeras dimensiones. Las deformaciones relativas (RW) que más aportaron a la primera función discriminante (FD1) fueron el 2X y el 2Y, las cuales representaron el ancho de la apertura amplia, y el ancho y el tamaño de la espira. La segunda función (FD2) representó el tamaño de la espira y el ancho de la vuelta del cuerpo angosta (RW 4Y y 6Y). Por último, la tercera función (FD3) la orientación de la espira y del ápice (RW 1Y-2Y) (Figura 4, Tabla 1).

La primera función discriminante (FD1) proporcionó evidencia significativa de la diferencia de la forma de la concha entre las diferentes localidades de estudio ($F_{(2,44)} = 17,14, p$

$< 0,05$), permitiendo identificar una diferencia de la forma entre los especímenes de Buenaventura con los especímenes de las localidades del valle geográfico del río Cauca (Figura 3). Entre estas últimas localidades la FD1 no sugirió la presencia de diferencias en la forma de la concha ($p = 0,88$ y $p = 0,08$). Sin embargo, al incluir en el análisis la variación de la segunda (FD2, $F_{(2,44)} = 8,08, p = 0,0001$) y tercera (FD3, $F_{(2,44)} = 8,08, p = 0,0001$) función discriminante, se detectaron diferencias significativas en la forma de la concha de *A. fulica* entre Tuluá y Cartago ($p < 0,05$) y Tuluá con Cali ($p < 0,05$).

En términos generales, la forma de la concha de los individuos de *A. fulica* que habitan en la ciudad de Buenaventura tiende a tener una apertura amplia y una espira delgada y alargada, lo que se traduce en una concha más estilizada con respecto a las poblaciones del valle geográfico del río Cauca. Por otra parte, la forma de la concha de las poblaciones de *A. fulica* que habitan en el valle geográfico del río Cauca tienden a variar entre sí en el ancho de la vuelta del cuerpo y en la orientación del ápice (Figura 5).

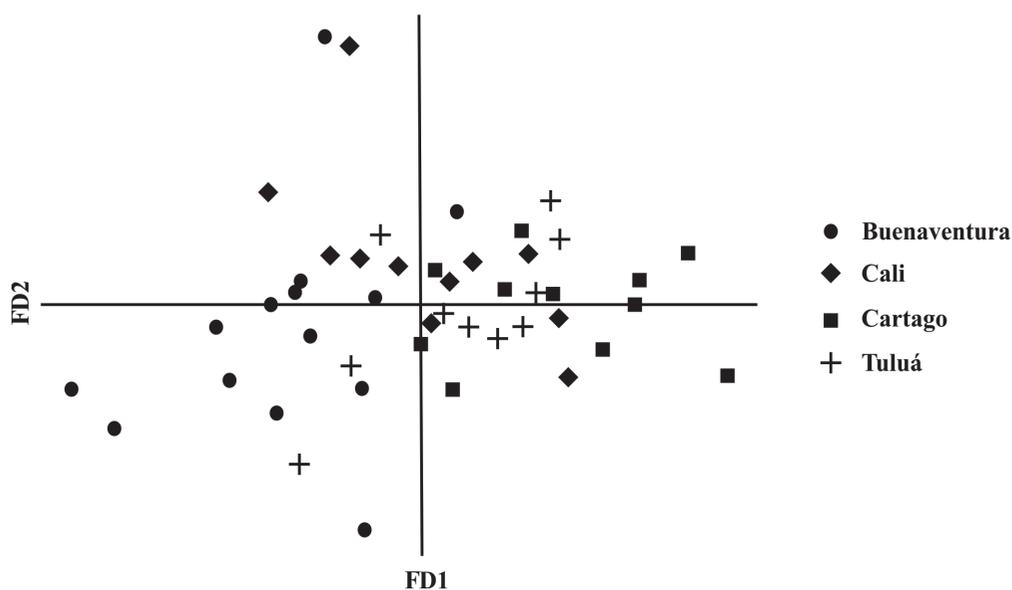


Figura 4. Análisis discriminante para las poblaciones de *A. fulica* muestreadas en cuatro municipios del Valle del Cauca.

Tabla 1. Aportes de las deformaciones relativas a las funciones discriminantes FD1, FD2 Y FD3. LD1, LD2 Y LD3: Coefficients of Lineal Discriminants.

	LD1	LD2	LD3
1X	-8,35E-13	6,97E-13	-1,14E-12
1Y	-4,20E-13	-3,94E-13	2,66E-12
2X	1,02E-12	-5,92E-13	-1,04E-12
2Y	-1,09E-12	3,26E-13	1,54E-12
3X	-6,51E-13	1,13E-13	-3,68E-13
3Y	1,80E-13	8,14E-13	5,44E-13
4X	2,54E-13	-1,53E-13	3,59E-13
4Y	-6,89E-13	-2,68E-12	1,33E-13
5X	2,71E-13	-5,68E-13	-1,19E-12
5Y	-4,74E-13	2,01E-13	-5,39E-13
6X	7,55E-13	1,40E-13	2,78E-13
6Y	4,83E-14	1,75E-12	-3,54E-13
7X	-1,04E-12	-5,31E-13	7,94E-13
7Y	-1,01E-13	-1,96E-13	5,23E-14

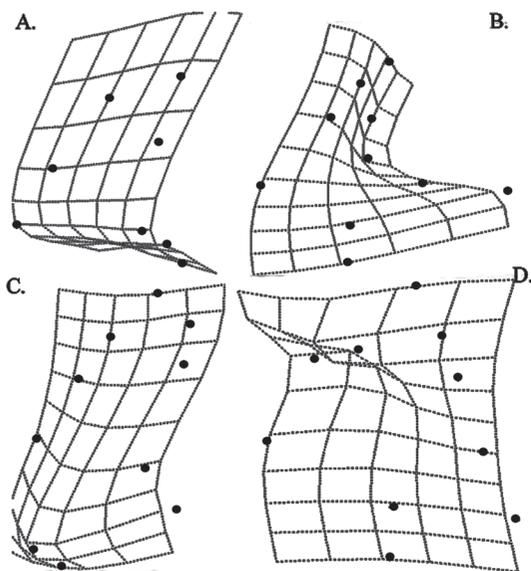


Figura 5. Formas de la concha de *A. fulica* asociadas a las funciones discriminantes FD1, FD2, FD3. A) PW1, B) PW2, C) PW4, D) PW6.

Patrón de coloración. De los 14 patrones de coloración que han sido descritos para el caracol gigante africano por Sobrepeña y Demayo (2014a), el único que no se encontró en la zona de estudio fue el patrón # 14. Las localidades de Cali y Buenaventura obtuvieron la menor cantidad de patrones diferentes (6), a diferencia de Cartago y Tuluá en donde se registraron 11 y 10 patrones de bandas, respectivamente. El patrón #5 fue el más abundante (25,5 %) en el área de estudio, seguido del patrón #1 (22,9 %). Sin embargo, este último patrón fue el más abundante para las localidades de Cartago y Tuluá (> 30 %), mientras que el patrón #5 fue el más abundante en Cali (33,3 %) y #7 (29,2 %) y #9 (20,8 %) fueron los más abundantes en Buenaventura (Tabla 2, Figura 6). Es importante destacar que en ninguna de las localidades de estudio se registró el total de los patrones de bandas registradas en todo el Valle del Cauca (13 patrones).

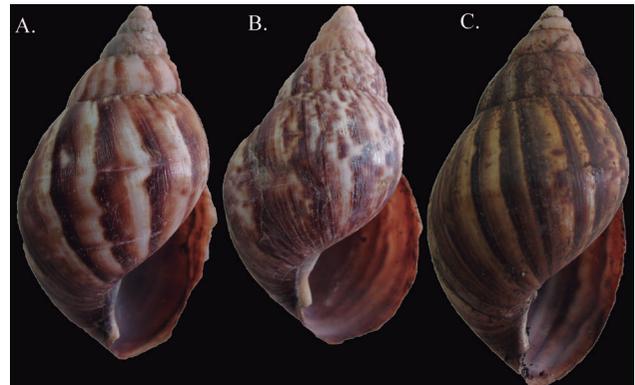


Figura 6. Patrones de coloración según la clasificación de Sobrepeña y Demayo (2014a) predominantes en los cuatro municipios del Valle del Cauca. A) Patrón 5 (Cali), B) Patrón 7 (Buenaventura) y C) Patrón 1 (Cartago y Tuluá). No se estableció independencia entre el patrón de coloración y las localidades ($\chi^2_{(36)} = 75,7, p 0,0001$), siendo la frecuencias de los patrones de coloración significativamente diferentes entre localidades ($\chi^2_{(36)} = 30, p \text{ valor } \gg 0,05$). Este resultado sugiere que cada localidad tuvo un patrón específico de banda dominante y además cada localidad exhibió una frecuencia diferente de patrones de bandas presentes.

Tabla 2. Frecuencia expresada en porcentaje de los patrones de bandas presentes en las conchas de *Achatina fulica* de las localidades de Buenaventura, Cali, Tuluá, Cartago y el total. n: número de conchas.

	Buenaventura	Cali	Cartago	Tuluá	Total
Patrón 1	0,0	2,6	31,3	36,7	22,9
Patrón 2	4,2	0,0	3,8	0,0	2,1
Patrón 3	16,7	10,3	3,8	8,2	7,8
Patrón 4	0,0	0,0	2,5	6,1	2,6
Patrón 5	12,5	33,3	25,0	26,5	25,5
Patrón 6	0,0	0,0	0,0	2,0	0,5
Patrón 7	29,2	15,4	6,3	0,0	9,4
Patrón 8	16,7	12,8	11,3	2,0	9,9
Patrón 9	20,8	25,6	7,5	10,2	13,5
Patrón 10	0,0	0,0	2,5	4,1	2,1
Patrón 11	0,0	0,0	0,0	2,0	0,5
Patrón 12	0,0	0,0	5,0	2,0	2,6
Patrón 13	0,0	0,0	1,3	0,0	0,5
n	24	39	80	49	192

Discusión

Entender cómo reaccionan las especies invasoras, como el caracol gigante africano, a los factores bióticos y abióticos en un entorno foráneo es importante para establecer planes de control y manejo de este tipo de especies (Sakai *et al.*, 2001; Davidson *et al.*, 2011; Avendaño y Linares, 2015). Particularmente para los moluscos, las variables que más aportan información sobre las interacciones con el ambiente son las variaciones en tamaño y forma, de ahí la importancia de conocer los patrones de variación de estos atributos morfológicos en un área de interés (Mack *et al.*, 2000; Davidson *et al.*, 2011).

En este trabajo no se encontró evidencia en la fracción de tamaño estudiada de tendencia alométricas, por lo que es de esperar independencia entre la forma y el tamaño. Bajo este escenario,

los patrones de variación en la forma y en coloración estarían siendo modulados por factores diferentes al tamaño. Factores como las condiciones climáticas, la estructura y distribución espacial de zonas verdes o lotes baldíos de las ciudades, múltiples eventos de introducción e incluso las medidas de control que realizan las autoridades ambiental locales y regionales, estarían afectando de manera significativa el tamaño y la forma de estos moluscos (Raut y Baker, 2002; Albuquerque *et al.*, 2009; Avendaño y Linares, 2015). Además, las variaciones espaciales en la longitud de la concha encontradas en este estudio pueden deberse a las diferencias climáticas entre los ambientes ocupados por el caracol gigante africano en el Valle del Cauca, que va de un ambiente húmedo del Chocó Biogeográfico (Buenaventura) a un ambiente

seco del valle geográfico del río Cauca (Cali, Tuluá, Cartago). Este resultado es similar al reportado por Giraldo *et al.* (2014) y Avendaño y Linares (2015), quienes proponen que las características ambientales presentes en la ciudad de Buenaventura tenderían a favorecer la tasa de crecimiento de esta especie, ya que no está sujeto a un fuerte estrés hídrico, lo que resultaría en conchas más grandes, con apertura amplia y espira delgada y alargada.

La disponibilidad de microhábitats que puede ocupar el caracol gigante africano en un ambiente urbano (lotes baldíos, jardines, fuentes hídricas o parques) puede ser un elemento que estaría promoviendo la variación del patrón de bandas al interior de cada localidad. De acuerdo con Giraldo *et al.* (2014), la disponibilidad de microhábitats favorables para el caracol gigante africano en las localidades de estudio es significativamente diferente, siendo mayor la disponibilidad de lotes baldíos en Buenaventura, mientras que en Cali, Tuluá y Cartago los jardines, separadores viales y zonas verdes asociadas a parques fueron más frecuentes. Como se ha reportado en otros moluscos, la complejidad estructural del ambiente donde se desenvuelvan está relacionado con la forma de crecimiento (Flores-Campaña *et al.*, 2012). Por lo tanto, en el caso del caracol gigante africano, su relación con la disponibilidad de microhábitats en los centros urbanos con procesos de invasión reciente podría estar modulando el tamaño y el ancho de la espira, así como la vuelta del cuerpo (Tomiyama, 1992; Pattarmanon, 2004; Alburquerque *et al.*, 2009; Sobrepeña y Demayo, 2014b).

Debido a la naturaleza invasora del caracol gigante africano, es probable que al departamento del Valle del Cauca estén ingresando individuos de diferentes lugares, en diferentes temporadas e incluso con diferente intensidad (Fontanilla *et al.*, 2014; Patiño-Montoya y Giraldo, 2017). Lo anterior, sumado al control diferencial sobre clases específicas de tamaño de la población (adultos) como consecuencia de las acciones de control implementada por la autoridad

ambiental, explicaría la constante movilización de los individuos dentro de la población que se encontró en el análisis discriminante. Finalmente, el patrón de coloración descrito en este trabajo para el caracol gigante africano en el Valle del Cauca podría ser el resultado de la interacción conjunta de forzantes genéticos y ambientales que estarían modulando las frecuencias de ocurrencia de patrones de bandas en cada localidad, e igualmente su variabilidad espacial (Sobrepeña y Demayo, 2014a, 2014b; Mack *et al.*, 2000; Alburquerque *et al.*, 2008; Pattarmanon, 2004; De la Rosa *et al.*, 2010).

Conclusión

El tamaño del ápice, de la apertura y la forma de la vuelta de la concha del caracol gigante africano (*Achatina fulica*) en el Valle del Cauca fueron las fuentes de variación de la forma entre las localidades de estudio, además de que se establecieron diferencias espaciales significativas en los patrones de coloración de la concha. Considerando los resultados obtenidos, probablemente el efecto de esta especie invasora sobre los hábitats urbanos del Valle del Cauca no es uniforme. Por lo tanto, la capacidad de resiliencia de los sistemas urbanos afectados por la invasión del caracol gigante africano también sería variable.

Agradecimientos

A Rodrigo Lozano, Katherine Young, Viviana Collazos, Mónica Gómez y Natalia Rivera por su apoyo durante la realización de los muestreos. Este trabajo fue cofinanciado por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) y la Universidad del Valle, a través del proyecto de investigación "Generación de Línea Base de Información sobre la Especie Invasora *Achatina fulica* en el Departamento del Valle del Cauca", Fase 2 Acuerdo 054 de 2014. A María Isabel Salazar (CVC) por sus recomendaciones durante el desarrollo del proyecto base. Angie Patiño-Montoya es estudiante del programa de maestría

en Ciencias Biología de la Universidad del Valle y recibió asistencia de docencia como estímulo académico durante la investigación.

Referencias

- Alberico, M., Saavedra, C. A. y García-Paredes, H. (2004). Criterios para el diseño e instalación de casas para murciélagos: Proyecto CPM (Cali, Valle del Cauca, Colombia). *Actualidades Biológicas*, 26, 5-11.
- Albuquerque, F. S., Peso-Aguilar, M. C. y Assuncao-Albuquerque, M. J. T. (2008). Distribution, feeding behavior y control strategies of the exotic land snail *Achatina fulica* (Gastropoda: Pulmonata) in the northeast of Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 68(4), 837-842.
- Albuquerque, F. S., Peso-Aguilar, M. C., Assuncao-Albuquerque, M. J. T. y Gálvez, L. (2009). Do climate variables and human density affect *Achatina fulica* (Bowditch) (Gastropoda: Pulmonata) Shell length, total weight and condition factor? *Brazilian Journal of Biology*, 69(3), 879-885.
- Álvarez-Lopez H., Heredia, M. D. y Hernández, M. C. (1984). Reproducción del cucarachero común (*Troglodytes aedon*, Aves Troglodytidae) en el Valle del Cauca. *Caldasia*, 14(66), 85-124.
- Avendaño, J. M. y Linares, E. (2015). Morfometría del caracol gigante africano *Achatina fulica* (Gastropoda: Achatinidae) en Colombia. *Cuadernos de investigación*, 7(2), 287-293.
- Bookstein, F. (1996). Landmark methods for forms without landmarks: morphometrics of Group differences in outline shape. *Medical Image Annals*, 1(3), 225-243.
- Davidson, A. M., Jennions, M. y Nicotra, A. B. (2011). Do invasive species show higher phenotypic plasticity than native species and, if so, is it adaptive? A meta-analysis. *Ecology letters*, 14(4), 419-431.
- De la Ossa-Lacayo, A., De la Ossa, J. y Lasso, C. A. (2012). Registro del caracol africano gigante *Achatina fulica* (Bowditch 1822) (Mollusca: Gastropoda-Achatinidae) en Sincelejo, Costa Caribe de Colombia. *Biota colombiana*, 13(2), 247-252.
- De la Rosa, V. G. D., Torres, M. A. J. y Demayo, C. G. (2010). Geometric morphometric tools in the analysis of shell shape of twelve local populations of the invasive snail *Achatina fulica* Bowditch from the Philippines Pp. 91-95. En *Environmental Engineering and Applications (ICEEA)*, 2010 International Conference.
- Flores-Campaña, L. M., Arzola-González, J. F. y de León-Herrera, R. (2012). Body size structure, biometric relationships and density of *Chiton albolineatus* (Mollusca: Polyplacophora) on the intertidal rocky zone of three islands of Mazatlan Bay, SE of the Gulf of California. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 47(2), 203-211.
- Fontanilla, I. K. C., Sta. María, I. M. P., García, J. R. M., Ghate, H., Naggs, F. y Wade, C. M. (2014). Restricted genetic variation in populations of *Achatina (Lissachatina) fulica* outside of east Africa and the Indian ocean islands points to the Indian ocean islands as the earliest known common source. *PLoS ONE*, 9(9).
- Giraldo, A., Bolívar, W. y González, A. (2014). Caracol africano en el Valle del Cauca: línea base para el Valle del Cauca (Informe técnico). Cali: Grupo de Investigación en Ecología Animal, Universidad del Valle. 30 pp.
- Gołdyn, B., Guayasamín, P. R., Sanchez, K. A. y Hepting, L. (2016). Notes on the distribution and invasion potential of *Achatina fulica* Bowditch, 1822 (Gastropoda: Pulmonata: Achatinidae) in Ecuador. *Folia Malacologica*, 24(2), 85-90.
- Gołdyn, B., Kaczmarek, L., Roszkowska, M., Guayasamín, P. R., Książkiewicz-Parulska, Z. y Cerda, H. (2017). Urban ecology of invasive giant african snail *Achatina fulica* (férussac) (gastropoda: achatinidae) on its first recorded sites in the Ecuadorian Amazon. *American Malacological Bulletin*, 35(1), 59-64.
- Liu, C. Y., Song, H. Q., Zhang, R. L., Chen, M. X., Xu, M. J., Ai, L. y Lin, R. Q. (2011). Specific detection of *Angiostrongylus cantonensis* in the snail

- Achatina fulica* using a loop-mediated isothermal amplification (LAMP) assay. *Molecular and cellular probes*, 25(4), 164-167.
- Mack, R. N., Simberloff, D., Lonsdale, W. M., Evans, H., Clout, M. y Bazzaz, F. A. (2000). Biotic invasions: Causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological Applications*, 10, 689-710.
- Okon, B., Ibom, L., Ettah, H. y Udoh, U. (2012). Comparative differentiation of morphometric traits and body weight prediction of Giant African Land Snails with four whorls in Niger Delta region of Nigeria. *Journal of Agricultural Science*, 4, 205-211.
- Parker, I. M., Rodríguez, J. y Loik, M. E. (2003). An evolutionary approach to understanding the biology of invasions: Local adaptation and general-purpose genotypes in the weed *Verbascum thapsus*. *Conservation Biology*, 17, 59-72.
- Patiño-Montoya, A. y Giraldo, A. (2017). Variación génica intrapoblacional del caracol gigante africano (*Achatina fulica*) en el Valle del Cauca. *Revista MVZ Córdoba*, 22(2), 5924-5936.
- Pattamarnon, T. (2004). Shell morphological differences and genetic variation of the giant African snail *Achatina fulica* (BOWDICH, 1822) in Thailand (Tesis doctoral). Tailandia: Suranaree University of Technology. 250 pp.
- Rangel, E. S. y Edgar, J. (2003). Analysis of Sea Level Data Sequences in Colombian Pacific and its Relationship to Climate Change. *Meteorología Colombiana*, 7, 53-66.
- Raut, S. K. y Barker, G. M. (2002). *Achatina fulica* Bowdich and other Achatinidae as pest in tropical agricultura. En Barker, G. M. (Ed.). *Mollusc as crop pest*. Pp. 55-114. Hamilton, New Zealand: CABI publishing.
- Sakai, A. K., Allendorf, F. W., Holt, J. S., Lodge, D. M., Molofsky, J., With, K. A. y McCauley, D. E. (2001). The population biology of invasive species. *Annual review of ecology and systematics*, 32(1), 305-332.
- Simão, S. y Fischer, L. (2004). Estimativa e inferências do método de controle do molusco exótico *Achatina fulica* Bowdich 1822 (Stylommatophora; Achatinidae) em Pontal do Paraná, Litoral do Estado do Paraná. *Cadernos da Biodiversidade*, 4, 74-82.
- Sobrepeña, J. M. y Demayo, C. G. (2014a). Banding pattern and shape morphology variations on shells of the invasive giant African land snail *Achatina fulica* (Bowdich 1822) from the Philippines. *Annals of Biological Research*, 5(1), 64-79.
- Sobrepeña, J. M. y Demayo, C. G. (2014b). Outline-based geometric morphometric analysis of Shell shapes in geographically isolated populations of *Achatina fulica* from the Philippines. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 2(4), 237-243.
- Tomiyama, K. (1992). Homing behaviour of the giant African snail *Achatina fulica* (Ferussac) (Gastropoda; Pulmonata). *Journal of Ethology*, 10: 139-147.
- Toro, M. V., Manriquez, G. y Suazo, I. (2010). Morfometría geométrica y el estudio de las formas biológicas: de la morfología descriptiva a la morfología cuantitativa. *International Journal of Morphology*, 28(4), 977-990.
- Venables, W. N. y Ripley, B. D. (2002). *Modern Applied Statistics with S*. Fourth Edition. New York: Springer.
- Williamson, M. (1996). *Biological invasions*. Vol 15. Reino Unido: Springer Science & Business Media. 100 pp.

Angie Patiño-Montoya
Universidad del Valle,
Facultad de Ciencias
angie.patino@correounivalle.edu.co

Oscar Murillo
Universidad del Valle,
Facultad de Ciencias
ecología.animal@correounivalle.edu.co

Alan Giraldo
Universidad del Valle,
Facultad de Ciencias
alan.giraldo@correounivalle.edu.co

Variación morfológica poblacional de una especie invasora: el caracol gigante africano, *Achatina fulica* (Bowdich, 1822) (Mollusca: Gastropoda-Achatinidae) en el departamento del Valle del Cauca, Colombia

Citación del artículo: Patiño-Montoya, A., Murillo, O. y Giraldo, A. (2018). Variación morfológica poblacional de una especie invasora: el caracol gigante africano, *Achatina fulica* (Bowdich, 1822) (Mollusca: Gastropoda-Achatinidae) en el departamento del Valle del Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*, 19(1), 112-122. DOI: 10.21068/2018v19n01a07.

Recibido: 31 de agosto de 2017

Aprobado: 6 de marzo de 2018

Lista de especies de peces en estadio larval en Bahía Portete (alta Guajira), Caribe colombiano

Checklist of larval fish species in Bahía Portete (Alta Guajira), Colombian Caribbean

Juan J. Gallego, Andrés Cuellar y Alan Giraldo

Resumen

El conocimiento biológico de una región, además de tener gran importancia ecológica, es esencial para la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. En este estudio se presenta el listado taxonómico de las larvas de peces capturadas en aguas superficiales (1-10 m) de Bahía Portete, Guajira, Colombia durante 2 campañas oceanográficas realizadas en julio y noviembre de 2015. Se capturaron e identificaron un total de 2763 larvas de peces, pertenecientes a 37 familias y 66 especies. Durante julio, las especies con mayor frecuencia de captura fueron *Anisotremus virginicus*, *Stegastes* sp y *Labrisomus* sp; mientras que durante noviembre fueron *Anchoa spinifer*, *Caranx* sp.1 y *Anisotremus virginicus*. Estos resultados fortalecen las iniciativas de manejo integrado de los recursos naturales asociados a la zona costera de la alta Guajira e incrementan el conocimiento sobre la diversidad biológica marina del Parque Nacional Natural Portete-Kaurele y del Caribe colombiano.

Palabras clave. Colombia. Conservación. Diversidad. Ictioplancton. Parque Nacional Natural Portete-Kaurele.

Abstract

Knowledge about the biological diversity of a region, in addition to its ecological importance, is essential for the conservation and sustainable use of natural resources. In this paper, we present a taxonomic list of fish larvae collected in surface waters (1-10 m) of Bahia Portete, Guajira, Colombia during 2 oceanographic campaigns in July and November 2015. A total of 2763 fish larvae were captured, belonging to 37 families and 66 species. During July, the species with higher frequency of captures were *Anisotremus virginicus*, *Stegaste* sp and *Labrisomus* sp; whereas during November the most frequent species were *Anchoa spinifer*, *Caranx* sp.1 and *Anisotremus virginicus*. These results strengthen initiatives of integrated management of natural resources in the coastal zone of the high Guajira and increase existing knowledge about marine biological diversity of the Natural National Park Portete-Kaurele and the Colombian Caribbean.

Keywords. Colombia. Conservation. Diversity. Ichthyoplankton. National Natural Park Portete-Kaurele.

Introducción

El conocimiento detallado de los grupos taxonómicos de una región, además de tener importancia ecológica, es esencial para la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos biológicos. En el caso de los peces, es de particular utilidad para determinar la oferta del recurso pesquero, evaluar la calidad ambiental y fortalecer acciones de manejo y conservación (Siqueiros-Beltrones y de la Cruz-Agüero, 2004; Aburto-Oropeza *et al.*, 2011; Jupiter, *et al.* 2014). Particularmente, para el adecuado manejo del recurso íctico se hace necesario generar información científica pertinente que permita no solo conocer cómo responde el recurso en su estado adulto, sino la composición taxonómica, abundancia y variación espaciotemporal de los estadios iniciales de desarrollo, de tal manera que se pueda establecer de forma integral la dinámica poblacional de las especies de interés comercial o artesanal (Anderson *et al.*, 2008; Hinrichsen *et al.*, 2011; Zhou *et al.*, 2011; Kough *et al.*, 2013).

El ictioplancton está conformado por los huevos, larvas, postlarvas y en algunos casos juveniles de peces. Esto constituye un elemento primordial para comprender la biología, ecología y patrones de distribución de las especies de peces en su estado adulto, además de ser un elemento esencial en los procesos de flujo de energía y estabilidad de los ecosistemas acuáticos (Köster *et al.*, 2001; Frederiksen *et al.*, 2006; Montagnes *et al.*, 2010; Zhou *et al.*, 2011).

En su mayoría, los peces teleósteos liberan huevos flotantes o demersales que eclosionan en larvas vitelinas, transformándose en libres nadadores que se alimentan de pequeños organismos planctónicos (Chambers y Trippel, 1997; Kunz-Ramsay, 2004; Rodríguez *et al.*, 2015). Todos estos estados de desarrollo se encuentran en la columna de agua principalmente sobre 200 m y son susceptibles de ser capturados por redes de plancton (Richards, 2006).

La información sobre el ictioplancton en el Caribe colombiano se remonta a los años 70, con

el trabajo de Mercado (1970), quien realizó la descripción taxonómica de las larvas del sábalo (*Megalops atlanticus*) especie de importancia comercial, y Avila de Tabares (1978) quien realizó la descripción taxonómica del ictioplancton asociado a la ciénaga Grande de Santa Marta entre enero de 1970 y mayo de 1972. Posteriormente, el programa INPAVecep (1994 a 1999) generó la mayor cantidad de información científica del ictioplancton de la región (Manjarrés *et al.*, 1994, 1997, 1998a, 1998b, 1998c; INPA, 1999; Vergara *et al.*, 1999; Vergara y Arteaga, 1999), debido a que su propósito fundamental fue evaluar los recursos pesqueros presentes en la plataforma externa y el talud superior a lo largo del Caribe colombiano hasta la isóbata de 200 m.

Aunque se han realizado otros estudios sobre ictioplancton en el Caribe colombiano (Escobar y Manjarrés, 1987; Rodríguez, 1996; Vergara, 1997; Medellín-Mora *et al.*, 2013), la información disponible sobre estas fases de desarrollo de la fauna íctica en ambientes costeros de la zona norte del Caribe colombiano es escasa y más aún hacia el sector de la alta Guajira. En el presente trabajo se realizó la identificación taxonómica de las larvas de peces capturadas en Bahía Portete durante dos campañas de monitoreo oceanográfico, con el propósito de consolidar la lista de especies de peces que utilizan esta localidad como un sitio activo de su proceso reproductivo, generando así información que incrementa el conocimiento de la diversidad del componente íctico en esta área natural protegida de la región norte del Caribe colombiano.

Materiales y métodos

Bahía Portete se encuentra al norte del departamento de La Guajira, Caribe continental colombiano, entre el cabo de la Vela y Punta Gallinas, a los 12°12'56" N -71°54'40"O (Figura 1). Abarca una superficie aproximada de 125 km², con 13 km de diámetro y se comunica con mar abierto a través de una boca de 2,1 km de ancho;

presenta altos valores de salinidad (34-37 ups), temperatura (25-30 °C) y turbidez en la columna de agua (1-4 m) y una concentración de oxígeno de 5-8 mg l⁻¹. Las condiciones climáticas locales están moduladas por el efecto de los vientos alisios del NE (Andrade, 1993; Solano, 1994).

Es una bahía somera, con un rango de profundidad entre 3 m y 20 m, en donde se encuentran praderas de pastos marinos y bosques de manglar bordeando el margen sureste, y formaciones coralinas sobre los costados sur y occidental (Solano, 1994; INVEMAR, 2004; Gutiérrez-Moreno *et al.*, 2008). En diciembre de 2014 esta área fue declarada Parque Nacional Natural por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República de Colombia, teniendo como uno de los objetivos de conservación del área el “contribuir con la generación de servicios ecosistémicos que brindan los ecosistemas marítimos y costeros y sus especies asociadas, favoreciendo la productividad pesquera de la alta Guajira a través de la protección de espacios de incubación y crianza de juveniles de especies hidrobiológicas” (MADS, 2014).

Para obtener el listado taxonómico de las larvas de peces presentes en Bahía Portete se analizaron 84 muestras de zooplancton obtenidas durante dos campañas oceanográficas establecidas con base en los reportes locales disponibles de precipitación y vientos (Andrade, 1993; Guzmán-Alvis, *et al.*, 2006). La primera fue realizada en el mes de julio de 2015, momento que se caracteriza por una mayor influencia de los vientos alisios y menor precipitación promedio, y la segunda en noviembre de 2015, periodo inmediatamente posterior al momento de máxima precipitación reportada para esta localidad (Andrade, 1993; Guzmán-Alvis *et al.*, 2006).

Las pescas de zooplancton se realizaron en 21 estaciones de muestreo distribuidas en toda la bahía, con el propósito de cubrir los hábitats submareales y litorales descritos para esta localidad, utilizando una red bongo de 30 cm de boca, equipada con una malla 300 µm y una malla de 500 µm de poro, mediante arrastres circulares superficiales diurnos (1-10 m), con duración de 10 minutos. Se utilizó un flujómetro Hydrobios®

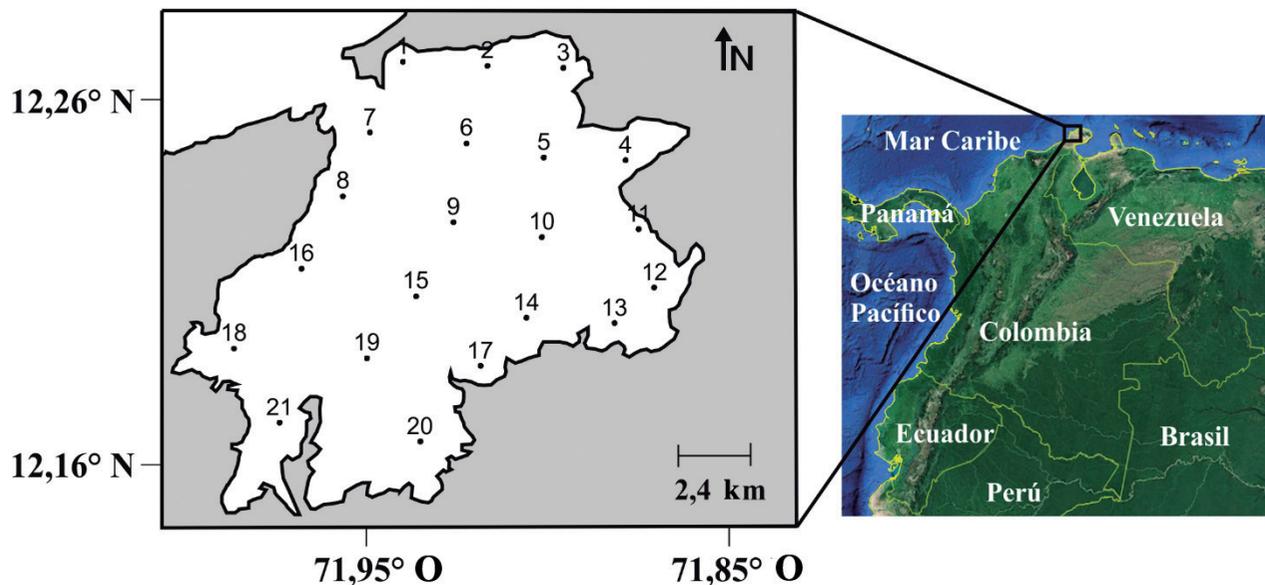


Figura 1. Ubicación de Bahía Portete en la alta Guajira, Caribe norte colombiano, indicando la ubicación de las 21 estaciones de muestreo durante dos campañas oceanográficas en julio y noviembre de 2015. Imagen fuente Digital Word® - Google Earth Pro®. Fecha: 31 marzo 2012, Altura: 20 km, imagen centrada a 12° 12' 56" N -71°.

adosado a cada boca de la red para cuantificar el volumen de agua filtrada y estandarizar la abundancia por unidad de volumen de agua filtrada con el propósito de estimar la abundancia relativa de cada especie identificada.

Las muestras de zooplancton fueron fijadas en una solución de formalina-agua de mar a una concentración final de 4 %, y transportadas al laboratorio de Ecología Animal de la Universidad del Valle. En el laboratorio se revisó la totalidad de cada una de las muestras recolectadas y se separaron, contaron e identificaron hasta el menor nivel taxonómico posible todas las larvas de peces. Se utilizaron las guías de Beltrán y Herrera (2000) y Richards (2006) para realizar la identificación taxonómica. El material identificado fue depositado en la colección de referencia de Biología Marina de la Universidad del Valle (UNIVALLE: CIR-LV-UV: 0150001 & 0150533).

Resultados

Se capturaron 2763 larvas de peces, pertenecientes a 37 familias y 66 especies (Anexo 1), de las cuales 1685 fueron capturadas en el mes de noviembre y 1078 en el mes de julio. En todas las estaciones de muestreo se encontraron larvas de peces, durante ambos periodos de muestreo. Durante julio, las familias con mayor frecuencia de captura fueron Haemulidae (95 %), Carangidae (76 %) y Pomacentridae (95 %), mientras que durante noviembre fueron Carangidae (100 %), Haemulidae (90 %) y Blenniidae (76 %). Las especies con mayor frecuencia de captura durante julio fueron *Anisotremus virginicus* (Linnaeus, 1758), *Stegastes* sp. y *Labrisomus* sp.; y durante noviembre fueron *Anchoa spinifer* (Valenciennes, 1848), *Caranx* sp.1 y *A. virginicus* (Linnaeus, 1758) (Anexo 1).

Considerando ambos periodos de muestreo, las familias más abundantes fueron Haemulidae (24 %), seguida de Pomacentridae (17 %) y Labrisomidae (12 %), siendo las especies más abundantes *A. virginicus* (21 %) y *Stegastes* sp.

(17 %) (Anexo 1). De las 66 especies identificadas, el 38 % correspondió a especies de interés para las actividades pesqueras, destacando por su abundancia *Anisotremus virginicus* (21 %) (Figura 2). La familia con mayor riqueza fue Carangidae, con un total de 10 especies identificadas, seguida por las familias Haemulidae y Blenniidae, con 4 especies cada una. Además, es importante destacar que el mayor número de especies se registró en el mes de noviembre con 57 especies, mientras que durante julio solo se registraron 37. Las especies de mayor interés comercial fueron *Bairdiella ronchus* (Cuvier, 1830), *Balistes caprisus* (Gmelin, 1789), *Trachurus lathami* (Nichols, 1920), *Trichiurus lepturus* (Linnaeus, 1758), *Opisthonema oglinum* (Lesueur, 1818), *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879) y *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) (Figura 2).

Discusión

Los resultados del presente estudio son similares a los reportados en otros ecosistemas marinos y estuarios someros: densidades larvales relativamente bajas, una predominancia de larvas pequeñas y una baja diversidad (Houde y Foodal, 1984; Ditty, 1986; Powell *et al.*, 1989; Vásquez-Yeomans y Richards, 1999). Estudios previos en la zona costera norte del Caribe colombiano reportaron que las familias de larvas de peces más abundantes son Gobiidae, Carangidae, Sciaenidae y Synodontidae, siendo las especies con mayor porcentaje de aparición *Eucinostomus* sp., *Lutjanus synagris* y *Upeneus parvus* (Manjarrés *et al.*, 2005a, b). Estos autores realizaron el trabajo de identificación considerando las larvas capturadas con un ojo de malla de 500 μ m. A diferencia de estos trabajos previos, la descripción de la composición de larvas de peces presentes en Bahía Portete se realizó a partir del análisis de las capturas realizadas con malla de 300 y 500 μ m, lo que incrementó de manera sustancial la probabilidad de captura de larvas de un mayor número de familias como lo sugieren Jhon y Vernie (1996), Morse (1989) y Jennings (1991), estando dominado el

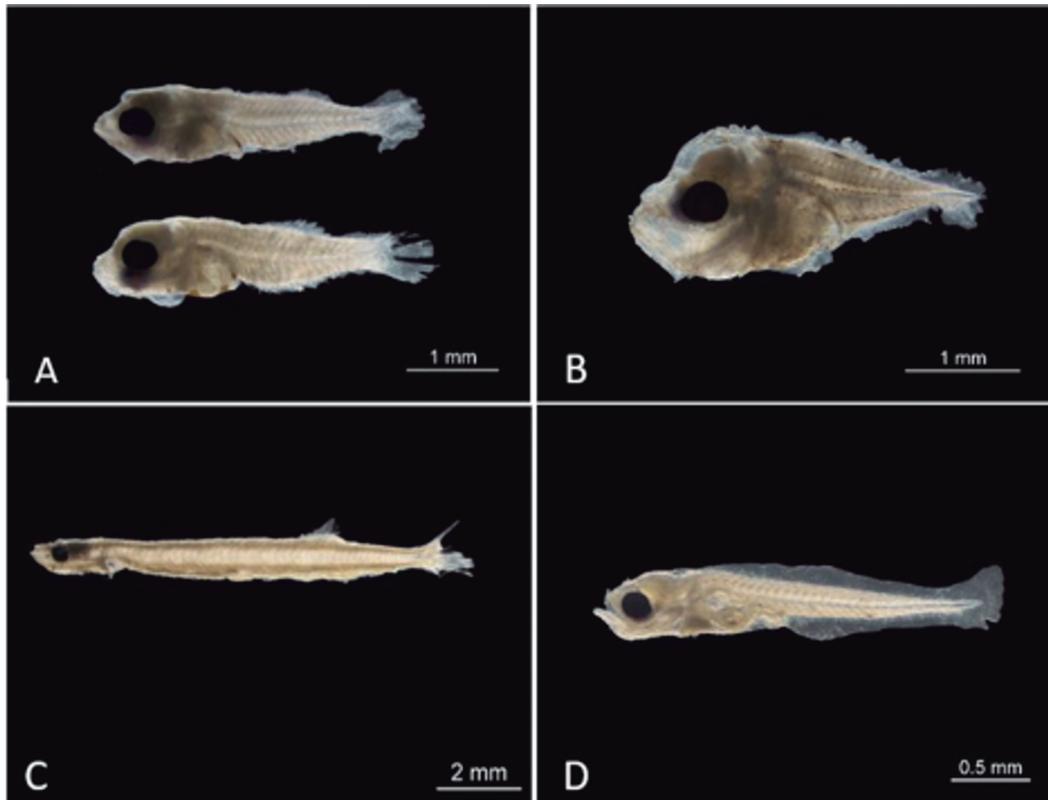


Figura 2. Larvas de peces de especies comerciales más abundantes. A) *Anisotremus virginicus*, B) *Caranx* sp. 1, C) *Sardinella aurita*, D) *Trichiurus lepturus*.

ictioplancton de esta localidad por cinco familias de peces (Haemulidae, Carangidae, Engraulidae, Labrisomidae y Pomacentridae), que juntas representaron el 72 % del total de las larvas de peces identificadas.

Los peces demersales y pelágicos representan un importante recurso económico para las pesquerías artesanales del Caribe colombiano, lo que significa que son principales objetivos de captura (Correa y Manjarrés, 2004; Paramo *et al.*, 2009; García, 2010). Entre estas especies se destacan los pargos (lutjánidos), las corvinas (Sciaenidae), los coroncoros o roncadores (haemúlidos) y los cachicachis (Sparidae) (Correa y Manjarrés, 2004; Vilorio-Maestre *et al.*, 2016). Sin embargo, en las últimas décadas se ha presentado una reducción significativa en la captura total reportada para esta región, llevando a esta actividad económica hacia niveles de subsistencia (García, 2010; Parraga *et*

al., 2010). Por tal motivo, han sido incorporadas nuevas especies como objeto de pesca artesanal, como es el caso de *Trichiurus lepturus*; especie que hasta hace algunos años era un acompañante de la pesca de pargos y roncacos, siendo ahora uno de los peces de interés en la pesca artesanal del Caribe colombiano (Gómez, 2009; SIPA, 2010). En el presente estudio, no solo se registraron larvas de *T. lepturus* en Bahía Portete, sino de varias especies que son de interés para la pesca artesanal del Caribe colombiano, lo que pone de manifiesto la importancia de esta localidad como lugar de crianza para el recurso pesquero artesanal de la alta Guajira (Paramo *et al.*, 2009; García, 2010).

Teniendo en cuenta la riqueza de especies que han sido reportadas en las aguas adyacentes al Caribe colombiano, así como el mayor esfuerzo de muestreo en ciertas áreas de la costa y el énfasis hacia grupos de importancia comercial,

el conocimiento disponible sobre la composición del ictioplancton en el mar Caribe colombiano puede aún ser considerado como bajo (Medellín *et al.*, 2013). Recientemente, Miloslavich *et al.* (2010) estimaron que el número de especies de peces que habitan en todo el mar Caribe es de 1336, de los cuales, de acuerdo con Polanco *et al.* (2010), el 82,3 % se encuentran presentes en el Caribe colombiano. Lamentablemente, solamente se tiene información disponible de los estadios larvales del 8,7 % de las especies conocidas en estado adulto que habitan en esta región del Caribe (Polanco *et al.*, 2010).

Una forma de incrementar el conocimiento acerca de los estados larvales de los peces presentes en una localidad es por medio de la consolidación de listados taxonómicos como el que se presenta en este trabajo. Este tipo de esfuerzo no solo incrementa la información general sobre una de las fases de desarrollo críticas para el componente íctico de una región, sino que también proporciona información relevante que puede ser utilizada en el marco de las acciones direccionadas a valorar y conservar la biodiversidad marina local (Warner *et al.*, 2000). Además, uno de los insumos de conocimiento requeridos para comenzar a entender los patrones de distribución espacial, la variación temporal de la abundancia y las relaciones ecológicas con el hábitat disponible de los peces adultos, es conocer la identidad taxonómica de sus larvas y establecer como estas varían espacial y temporalmente (Hermes-Silva *et al.*, 2009, Costa *et al.*, 2015). Por lo tanto, los resultados obtenidos en la presente investigación son de particular importancia para fortalecer en el corto plazo las acciones de manejo de los recursos naturales asociados a la zona costera de la alta Guajira, incrementando simultáneamente el conocimiento sobre la diversidad biológica del recientemente declarado Parque Nacional Natural Portete-Kaurele.

Agradecimientos

Isabell Calle, Marisol Rivera y Mauricio Jerez por el apoyo durante las campañas de muestreo

oceanográfico. A Gerardo Aceves Medina del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN), La Paz, Baja California Sur, México, por confirmar la identidad taxonómica de las larvas de peces. A María Claudia Díaz-Granados, coordinadora del programa marino de Conservación Internacional Colombia, por su apoyo incondicional en la gestión administrativa y logística requerida para el desarrollo de esta investigación. Este trabajo fue financiado parcialmente por el grupo de investigación en Ciencias Oceanográficas de la Universidad del Valle, el programa marino de Conservación Internacional Colombiana y Cerrejón Puerto Bolívar en el marco del Convenio Acuerdos de Pesca 2015. Las pescas de zooplancton en el PNN Portete-Kaurele estuvieron amparados por el permiso individual de recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de investigación científica no comercial -PIDB DTCA No. 024-15, Resolución 183 de 24 de noviembre de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Parques Nacionales Naturales de Colombia.

Referencias

- Aburto-Oropeza, O., Erisman, B., Galland, G. R., Mascareñas-Osorio, I., Sala, E. y Ezcurra, E. (2011). Large recovery of fish biomass in a no-take marine reserve. *PLoS ONE*, 6(8), e23601. Doi: 10.1371/journal.
- Andrade, C. A. (1993). Análisis de la velocidad del viento sobre el Mar Caribe (Analysis of the surface-wind speed over the Caribbean Sea). *Bol. Cient. CIOH*, 13, 33-44.
- Anderson, C. N. K., Hsieh, C., Sandin, S. A., Hewitt, R., Hollowed, A., Beddington, J., May, R. M. y Sugihara, G. (2008). Why fishing magnifies fluctuations in fish abundance. *Nature*, 452, 835-839.
- Avila de Tabarés, G. (1978). Ictioplancton de la ciénaga Grande de Santa Marta; enero 1970-mayo 1972. *INDERENA-Divulgación Pesquera* 12(1).

- Beltrán, S. y Herrera, R. (2000). *Estadios tempranos de peces del Pacífico Colombiano*. 727 pp. Buenaventura, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA).
- Chambers, R. C. y Trippel, E. (Eds.). (1997). *Early life history and recruitment in fish populations*. 595 pp. Londres, UK: Chapman & Hall.
- Correa, F. y Manjarrés, L. (2004). Inventario y caracterización general de las unidades económicas de pescas artesanales de La Guajira, Caribe colombiano. Pp. 77-93. En L. Manjarrés. *Pesquerías demersales del área norte del Caribe colombiano y parámetros ecológicos, biológicos pesqueros y poblacionales del recurso pargo*. Santa Marta, Colombia: Universidad del Magdalena.
- Correa, F. y Manjarrés, L. (2004). *Recursos pesqueros demersales explotados por las pesquerías artesanales marítimas de La Guajira, Caribe colombiano*. Pp. 77-92.
- Costa, M. D., Possingham, H. P. y Muelbert, J. H. (2015). Incorporating early life stages of fishes into estuarine spatial conservation planning. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 26(6), 1013-1030.
- Ditty, J. G. (1986). Ichthyoplankton in neritic waters of the northern Gulf of Mexico off Louisiana: composition, relative abundance, and seasonality. *Fishery Bulletin*. U.S., 84, 935-946.
- Escobar, A. y Manjarrés, G. (1987). Consideraciones generales sobre el ictioplancton de la región de La Guajira, Colombia. *Revista Ingeniería Pesquera*, 7(1-2), 8-29.
- Frederiksen, M., Edwards M., Richardson A. J., Halliday, N. C. y Wanless, S. (2006). From plankton to top predators: bottom-up control of a marine food web across four trophic levels. *Journal of Animal Ecology*, 75(6), 1259-1268.
- Froese, R. y Pauly, D. (Eds.). (2017). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, versión (10/2017).
- 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.
- Gómez, S. (2009). *Biología reproductiva, captura por unidad de esfuerzo y estacionalidad de Trichurus lepturus (Linnaeus, 1758) (Trichiuridae: Teleostei) en la Bahía de Gaira, Caribe de Colombia* (Trabajo de grado) (76 pp). Bogotá D. C.: Universidad Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Ciencias Naturales, Departamento de Biología Marina.
- Gutiérrez-Moreno, C., Alonso, D. y Segura-Quintero, C. (2008). Diseño de un área marina protegida para Bahía Portete-La Guajira, Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR*, 37(2), 189-212.
- Guzmán-Alvis, A. I., Lattig, P. y Ruiz, J. A. (2006). Spatial and temporal characterization of soft bottom polychaetes in a shallow tropical bay (Colombian Caribbean). *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR*, 35(1), 19-36.
- Hermes-Silva, S., Reynalte-Tataje, D. A. y Zaniboni-Filho, E. (2009). Spatial and Temporal Distribution of Ichthyoplankton in the Upper Uruguay River, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 52, 933-944.
- Hinrichsen, H. H., Dickey-Collas, M., Huret, M., Peck, M. A. y Vikebø, F. B. (2011). Evaluating the suitability of coupled biophysical models for fishery management. *ICES Journal of Marine Science*, 68(7), 1478-1487.
- Houde, E. D. y Lovdal, J. D. A. (1984). Seasonality of occurrence foods and food preferences of ichthyoplankton in Biscayne Bay, Florida. *Estuarine Coastal Shelf Science*, 18, 403-419.
- INPA. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. (1999). *Boletín estadístico pesquero 1997-1998*, INPA. 118 pp. Bogotá D. C.
- INVEMAR. (2004). *Monitoreo de ecosistemas Representativos de Bahía Portete*. 137 pp. Informe final. Santa Marta: INVEMAR.
- Jennings, S. (1991). The effects of capture, net retention and preservation upon lengths of larval and juvenile bass, *Dicentrarchus labrax* (L.). *Journal of Fish Biology*, 38(3), 349-357.
- John, A. y Vernie, J. (1966). The relationship between size of net used and estimates of zooplankton

- diversity. *Limnology and Oceanography*, 11(4), 456-469.
- Jupiter, S. D., Cohen, P. J., Weeks R., Tawake, A. y Govan, H. (2014). Locally-managed marine areas: multiple objectives and diverse strategies. *Pacific Conservation Biology*, 20(2), 165-179.
- Köster, F. W., Hinrichsen, H., John, M. A., Schnack, D., MacKenzie, B. R., Tomkiewicz, J. y Plikshs, M. (2001). Developing Baltic cod recruitment models. II. Incorporation of environmental variability and species interaction. *Canadian Journal Fish Aquatic Science*, 58(8), 1534-1556.
- Kough, A. S., Paris, C. B. y Butler, IV M. J. (2013). Larval connectivity and the international management of fisheries. *PLoS ONE*, 8(6), e64970. doi: 10.1371/journal.pone.0064970
- Kunz-Ramsay, Y. (2004). *Developmental biology of teleost fishes* (637 pp). Springer Netherlands
- MADS. (2014). Resolución 2096 de 19 de diciembre de 2014. Por medio de la cual se declara, reserva, delimita y alindera el Parque Nacional Natural Bahía Portete-Kaurele. Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 30 pp.
- Manjarrés, L. (Ed). (2004). *Pesquerías demersales del área norte del Mar Caribe de Colombia y parámetros biológico-pesqueros y poblacionales del recurso pargo*. Santa Marta.
- Manjarrés, L., Vergara, A., Torres, J., Rodríguez, G., Arteaga, E., Viaña, J., Arévalo, J. y Galvis R. (2005a). *Evaluación de peces demersales e ictioplancton en el mar caribe de Colombia, incluyendo condiciones oceanográficas*. Parte I: Crucero INPA-VECEP/UE/DEMÉR/9507 (51 pp). Santa Marta.
- Manjarrés, L., Rodríguez, G., Torres, J., Vergara, A., Arteaga, E., Arévalo, J., Galvis, R., Rodríguez, D. y Viana, J. (2005b). *Evaluación de peces demersales e ictioplancton en el mar caribe de Colombia, incluyendo condiciones oceanográficas* (87 pp). Parte II: Crucero INPA-VECEP/UE/DEMÉR/9507. Santa Marta.
- Manjarrés, L., Torres, J., Vergara, A., Rodríguez, G., Viaña, J. y Correa, J. (1994). *Crucero de evaluación de recursos demersales en el Caribe colombiano* (52 pp). VECEP/DEMÉR/9401. Informe final. Santa Marta: INPA.
- Manjarrés, L., Torres, J., Rodríguez, G., Vergara, A., Arteaga, E., Viaña, J., Arévalo, J., Galvis, R., Rodríguez, J., Amaya, F., García, D., Páramo, J. y León, G. (1997). *Crucero de evaluación de peces pelágicos pequeños en el Caribe colombiano* (34 pp). Informe final. Santa Marta: Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA).
- Manjarrés, L., Torres, J., Rodríguez, G., Vergara, A., Arteaga, E., Viaña, J., Arévalo, J., Galvis, R., Rodríguez, J., Amaya, F., García, D., Páramo, J. y León, G. (1998a). *Crucero de evaluación de peces pelágicos pequeños en el Caribe colombiano* (47 pp). Informe final. Santa Marta: Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA).
- Manjarrés, L., Torres, J., Rodríguez, G., Vergara, A., Arteaga, E., Viaña, J., Arévalo, J., Galvis, R., Rodríguez, J., Amaya, F., García, D., Páramo, J. y León, G. (1998b). *Campaña de evaluación de peces pelágicos pequeños en el Caribe colombiano. Informe final* (57 pp). Santa Marta: Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA).
- Manjarrés, L., Torres, J., Rodríguez, G., Vergara, A., Arteaga, E., Viaña, J., Arévalo, J., Galvis, R., Rodríguez, J., Amaya, F., García, D., Páramo, J. y León, G. (1998c). *Campaña de evaluación de peces pelágicos pequeños en el Caribe colombiano*. (58 pp). Informe final. Santa Marta: Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA).
- Medellín-Mora, J., Polanco, A. y Navas, G. (2013). Inventario de larvas de peces registradas para el Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 42(2), 233-253.
- Mercado, J. (1970). *Notas sobre los estados larvales del sábalo, Megalops atlanticus, con comentarios sobre su importancia comercial y deportiva* (Trabajo de grado) (32 pp). Cartagena, Colombia: Universidad Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología Marina.
- Miloslavich, P., Díaz, J. M., Klein, E., Alvarado, J. J., Díaz, C., Gobin, J., Escobar-Briones, E., Cruz-Motta, J. J., Weil, E., Cortés, J., Bastidas,

- A. C., Robertson, R., Zapata, F., Martín, A., Castillo, J., Kazandjian, A. y Ortiz, M. (2010). Marine biodiversity in the Caribbean: Regional estimates and distribution patterns. *PLoS ONE*, 5(8), 1-25.
- Montagnes, D. J., Dower, J. F. y Figueiredo, G. M. (2010). The protozooplankton-ichthyoplankton trophic link: an overlooked aspect of aquatic food webs. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 57(3), 223-228.
- Morse, W. W. (1989). Catchability, growth, and mortality of larval fishes. *Fishery Bulletin*, 87(3), 417-446.
- Polanco, F., Acero, A. y Garrido, M. (2010). Aportes a la biodiversidad íctica del Caribe colombiano (316-353 pp). En Navas, G. R., Segura-Quintero C., Garrido-Linares M., Benavides-Serrato M. y Alonso D. (Eds.). *Biodiversidad del margen continental del Caribe colombiano* (458 pp). Santa Marta: Serie de publicaciones especiales No. 20, INVEMAR.
- Paramo, J., Guillot-Illidge, L., Benavides, S., Rodríguez, A., y Sánchez-Ramírez, C. (2009). Aspectos poblacionales y ecológicos de peces demersales de la zona norte del Caribe colombiano en relación con el hábitat: una herramienta para identificar Áreas Marinas Protegidas (AMPs) para el manejo pesquero. *Caldasia*, 31(1), 123-144.
- Párraga, D. P., Cubillos, L. A. y Correa-Ramírez, M. A. (2010). Variaciones espacio-temporales de la captura por unidad de esfuerzo en la pesquería artesanal costera del pargo rayado *Lutjanus synagris*, en el Caribe colombiano y su relación con variables ambientales. *Revista de biología marina y oceanografía*, 45(1), 77-88.
- Powell, A. B., Hoss, D. E., Hettler, W. F., Peters, D. S. y Wagner, S. (1989). Abundance and distribution of ichthyoplankton in Florida Bay and adjacent waters. *Bulletin of Marine Science*, 44, 35-48.
- Richards, W. (2006). *Early stages of Atlantic fishes: an identification guide for the Western Central North Atlantic* (2640 pp). Vol. 1. Boca Ratón, EE. UU: Taylor y Francis Group, CRC Press.
- Rodríguez, A., Rueda, M. y Escobar, F. (2015). Evaluación directa de las poblaciones de peces grandes pelágicos del Pacífico y Caribe continental de Colombia (120 pp). Santa Marta, Colombia: INVEMAR y AUNAP. Serie Recursos Pesqueros de Colombia- AUNAP 2015.
- Rodríguez, J. (1996). Abundancia y distribución de larvas de peces demersales en el área suroccidental del Caribe colombiano (Trabajo de grado) (110 pp). Santa Marta: Universidad Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología Marina.
- SIPA. (2010). El Sable (*Trichiurus lepturus*) en la pesca artesanal. Sistema de información de pesca y acuicultura. *Boletín mensual*, (49).
- Siqueiros-Beltrones, D. A. y de la Cruz-Agüero, J. (2004). Examen filosófico de las listas sistemáticas como informes científicos y porqué deben ser publicados. *Oceánides*, 19, 1-9.
- Solano, O. (1994). Corales, formaciones arrecifales y blanqueamiento de 1987 en Bahía Portete (La Guajira, Colombia). *Anales de Instituto de Investigaciones Marinas de Punta Betín*, 23, 149-163.
- Vásquez-Yeomans, L. y Richards, W. J. (1999). Variación estacional del ictioplancton de la Bahía de la Ascensión, Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an (1990-1994). *Revista de Biología Tropical*, 47, 201-212.
- Vergara, A. (1997). *Distribución, abundancia y diversidad de larvas de peces demersales comerciales en la zona nerítica frente al departamento de La Guajira, Caribe colombiano* (Trabajo de grado) (171 pp). Universidad Nacional de Colombia, Santa Marta.
- Vergara, A., y Arteaga, E. (1999). Abundancia y distribución de larvas de peces de las familias Carangidae, Clupeidae y Engraulidae en el nororiente del litoral Caribe colombiano. *INPA Boletín Científico Suplemento*, 6, 83-95.
- Vergara, A., Arteaga, E. y Rodríguez, J. (1999). Composición abundancia y distribución del ictioplancton del Caribe colombiano. *INPA Boletín Científico Suplemento*, 6, 77-83.

Viloria-Maestre E., Santos-Acevedo M., Chávez S., Romero J. A. (2016). *Pesquería artesanal del margen costero entre Los Cocos (Magdalena) y Punta Gallinas (La Guajira), Caribe colombiano*. Santa Marta: Serie de Publicaciones Generales del Invemar. No. 92, 66 pp.

Warner, R. R., Swearer, S. E. y Caselle, J. E. (2000). Larval accumulation and retention: implications

for the design of marine reserves and essential habitat. *Bulletin of Marine Science*, 66(3), 821-830.

Zhou, M., Lin Y., Yang S., Cao W. y Zheng L. (2011). Composition and ecological distribution of ichthyoplankton in eastern Beibu Gulf. *Acta Oceanológica Sinica*, 30(1), 94-105.

Anexo 1. Lista taxonómica del ictioplancton capturado en Bahía Portete durante julio y noviembre de 2015. Disponible en línea: <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota/rt/suppFiles/559/0>

Juan José Gallego

Universidad del Valle,
Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento
de Biología, Grupo de investigación en Ciencias
Oceanográficas
Cali, Colombia
juan.j.gallego@correounivalle.edu.co

Andrés Cuellar

Universidad del Valle,
Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento
de Biología, Grupo de investigación en Ciencias
Oceanográficas
Cali, Colombia
andres.cuellar@correounivalle.edu.co

Alan Giraldo

Universidad del Valle,
Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento
de Biología, Grupo de investigación en Ciencias
Oceanográficas
Cali, Colombia
alan.giraldo@correounivalle.edu.co

Lista de especies de peces en estadio larval en Bahía Portete (alta Guajira), Caribe colombiano

Citación del artículo: Gallego, J. J., Cuellar, A. y Giraldo, A. (2018). Lista de especies de peces en estadio larval en Bahía Portete (alta Guajira), Caribe colombiano. *Biota Colombiana*, 19(1), 123-132. DOI: 10.21068/c2018.v19n01a08.

Recibido: 13 de marzo de 2017

Aprobado: 27 de marzo de 2018

Parámetros poblacionales de la rana dorada, *Phyllobates terribilis* (Myers *et al.*, 1978) (Dendrobatidae), en una localidad de Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia

Population parameters of the Golden Poison Frog, *Phyllobates terribilis* (Myers *et al.*, 1978) (Dendrobatidae), in a location of Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia

Stefhania Alzate-Lozano, Rodrigo Lozano-Osorio y Carlos Galvis

Resumen

El objetivo de este estudio fue estimar el tamaño, densidad, probabilidad de supervivencia (ϕ), de detección (p), y describir las condiciones del hábitat de una población de la rana dorada (*Phyllobates terribilis*, Dendrobatidae) en bajos del río Naya, Buenaventura, Colombia. Se muestrearon 3 parcelas con área de 1000 m² cada una en enero del 2015. Los datos obtenidos se analizaron con el modelo Jolly-Seber, usando la parametrización de POPAN. El tamaño poblacional fue $32,5 \pm 4,3$ ind. y la densidad 0,011 ind/m². Las probabilidades de ϕ ($0,74 \pm 0,08$) y p ($0,56 \pm 0,13$) fueron constantes en todas las parcelas. La probabilidad de supervivencia y detección poblacional fueron altos en este lugar y periodo de estudio. La densidad y el tamaño poblacional calculados pueden tener mayor relación con la disponibilidad de recursos o con condiciones microclimáticas y no con la modificación del hábitat, debido a que esta población presenta niveles de tolerancia a ambientes con algún grado de modificación. Las altas probabilidades de ϕ y p , pueden estar asociadas con la duración del muestreo, hábitos territoriales, fidelidad de hábitat, baja depredación, aposematismo y tamaño corporal. Esta información será útil para planear medidas de conservación de esta especie endémica de Colombia.

Palabras clave. Captura-Recaptura. Densidad. Hábitat. Perturbación. Supervivencia.

Abstract

The purpose of this study was to estimate the size, density, probability of survival (ϕ) and detection (p) and habitat conditions of a population of Golden Poison Frog (*Phyllobates terribilis*, Dendrobatidae) of Naya River, Buenaventura, Colombia. Three plots of 1000 m² were sampled four times in January, 2015. Population data were analyzed through the Jolly-Seber model, using POPAN parameterization. Results indicate population size of 32.5 ± 4.3 ind. and population density of 0.011 ind/m². Values of ϕ and p were constant between plots; ϕ equaled 0.74 ± 0.08 , and p 0.56 ± 0.13 . The probability of survival and detection of this population are high in the location and period of study. Calculated density and population size may have a greater relation to resource availability or microclimatic conditions than to habitat modification because this population has levels of tolerance to environments with some degree of modification. High ϕ and p values may be associated with the duration of sampling, territorial habits,

low predation, aposematism, and body size. The population of *P. terribilis* that was studied tolerates different environments with some degree of modification. This information will be useful to improve the conservation measures of this species, which is endemic to Colombia.

Keywords. Capture-recapture. Density. Disturbance. Habitat. Survival.

Introducción

Los anfibios han sido uno de los grupos más amenazados a nivel mundial, debido a múltiples factores como la pérdida y fragmentación de hábitats, enfermedades infecciosas, uso de pesticidas agrícolas, cambio climático, especies invasoras, comercio ilegal, contaminación ambiental y los efectos sinérgicos de todos estos factores (Young *et al.*, 2001; Young *et al.*, 2004; Pounds *et al.*, 2006). Según la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, www.iucnredlist.org), más del 30 % de los anuros a nivel mundial se encuentran en alguna categoría de peligro, convirtiéndolos en uno de los órdenes con mayor número de especies amenazadas.

En Latinoamérica, al menos 13 países han experimentado disminuciones poblacionales o extinciones de anfibios en los últimos 20 años, afectando a 30 géneros y 9 familias entre las cuales se incluye Dendrobatidae (Young *et al.*, 2001). En Colombia, el 25 % de las especies de esta familia analizadas por la UICN, están en alguna categoría de amenaza, mientras que el 32 % tiene datos deficientes (DD).

La rana dorada (*Phylllobates terribilis* Myers *et al.*, 1978) es una especie endémica de Colombia (Figura 1), está en la categoría En Peligro Crítico (CR) a nivel nacional, de acuerdo con el libro rojo de los anfibios de Colombia (Castro-Herrera, 2004) y la resolución 0192 de 2014 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). A nivel internacional, según la UICN, *P. terribilis* se encuentra categorizada como En Peligro (EN) (UICN). Esta especie pertenece a la familia Dendrobatidae y es reconocida por su comportamiento complejo, el cual incluye cuidado parental y alta territorialidad, además de

coloración aposemática en algunos de sus géneros (Santos *et al.*, 2003; Grant *et al.*, 2006) y producción de sustancias tóxicas con alta importancia farmacológica en su cuerpo (Pennisi, 1992; Saporito *et al.*, 2004; Berman, 2004). *P. terribilis* es una de las especies más venenosas de esta familia, siendo al menos veinte veces más tóxica que otras ranas venenosas (Myers *et al.*, 1978; Pröhl, 2005). Esta especie se puede distinguir de casi todas las especies de dendrobátidos por su mayor tamaño (37 y 45 mm en machos y 40-47mm en hembras), coloración dorsal brillante homogénea amarilla, naranja/dorada o crema verdosa (Myers *et al.*, 1978; Lötters *et al.*, 1997), y mayor toxicidad (Myers *et al.*, 1978). En cuanto a sus características ecológicas, solo se ha reportado la presencia en la hojarasca de bosques primarios o bosques poco perturbados de la cordillera Occidental, en los departamentos de Cauca y Valle del Cauca de Colombia (Myers *et al.*, 1978; Ruiz-Carranza *et al.*, 1996; Castro-Herrera, 2004; Márquez *et al.*, 2012). En términos culturales, es importante debido a que sus toxinas han sido usadas por comunidades indígenas Emberá para cazar (Myers *et al.*, 1978).

En Colombia, los estudios acerca de la evaluación de características poblacionales de la familia Dendrobatidae son pocos, y aún menos los que utilizan técnicas de Captura-Marcaje-Recaptura (CMR) (Loaiza-Piedrahíta *et al.*, 2016). Por otra parte, los estudios se han centrado principalmente en la región Andina y solo uno se ha realizado en la región Pacífica (Lozano-Osorio, 2015). De estos estudios, dos realizaron estimaciones de densidades poblacionales (Marín y Gómez-Hoyos, 2011; Ríos *et al.*, 2011) y otros tres usan el método de CMR para calcular algunos parámetros poblacionales como tamaños,

probabilidades de supervivencia y de detección, entre otros (Molina-Zuluaga *et al.*, 2014; Lozano-Osorio, 2015; Loaiza-Piedrahíta *et al.*, 2016).

El conocimiento de las características poblacionales de los anfibios es crucial para la conservación de su diversidad (Vitt y Caldwell, 2009). Sin embargo, son pocos los estudios sobre los estados y tendencias poblacionales. En consecuencia, se desconocen las causas de las disminuciones, los declives futuros y cómo se restablecen las poblaciones. Esto dificulta la implementación de medidas de conservación adecuadas (Lips *et al.*, 2001; Funk *et al.*, 2003; Blaustein *et al.*, 2011). Por lo tanto, y teniendo en cuenta el estado actual de conservación de esta especie, esta investigación tiene como propósito estimar parámetros poblacionales como la probabilidad de detección, el tamaño y la densidad, y describir las características generales del hábitat de una población de *P. terribilis* en el resguardo indígena Joaquincito, Valle del Cauca.

Materiales y métodos

Área de estudio. Esta investigación se realizó en Joaquincito, parte baja de la cuenca del río Naya, entre los departamentos del Valle del Cauca y Cauca (3°17'N, y 77°24'O) (Figura 2 y 3). Esta localidad se encuentra en la zona de vida de bosque pluvial tropical (bp-T) según el sistema Holdridge (Espinal y Montenegro, 1963) y se considera como un bosque primario intervenido y secundario (Ortega y Torres, 2013) (Figura 3). Presenta un rango altitudinal menor a 25 m s.n.m. y una temperatura promedio mayor a 24 °C. El régimen pluviométrico es monomodal con precipitación media entre 6500 a 12000 mm (CVC, 2010). Para enero de 2015, aunque se esperaba un aumento de la probabilidad de ocurrencia del fenómeno de El Niño, se registraron temperaturas normales en el océano Pacífico a nivel general, según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam, www.ideam.gov.co).



Figura 1. Individuos de *Phylllobates terribilis* en el resguardo indígena Joaquincito, Valle del Cauca, Colombia.

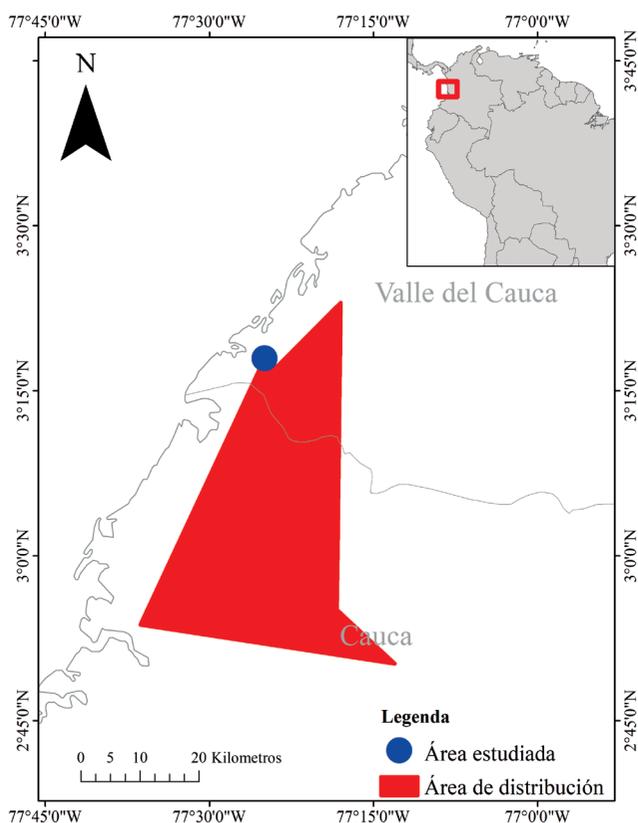


Figura 2. Mapa de la ubicación del departamento del Valle del Cauca, señalando la localidad de estudio correspondiente al resguardo indígena Joaquincito (punto azul).

Trabajo de campo. El muestreo fue realizado por 2 personas en una salida de campo entre el 19 y 28 de enero de 2015. Se ubicaron 3 parcelas de 50 x 20 m (1000 m²) separadas por aproximadamente 500 m una de otra, por lo cual se consideraron unidades independientes de muestreo. Se realizaron 4 revisiones por parcela dejando de muestrear cada parcela por 2 días consecutivos después de las primeras 2 sesiones. El muestreo iniciaba a las 07:00 horas hasta terminar toda el área correspondiente. El esfuerzo de muestreo fue de 72 horas/persona en un área total de 3000 m². La búsqueda de individuos se realizó usando la técnica de Relevamiento por Encuentro Visual (REV) (Heyer *et al.*, 1994), que consiste en buscar activamente sobre las raíces del suelo y hojarasca a los individuos presentes; estos se capturaron manualmente utilizando guantes de nitrilo para evitar posibles intoxicaciones.

A cada individuo observado y capturado se le midió su Longitud Rostro Cloaca (LRC) con ayuda de un calibrador digital 0,1 mm (Ubermann) para obtener una medida indirecta de la edad [adultos ($\geq 37,0$ mm), jóvenes ($\leq 36,9$ mm)] (Myers *et al.*, 1978; Lötters *et al.*, 1997; Castro-Herrera, 2004). Todos los individuos capturados fueron marcados



Figura 3. Área de estudio. Izquierda: interior de bosque. Derecha: borde de bosque con explotación de madera.

empleando foto-identificación (Donnelly, 1994); para ello se utilizaron las manchas negras presentes en la parte ventral, las cuales no presentan un patrón regular, como marca para la identificación. Sin embargo, en los análisis solo se tuvieron en cuenta los individuos adultos debido a que en los jóvenes aún no era claro el patrón de coloración. Se tomaron fotografías del vientre de cada individuo después de su captura con una cámara digital Samsung Dv-150f, conservando el registro de sus marcas incluyendo todas las partes del cuerpo en la región ventral. Se tomaron dos fotografías por individuo en cada evento de captura y la recaptura se confirmó cuando el patrón de coloración ventral coincidió exactamente con la ubicación, forma y tamaño de los patrones de manchas previamente registradas para cada individuo (Figura 4). La precisión de la interpretación manual de los registros fotográficos ha sido demostrada en estudios anteriores (Kelly, 2001; Arzoumanian *et al.*, 2005; Speed *et al.*, 2007; Yáñez-Muñoz, 2010; Loaiza-Piedrahíta *et al.*, 2016). Este método se utilizó con el fin de minimizar los errores de identificación, ya que los análisis de CMR están fuertemente influenciados por la

errónea identificación de individuos (Arnason y Mills, 1981).

Clasificación del hábitat. Cada parcela fue considerada una unidad independiente, se verificó y clasificó en cada una las condiciones de hábitat de acuerdo con la escala artificial propuesta por Manzanilla y La Marca (2004). Se identificaron las siguientes condiciones: a) ambiente prístino: sin perturbación aparente, con ausencia de establecimientos humanos, y sin contaminación sólida o líquida; b) ambiente ligeramente perturbado: con poca vegetación perturbada, densidad de población humana muy baja o inexistente y contaminación sólida o líquida baja o inexistente; c) ambiente modificado: hábitat natural fragmentado y presencia moderada de contaminantes sólidos y líquidos; y d) ambiente altamente degradado: con fragmentación de hábitat alta, y presencia de moderada a alta de contaminantes sólidos y líquidos. Adicionalmente, se realizó una descripción de cada parcela teniendo como referencia, tanto las observaciones de los investigadores como los datos proporcionados por la comunidad indígena que habita la zona.

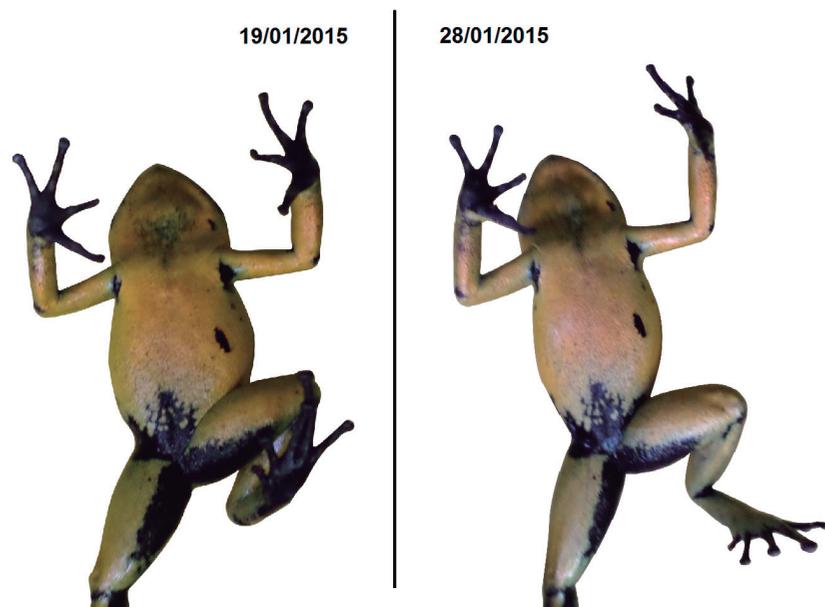


Figura 4. Ejemplo de un evento de recaptura de *P.terribilis* confirmado por la comparación de las fotografías tomadas en la fecha de la primera captura (izquierda) y segunda captura (derecha).

Análisis de datos. La estimación del tamaño poblacional, la probabilidad de detección y de supervivencia se basaron en los datos obtenidos a partir del método de CMR, siendo una de las técnicas más precisas (Funk *et al.*, 2003). La probabilidad de detección es importante para determinar si las posibles diferencias en las densidades poblacionales entre parcelas se deben a diferencias en la captura de los individuos o no. El método de CMR debe cumplir cuatro supuestos: 1) la muestra debe ser aleatoria, es decir que todos los individuos (marcados y no marcados) tienen igual probabilidad de ser capturados; 2) los individuos de la población deben tener homogeneidad de supervivencia; 3) las marcas deben ser permanentes (al menos durante el tiempo de la investigación) y debidamente registradas y; 4) los individuos capturados, deben ser liberados inmediatamente, una vez finalizado el muestreo (Amstrup *et al.*, 2005).

Se construyeron historias de captura para cada uno de los individuos registrados durante el muestreo con base en los datos de CMR. Posteriormente, las historias de captura se analizaron a través del modelo de Jolly-Seber (White y Burnham, 1999) utilizando la parametrización implementada en la formulación POPAN (Arnason y Schwarz, 1995). Este modelo incluye los parámetros de tamaño poblacional (N), probabilidad de entrada a la población ($pent$), la probabilidad de supervivencia (ϕ) y la probabilidad de detección (p). Para todos los parámetros se consideró un modelo nulo, que representa la no variación en los parámetros. Además, se corrieron todas las combinaciones posibles de los modelos, es decir, incluyendo cada parámetro como constante (\cdot) y variable (pr). El efecto de la parcela sobre el tamaño poblacional fue incluido en el análisis cuando se considera el N como variable (pr).

Para la selección de los modelos y la inferencia estadística acerca de la influencia de los factores sobre los parámetros del modelo se utilizó el Criterio de Información de Akaike corregido para muestras pequeñas - AICc (Burnham, 2004). Se

calcularon las diferencias en AIC ($\Delta AICc$) y el peso del AICc y se utilizaron para evaluar el soporte relativo que recibieron los modelos (Burnham y Anderson, 2002). Los análisis fueron realizados en el programa MARK (White y Burnham, 1999) usando el paquete RMark en el lenguaje computacional R (Core Team, 2017). Finalmente, la densidad poblacional se estimó dividiendo el tamaño poblacional entre el área total de las parcelas.

Resultados

Parámetros poblacionales. Se capturaron un total de 36 individuos (26 adultos y 10 juveniles) en la zona de estudio durante el periodo de muestreo. La Longitud Rostro-Cloaca (LRC) promedio fue de $38,7 \text{ mm} \pm 3,4$ (IC 95 %: 37,4 a 40,0 mm); la talla mínima fue de 29,8 mm y la máxima de 45,8 mm. De estos, 15 fueron capturados en una sola ocasión (57,7 %), 7 en 2 ocasiones (26,9 %), 2 en 3 ocasiones (7,6 %), y 2 individuos en 4 (7,6 %). De acuerdo con los resultados, el modelo que presentó el AIC más bajo no incluyó ningún tipo de variación para los 4 parámetros (Modelo 1, Tabla 1). Adicionalmente, como los modelos restantes se separaron de este con valores superiores a 2 unidades de AIC, los resultados indican que el modelo 1 se ajustó mejor a los datos, resultando ser el más parsimonioso.

El tamaño de la población fue constante en las 3 parcelas. Este resultado es soportado por las estimaciones poblacionales del modelo más parsimonioso (el valor de AIC menor) que incluyó un posible efecto de las parcelas (par) sobre el tamaño poblacional (Modelo 3, Tabla 1). De acuerdo con las estimaciones del tamaño poblacional derivadas de dicho modelo, el traslape de los intervalos de confianza fue considerable (Tabla 2), lo cual indica que no hubo una variación que apoye un efecto de las parcelas sobre el tamaño poblacional. El tamaño poblacional total fue de $32,5 \pm 4,3$ ind. con un intervalo de confianza de 95 % de 27,9-47,5 ind. (promedio \pm error estándar), mientras que la densidad estimada fue de 0,011 ind./m² con un intervalo de confianza de 95 %.

Tabla 1. Modelos de estimación del tamaño poblacional de *P. terribilis* en Joaquincito, Buenaventura, Colombia. Modelo de Jolly-Seber (parametrización de POPAN), donde: φ =Probabilidad de supervivencia aparente, p =Probabilidad de detección, $pent$ =Probabilidad de entrada de un individuo entre la ocasión i y $i+1$ y N =Tamaño poblacional, (.)=constante, (t)=variable, (pr) =parcela.

Modelo	Número de parámetros	AIC	Delta AIC	Peso AIC
1 $\varphi(.) p(.) pent(.) N(.)$	4	108,415	0	0,769
2 $\varphi(t) p(.) pent(.) N(.)$	6	112,402	3,986	0,104
3 $\varphi(.) p(.) pent(.) N(pr)$	6	113,316	4,9	0,066
4 $\varphi(.) p(t) pent(.) N(.)$	7	113,87	5,454	0,05
5 $\varphi(t) p(.) pent(.) N(pr)$	8	117,985	9,569	0,006
6 $\varphi(.) p(t) pent(.) N(pr)$	9	119,756	11,34	0,002

Tabla 2. Tamaño poblacional de *P. terribilis* en la localidad de Joaquincito, Buenaventura, Colombia. Tamaño de población estimado con base en el modelo más parsimonioso que incluyó el efecto de las parcelas sobre el tamaño poblacional (modelo 3, tabla 1): $\varphi(.) p(.) pent(.) N(par)$. Intervalo de confianza de 95 %.

Parcela	N	Error estándar	Mínimo	Máximo	Densidad (ind/m ²)
1	9,25	1,73	8,16	14,56	0,009
2	6,8	1,45	6,07	17,51	0,007
3	14,1	2,25	12,4	23,61	0,014
Total	32,5	4,3	27,9	47,5	0,011

Con base en el modelo más parsimonioso, las probabilidades de supervivencia y de detección fueron constantes en las 3 parcelas; correspondieron a un estimado de supervivencia aparente igual a $0,74 \pm 0,08$ (IC 95 %: 0,54 - 0,88) y a un estimado de la probabilidad de detección de $0,56 \pm 0,13$ (IC 95 % = 0,30 - 0,78). Esto puede indicar que las similitudes en las densidades y los tamaños poblacionales entre parcelas son reales, y

no producto de diferencias en la probabilidad de detección y supervivencia de los individuos, como consecuencia de diferencias en las características ambientes de las parcelas u otros factores.

Clasificación del hábitat. La parcela 1 fue categorizada con la condición c (ambiente modificado, a pesar de observarse baja contaminación sólida), en donde predominó el dosel abierto y

estuvo junto a un camino muy transitado al lado de una huerta comunitaria, por lo cual era un ambiente fragmentado y el grado de perturbación era alto respecto a las parcelas 2 y 3. Estas últimas se ajustaron a la condición b (ambiente ligeramente perturbado) con predominio de dosel cerrado y con profundidad de la hojarasca de 15 cm en promedio. En las 3 parcelas se reportó alta presencia de fuentes de agua y lugares potenciales de refugio para *P. terribilis*. Según las encuestas realizadas a los integrantes de la comunidad indígena, el tránsito por caminos cercanos a la parcela 2 era ocasional debido a que, a pocos metros, se ubicaba un sector de extracción maderera; mientras que en la parcela 3 el tránsito era escaso.

Discusión

En este estudio, los tamaños poblacionales no presentaron diferencias cuando se evaluaron entre parcelas, a pesar de las diferencias en el grado de modificación del hábitat que presentó una de estas. Considerando que tampoco se observaron diferencias significativas entre las probabilidades de supervivencia y de detección entre parcelas, es posible que la modificación del hábitat observada no sea un factor determinante en la densidad y tamaño poblacional de *P. terribilis*, pues a pesar de la perturbación, las tres parcelas presentaron fuentes de agua y lugares potenciales de refugio. Estos resultados también pueden indicar que el área de estudio aún conserva características de composición, estructura y función que permiten la subsistencia de esta especie con distribución restringida a áreas conservadas.

En anuros, la presencia de especies en hábitats particulares está determinada por la disposición de recursos alimenticios, refugio, sitios de termorregulación, reproducción, entre otros, que son necesarios para cumplir con sus requerimientos fisiológicos (Zug *et al.*, 2001; Urbina-Cardona *et al.*, 2006). La disponibilidad de esos recursos pueden determinar la respuesta de las especies a la fragmentación del hábitat (Malcolm, 1997; Primak *et al.*, 2001) o a la degradación de

bosques primarios a secundarios (Pröhl y Berke, 2001). Además de la disponibilidad de recursos, hay otras condiciones ambientales que pueden permitir el establecimiento de especies en ecosistemas perturbados. Urbina y Londoño-M (2003), observaron que el 92 % de las especies de anfibios y reptiles encontradas en bosque primario también estaban en bosque secundario con características microclimáticas similares. En la región Pacífica, Vargas-S y Bolaños-L (1999), hallaron diferencias en la estructura, composición y riqueza de anfibios entre áreas boscosas maduras y secundarias con áreas de cultivos con vegetación herbácea y arbustiva. Ellos atribuyeron esas diferencias a la variación en las condiciones de humedad entre las áreas analizadas, puesto que hábitats con poca estructura vegetal pueden generar estrés fisiológico para muchas especies. Por lo tanto, la ausencia de diferencias significativas en los parámetros estimados entre parcelas con diferente grado de intervención, puede deberse a que los recursos disponibles y las condiciones microclimáticas, que aún persisten, permiten el establecimiento de poblaciones viables de *P. terribilis*. Sin embargo, es necesario evaluar la dinámica de estos parámetros a largo plazo donde se incluya la variación anual de las condiciones ambientales, así como los efectos de fenómenos climáticos como El Niño y La Niña, que pueden modificar la disposición de recursos y el microclima especialmente en los bordes de las áreas fragmentadas.

No obstante, la literatura científica cuenta con poca información referente a las características del hábitat de *P. terribilis*. En el departamento del Cauca, se reporta su presencia en bosques poco perturbados y bosques nativos casi intactos y se conoce que evita los bosques de sucesión secundaria y áreas cultivadas (Myers *et al.*, 1978; Castro-Herrera, 2004). Sin embargo, el presente estudio fue realizado en un bosque clasificado como primario intervenido y secundario (Ortega y Torres, 2013). Adicionalmente, esta especie se encontró en parcelas que no solo tenían algún grado de perturbación (dosel abierto), si no que estaban junto a zonas de perturbación constante

(caminos y huertas comunitarias). Según Hunter y Gibbs (2007), dependiendo de las características de distintas poblaciones de una misma especie, estas pueden responder de manera diferente a los disturbios del hábitat. Además, Tocher *et al.* (1997) afirman que, a partir de un trabajo de diez años en la Amazonia central brasilera, muchas especies no se encuentran verdaderamente aisladas en bosques fragmentados cuando la matriz presenta condiciones adecuadas para la migración de anfibios entre fragmentos. Estos resultados sugieren que, aunque anteriormente *P. terribilis* solamente se haya observado en áreas conservadas, es posible que algunas poblaciones presenten niveles de tolerancia a ambientes con cierto grado de modificación, como la estudiada en la localidad de Juaquincito. Por lo tanto, es necesario medir el efecto del estado sucesional del bosque sobre las poblaciones de *P. terribilis*, así como la respuesta poblacional de esta especie a diferentes grados de fragmentación del hábitat. Estos resultados sirven como punto de referencia para futuras investigaciones enfocadas a evaluar el estado poblacional de *P. terribilis* en la localidad de Juaquincito, resaltando la importancia de incluir la variación temporal.

La probabilidad de detección registrada ($p = 56\%$), además de estar fuertemente influenciada por la duración del estudio, el tamaño corporal y los hábitos territoriales, está afectada por la coloración aposemática que pueden hacer de *P. terribilis*, una especie con alta detectabilidad en comparación con otras especies de la misma familia. En especies de dendrobatidae con LRC inferiores a 20 mm, como en *Andinobates opisthomelas* (Boulenger, 1899) y *Andinobates minutus* (Shreve, 1935), se han encontrado probabilidades de detección máximas de 1,7 y 28 % respectivamente (Lozano-Osorio, 2015; Loaiza-Piedrahíta *et al.*, 2016); mientras que en especies con un promedio de LRC menor a 26 mm, como *Colostethus aff. fraterdanieli* (Silverstone, 1971) y *Dendrobates truncatus* (Cope, 1861), se observó una probabilidad de detección de 42,6 y 58,8 % (Molina-Zuluaga *et al.*, 2014). Considerando que *P. terribilis* es una de las especies de mayor tamaño entre los dendrobátidos, puesto que

presenta una LRC $41,05 \pm 0,11$ mm (Myers *et al.*, 1978), es posible que exista un efecto del tamaño corporal sobre la probabilidad de detección en especies de esta familia, y que esta probabilidad de detección aumente con el tiempo como fue registrado para *A. minutus* en donde se observó un valor de 0,13 (IC 95 %: 0,10-0,16) en el primer evento de muestro y 0,28 (IC 95 %: 0,24-0,33) después de 6 meses (Lozano-Osorio, 2015). En consecuencia, se espera una alta probabilidad de detección en trabajos con muestreos a mediano y largo plazo sobre *P. terribilis*, por lo que esta es una especie ideal para evaluar el efecto a largo plazo de las características del hábitat sobre la probabilidad de supervivencia y el tamaño poblacional en dendrobátidos.

En este estudio se obtuvo un valor estimado de probabilidad de supervivencia aparente de $0,74 \pm 0,08$ que está relacionado con la duración del muestreo, puesto que en trabajos más prolongados en el tiempo, es más probable observar eventos de mortalidad por depredación, enfermedad o por vejes de los individuos. A pesar de que la probabilidad calculada pueda estar influenciada por el corto tiempo de muestreo, este estudio ofrece algunas perspectivas sobre la probabilidad de supervivencia de *P. terribilis*, considerando la importancia de esta especie y la poca información sobre ella que está disponible. Se espera que esta probabilidad no varíe drásticamente a mediano plazo si se considera el tamaño corporal y el bajo aporte de la depredación sobre el número de muertes en esta especie, pues las secreciones de la piel de *P. terribilis* presentan batracotoxinas, homobatractoxinas y alcaloides esteroideos que son muy fuertes y tóxicos para sus depredadores (Myers *et al.*, 1978; Pröhl, 2005). En poblaciones de especies de la misma familia ya se ha observado un efecto del tamaño corporal sobre la supervivencia a nivel intrapoblacional, en donde los individuos más grandes tienen mayores probabilidades de sobrevivir (Loaiza-Piedrahíta *et al.*, 2016). Para la población de *P. terribilis* objeto de estudio, se obtuvieron valores de LRC entre 37,4 y 40,0 mm, la cual corresponde a individuos adultos (Myers *et al.*, 1978; Lötters *et al.*, 1997; Castro-Herrera,

2004). Esta clase etaria es la que presentan la menor mortalidad en anfibios (Hutchinson, 1981). Sin embargo, es de esperarse que este valor disminuya gradualmente con el tiempo debido a que aumenta la posibilidad de que los individuos mueran por eventos estocásticos, depredación o enfermedad. La disminución de la probabilidad de supervivencia, con relación al tiempo, ha sido observada en *Andinobates minutus* de una localidad insular del Pacífico colombiano, en donde esta probabilidad varió de 0,97 (IC 95 %: 0,94-0,98) a 0,83 (IC 95 %: 0,76-0,88) en 6 meses de estudio (Lozano-Osorio, 2015). Además de estos factores, es importante considerar posibles comportamientos territoriales y de fidelidad de hábitat en *P. terribilis* que puedan influenciar su probabilidad de supervivencia, así como ya se ha propuesto para otras especies de la misma familia (Molina-Zuluaga *et al.*, 2014; Lozano-Osorio, 2015).

Conclusiones y recomendaciones

La densidad y el tamaño poblacional calculados para la población de *P. terribilis* en el resguardo indígena Juaquincito, Valle del Cauca, Colombia, pueden tener mayor relación con la disponibilidad de recursos o con condiciones microclimáticas específicas para esta especie, que con la modificación del hábitat cuando esta es moderada.

Las probabilidades de detección y supervivencia de esta población pueden estar asociadas con la corta duración del muestreo; por lo tanto, es necesario describir estos parámetros a largo plazo donde sea incluida la temporalidad y la variación climática anual. Además de la temporalidad, estos parámetros también pueden ser influenciados por la baja depredación, sus hábitos territoriales, su tamaño corporal y su coloración aposemática. Por ende, es necesario realizar estudios ecológicos, etológicos y de historia natural, así como medir el efecto del estado sucesional del bosque y la fragmentación sobre las poblaciones de *P. terribilis*.

Este trabajo constituye el primer análisis demográfico de *P. terribilis* en Colombia, y sirve

como punto de referencia para la comprensión de su dinámica temporal en futuros estudios; además de aportar información necesaria para el desarrollo de estrategias de conservación *in situ*.

Se propone que, para estudios posteriores con esta especie, en los que se incluya CMR, se considere el método de foto-identificación, pues resultó efectivo en este estudio; de esta manera se estaría evitando el empleo de métodos que pueden resultar invasivos, como la remoción de falanges. Finalmente, se recomienda seguir un monitoreo en la zona de estudio y lugares aledaños para determinar el estado y la dinámica de las poblaciones a mediano y largo plazo. Esto facilitaría la elección de las áreas prioritarias para la conservación en el Sistema Regional de Áreas Protegidas (SIRAP) del municipio, mejorando así las medidas para la conservación de esta especie endémica de Colombia.

Agradecimientos

Este trabajo contó con el apoyo financiero de de la Asociación Colombiana de Herpetología (ACH) (por medio de la iniciativa Botas al campo) y la Fundación Zoológica de Cali. Agradecemos a la comunidad indígena de Joaquincito por permitirnos el ingreso a la zona durante el periodo de estudio, a Jorge Kelvin Torres por su colaboración durante la recolección de datos; a Alejandro Valencia Zuleta por la elaboración del mapa; a Oscar Murillo por su asesoría científica y a Mario Fernando Garcés Restrepo por la revisión crítica del trabajo de investigación.

Referencias

- Amstrup, S., McDonald, T. y Manly, B. (2005). *Handbook of capture-recapture analysis*. New Jersey: Princeton University Press. 313 pp.
- Arnason, N. A., y Schwarz, C. J. (1995). POPAN-4: enhancements to a system for the analysis of mark-recapture data from open populations. *Journal of Applied Statistics*, 22, 785-800.

- Arnason, A. N. y Mills, K. H. (1981). Bias and loss of precision due to tag loss in Jolly-Seber estimates for mark-recapture experiments. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 38, 1077-1095.
- Arzoumanian, Z., Holmberg, J. y Norman, B. (2005). An astronomical pattern-matching algorithm for computer-aided identification of whale sharks *Rhincodon typus*. *Journal of Applied Ecology*, 42, 999-1011.
- Barlett, R. D. (2003). *Poison dart frogs*. New York: Barron's Educational Series. 12 pp.
- Berman, B. (2004). Complementary and alternative medicine: is it just a case of more tools for the medical bag? *The Clinical Journal of Pain*, 20, 1-2.
- Blaustein, A. R., Han, B., Relyea, R., Johnson, P. T., Buck, J. C., Gervasi, S. S. y Kats, L. B. (2011). The complexity of amphibian population declines: understanding the role of cofactors in driving amphibian losses. *Annals of the New York Academic of Science*, 1223(1), 108-119.
- Boulenger, G. A. (1899). Descriptions of new batrachians in the collection of the British Museum (Natural History). *Journal of Natural History Series*, 7(3), 273-277.
- Brown, J. L., Twomey, E., Amézquita, A., De Souza, M., Caldwell, J., Lötters, S., May, R., Melo-Sampaio, P., Mejía-Vargas, D., Perez-Peña, P., Pepper, M., Poelman, E. H., Sanchez-Rodriguez, M. y Summers, K. (2011). A taxonomic revision of the Neotropical poison frog genus *Ranitomeya* (Amphibia: Dendrobatidae). *Zootaxa*, 3083, 1-120.
- Burnham, K. P. (2004). Multimodel Inference: Understanding AIC and BIC in Model selection. *Sociological Methods & Research*, 33, 261-304.
- Burnham, K. P. y Anderson, D. R. (2002). *Model selection and inference: a practical information-theoretic approach*. Segunda edición. New York: Springer. 448 pp.
- Castro-Herrera, F. (2004). Rana venenosa dorada: *Phyllobates terribilis*. En Rueda-Almonacid, J. V., Lynch, J. D y Amézquita, A. (Eds.) *Libro rojo de los anfibios de Colombia*. Pp.178-181. Bogotá: Conservación Internacional Colombiana, Universidad Nacional, Instituto de Ciencias Naturales y Ministerio del Medio Ambiente.
- CVC. (2010). *Análisis preliminar de la representatividad ecosistémica, a través de la recopilación, clasificación, y ajuste de información primaria y secundaria con rectificaciones de campo del mapa de ecosistemas de Colombia para la jurisdicción del Valle del Cauca*. (Informe técnico). 243 pp.
- Donnelly, M. A. (1994). Demographic effects of reproductive resource supplementation in a territorial frog *Dendrobates pumilio*. *Ecological Monographs*, 59(3), 207-221.
- Espinal, L. S. y Montenegro, E. (1963). *Formaciones vegetales de Colombia y mapa ecológico: memoria explicativa*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Subdirección Agrológica. 201 pp.
- Funk, W. C., Almeida, D., Nogales, F., y Bustamante, M. R. (2003). Monitoring population trends of Eleutherodactylus frogs. *Journal of Herpetology*, 37(2), 245-256.
- Grant, T., Frost, D. R., Caldwell, J. P., Gagliardo, R., Haddad, C. F. B., Kok, P. J. R., Means, D. B., Noonan, B. P., Schargel, W. E. y Wheeler, W. C. (2006). Phylogenetic systematics of dart-poison frogs y their relatives (Amphibia: Athesphatanura: Dendrobatidae). *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 299, 1-262.
- Heyer, W. R., Donnelly, M. A., McDiarmid, R. W., Hayek, L. C. y Foster, M. S. (1994). *Measuring y Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians*. Washington: Smithsonian Institution Press. 364 pp.
- Hunter, J. R. y Gibbs, J. P. (2007). *Fundamentals of Conservation Biology*. Tercera edición. Malden, Massachusetts: Blackwell publishing. 497 pp.
- Hutchinson, G. E. (1981). *Introducción a la ecología poblacional*. Barcelona: Editorial Blume. 250 pp.
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. (2017). *Phyllobates terribilis*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T55264A85887889*. Recuperado el 30 de marzo

- de 2018 de <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T55264A85887889.en>.
- Kelly, M. J. (2001). Computer-aided photograph matching in studies using individual identification: an example from Serengeti cheetahs. *Journal of Mammalogy*, 82, 440-449.
- Lips, K. R., Reaser, J. K., Young, B. E. e Ibáñez R. (2001). *Amphibian Monitoring in Latin America: A Protocol Manual*. Florida: Society for the study of amphibians and reptiles. 115 pp.
- Loaiza-Piedrahíta, J. D., Bock, B. C. y Páez, V. P. (2016). Demography of the Andean Dart Frog (*Andinobates opisthomelas*, Dendrobatidae) in Eastern Antioquia, Colombia. *South American Journal of Herpetology*, 11(2), 81-88.
- Lötters, S., Castro-Herrera, F., Köhler, J. y Richter, R. (1997). Notes on the distribution y color variation of poison frogs of the genus *Phyllobates* from western Colombia (Anura: Dendrobatidae). *Revue Francais Aquariologie*, 24, 55-58.
- Lozano-Osorio, R. (2015). *Parámetros poblacionales de Andinobates minutus (Shreve 1935) (anura: Dendrobatidae) en isla palma, PNN Urúmba Bahía Málaga, Valle del Cauca*. (Trabajo de grado). Cali: Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Naturales, Departamento de Biología. 9 pp.
- Malcolm, J. R. (1997). Biomass and diversity of small mammals in Amazonas forest fragments: En Laurence, W.F., Bierregard, R.O. (Eds.) *Tropical forest remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities*. Pp. 207-221. Chicago: University of Chicago Press.
- Marín, O. H. y Gómez-Hoyos, D. A. (2011). *Estado actual de Ranitomeya bombetes (Anura: Dendrobatidae). Plan de manejo y conservación para las poblaciones de Ranitomeya bombetes (Myers y Daly, 1980) en Quindío Colombia*. Saarbrücken: Editorial académica española. 108 pp.
- Manzanilla, J. y La Marca, E. (2004). Population status of the Rancho Grande Harlequin frog (*Atelopus cruciger* Lichtenstein and martens 1856), a proposed critically endangered species from the Venezuelan coastal range. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales*, 62, 5-29.
- Márquez, R., Corredor, G., Galvis, C., Góez, D. y Amézquita, A. (2012). Range extension of the critically endangered true poison-dart frog, *Phyllobates terribilis* (Anura: Dendrobatidae), in western Colombia. *Acta Herpetológica*, 7(2), 341-345.
- Molina-Zuluaga, C., Restrepo, A., Flechas, S. V. y Daza, J. D. (2014). Short-term population dynamics of three frog species in the Northern Andes, Colombia. *South American Journal of Herpetology*, 9(3), 200-206.
- Myers, C. W., Daly, J. W. y Malkin, B. A. (1978). Dangerously toxic new frog (*Phyllobates*) used by Emberá Indians of western Colombia, with discussion of blowgun fabrication y dart poisoning. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 161, 307-366.
- Ortega, J. F. y Torres, A. M. (2013). Productos forestales no maderables en dos comunidades socioculturales en el Pacífico vallecaucano. En Sanabria, O. L. (Ed). *Valoración del conocimiento, uso, manejo y prácticas de conservación de la diversidad de recursos forestales no maderables en diferentes ambientes socioculturales de la región del Pacífico Colombiano*. Bogotá: Asociación Colombiana de Herbarios.
- Pennisi, E. (1992). Pharming frogs. *Science News*, 142(3), 40-42.
- Pounds, J. A., Bustamante, M. R., Coloma, L. A., Consuegra, J. A., Fogden, M. P. L., Foster, P. N., La Marca, E., Masters, K. L., Merino-Viteri, A., Puschendorf, R., Ron, S. R., Sanchez-Azofeifa, G. A., Still, C. J. y Young, B. E. (2006). Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature*, 439, 161-167.
- Primack, R., Rozzi, R., Massardo, F. y Feinsinger, P. (2001). Destrucción y degradación del Hábitat. En Primack, R., Rozzi, R., Feinsinger, P., Dirzo, R., Massardo, F. (Eds.) *Fundamentos de conservación biológica. Perspectivas latinoamericanas*. Pp. 183-

224. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.
- Pröhl, H. (2005). Territorial Behavior in Dendrobatid Frogs. *Journal of Herpetology*, 39, 354-365.
- Pröhl, H. y Berke, O. (2001). Spatial Distributions of Male and Female Strawberry Poison Frogs and Their Relation to Female Reproductive Resources. *Oecologia*, 129, 534-542.
- Core Team . (2017). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- Ríos, S. C., Puerta, P. y Sierra, E. (2011). Densidad poblacional de *Ranitomeya opisthomelas* y su relación con variables ambientales y de hábitat en cuatro bosques de la cordillera Central de Colombia. *Boletín Científico Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas*, 15(2), 121-129.
- Ruiz-Carranza, P. M., Ardila-Robayo, M. C. y Lynch, J. D. (1996). Lista actualizada de la fauna de Amphibia de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 20(77), 365-415.
- Speed, C. W., Meekan, M. G. y Bradshaw, C. J. (2007). Spot the match-wildlife photo-identification using information theory. *Frontiers in Zoology*, 4(2), 1-11.
- Santos, J. C., Coloma, L. A. y Cannatella, D. C. (2003). Multiple, recurring origins of aposematism and diet specialization in poison frogs. *Proceeding of the National Academic of Sciences of the United States of America* 100(22), 12792-12797.
- Saporito, R. A., Garraffo, H. M., Donnelly, M. A., Edwards, A. L., Longino, J. T. y Daly, J. W. (2004). Formicine ants: An arthropod source for the pumiliotoxin alkaloids of dendrobatid poison frogs. *Proceeding of the National Academic of Sciences of the United States of America*, 101(21), 8045-8050.
- Silverstone, P. A. (1971). Status of certain frogs of the genus *Colostethus*, with descriptions of new species. *Contributions in Science. Natural History Museum of Los Angeles County*, 215, 1-8.
- Tocher, M. D., Gascon, C. y Zimmerman, B. L. (1997). Fragmentation effects on a central Amazonian frog community: a 10-year study. En: Laurance, W. F. y Bierregaard, R. O. (Eds.). *Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities*. Pp. 124-137. Chicago: University of Chicago Press.
- Urbina-C., J. N. y Londoño-M, M. C. (2003). Distribución de la comunidad de herpetofauna asociada a cuatro áreas con diferente grado de perturbación en la isla Gorgona, Pacífico colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 27(102), 105-113.
- Urbina-Cardona, J. N., Olivares-Pérez, M. y Reynoso, V. H. (2006). Herpetofauna diversity and microenvironment correlates across the pasture-edge-interior gradient in tropical rainforest fragments in the region of Los Tuxtlas, Veracruz. *Biological Conservation*, 132, 61-75.
- Vargas, F. y Bolaños, M. E. (1999). Anfibios y reptiles presentes en hábitats perturbados de selva lluviosa tropical en el bajo Anchicayá, Pacífico colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 23, 499-511.
- Vitt, L. J. y Caldwell, J. (2009). *Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles*. San Diego: Academic Press. 776 pp.
- White, G. C. y Burnham, K. P. (1999). Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study*, 46, 120-138.
- Yáñez-Muñoz, M. H., Meza-Ramos, P., Altamirano, M. y Castro, C. (2010). Estado poblacional de una de rana nodriza (Anura: Dendrobatidae: *Hyloxalus delatorreae*), críticamente amenazada, en los Andes norte de Ecuador. *Boletín Técnico Serie Zoológica*, 6, 38-64.
- Young, B. E., Lips, K. R., Reaser, J. K., Ibáñez, R., Salas, A. W., Cedeño, J. R., Coloma, L. A., Ron S., La Marca, E., Meyer, J. R., Muñoz, A., Bolaños, F., Chaves, G. y Romo, D. (2001). Population declines y priorities for amphibian conservation

in Latin America. *Conservation Biology*, 15 (5), 1213-1223.

Young, B. E., Stuart, S. N., Chanson, J. S., Cox, N. A. y Boucher, T. M. (2004). *Joyas que están desapareciendo: el estado de los anfibios en el Nuevo*

Mundo. Virginia: NatureServe. 53 pp.

Zug, G. R., Vitt, L. J. y Caldwell, J. P. (2001). *Herpetology: An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. Segunda edición. California: Academic press.

Stefhania Alzate-Lozano

Universidad del Valle,
Departamento de Biología
Cali, Colombia
stefhania.alzate@correounivalle.edu.co

Rodrigo Lozano-Osorio

Universidad Federal de Pará,
Instituto de Ciencias Biológicas
Pará, Brasil
lozano.osorio.r@gmail.com

Carlos Galvis

Fundación Zoológica de Cali
Cali, Colombia
carlosgalvis@zoologicodecali.com.co

Parámetros poblacionales de la rana dorada, *Phyllobates terribilis* (Myers *et al.*, 1978) (Dendrobatidae), en una localidad de Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia

Citación del artículo: Alzate-Lozano, S., Lozano-Osorio, R. y Galvis, C. (2018). Parámetros poblacionales de la rana dorada, *Phyllobates terribilis* (Myers *et al.*, 1978) (Dendrobatidae), en una localidad de Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*, 19(1), 133-146. DOI: 10.21068/c2018.v19n01a09.

Recibido: 6 de julio de 2017
Aprobado: 20 de abril de 2018

Conservación y tráfico de la tortuga matamata, *Chelus fimbriata* (Schneider, 1783) en Colombia: un ejemplo del trabajo conjunto entre el Sistema Nacional Ambiental, ONG y academia

Conservation and trafficking of the Matamata Turtle, *Chelus fimbriata* (Schneider, 1783) in Colombia: an example of joint efforts of the National Environmental System, one NGO, and academia

Carlos A. Lasso, Fernando Trujillo, Monica A. Morales-Betancourt, Laura Amaya, Susana Caballero y Beiker Castañeda

Resumen

Se presentan los resultados de una iniciativa interinstitucional (Corpoamazonia, Corporinoquia, Instituto Humboldt, Universidad de Los Andes y Fundación Omacha), donde se verificó, con herramientas moleculares, que varios lotes de tortugas matamata (*Chelus fimbriata*) decomisadas en la ciudad de Leticia, departamento del Amazonas, Colombia, correspondían a ejemplares capturados en la Orinoquia y cuyo destino final era aparentemente Perú, como parte de una red de tráfico de fauna. Basados en este hallazgo, 2 corporaciones liberaron 400 individuos neonatos en el en el río Bitá y la Reserva Natural Privada Bojonawi en el departamento del Vichada, Orinoquia colombiana. Se evidencia el tráfico de esta especie probablemente hacia Perú, donde la comercialización de tortugas es legal. Se recomienda el uso de protocolos de identificación genética para determinar y controlar la procedencia geográfica de tortugas decomisadas a futuro, como paso previo y necesario para su liberación.

Palabras clave. Amazonas. Identificación molecular. Liberación de especies. Orinoquia. Tráfico de especies.

Abstract

We present the results of an interinstitutional initiative that verified the provenance of several groups of the Matamata Turtle (*Chelus fimbriata*), confiscated in the city of Leticia, department of Amazonas, Colombia, with molecular tools. The confiscated turtles corresponded to specimens captured in the Orinoquia region, and apparently were destined to Peru as part of a network of illegal trafficking. Based on this finding, two environmental corporations worked together and made possible the release of about 400 individuals in the Vichada department on the Bitá River and the Bojonawi Nature Reserve (Orinoco River basin). It is therefore evident that this species is being trafficked towards Peru, where the commercialization of turtles is legal. We recommend the use of genetic identification protocols to identify and control the geographical origin of turtles that may be captured in the future as a necessary step that must precede their liberation.

Keywords. Amazon Basin. Animal trade. Molecular identification. Orinoco Basin. Species liberation.

Introducción

La tortuga matamata, mata-matá o caripatúa, *Chelus fimbriata* (Schneider, 1783) es la especie de mayor tamaño de la familia Chelidae. Se distribuye en la cuenca amazónica (Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela), en el Orinoco (Colombia, Venezuela), las Guayanas (Guayana Francesa, Guyana, Surinam) y en la isla de Trinidad. En Colombia ha sido registrada para los departamentos del Amazonas, Arauca, Caquetá, Casanare, Guainía, Guaviare, Meta, Putumayo, Vaupés y Vichada (Morales-Betancourt y Lasso, 2012). Recientemente, estudios genéticos han demostrado que existe una marcada diferenciación genética entre individuos de matamata de la cuenca del río Orinoco y los que se distribuyen en la cuenca del Amazonas, siendo consideradas como unidades de manejo diferenciales (Amaya *et al.*, 2016).

Esta especie está categorizada a nivel global y nacional como Preocupación Menor (LC). En Colombia se justifica esta categoría porque es una especie con amplia distribución y abundante, aunque es objeto de tráfico de neonatos y juveniles para la venta como mascotas (Morales-Betancourt *et al.*, 2015). Su consumo es de subsistencia y ocasional por algunas comunidades indígenas, además de ser objeto de usos medicinales (Morales-Betancourt y Lasso, 2012). Al ser una especie que no tiene categoría de amenaza a nivel global, el comercio internacional no está regulado por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres-Cites, sino por la normativa de cada país. El comercio y tráfico de esta especie se sustenta en que es una de las tortugas más apetecidas a nivel internacional, como se observa en las ofertas de las redes virtuales y páginas web.

Colombia es objeto de tráfico de especies, y entre 2005-2009 se decomisaron unos 224000 animales vivos, donde los reptiles fueron la clase dominante. Dentro de estos, las especies más frecuentes fueron la tortuga hicoitea (*Trachemys*

callirostris), la babilla (*Caiman crocodilus*) y la iguana verde (*Iguana iguana*) (MADS, 2012). En este mismo estudio se menciona que el decomiso de matamatas proviene del departamento del Meta. Esta especie de acuerdo con la información disponible en los últimos años y basada principalmente en los decomisos de Corpoamazonía (2013, 2014, 2015, 2016, 2018), parece mover volúmenes importantes de tráfico.

Los decomisos de 2015 y 2016 realizados por Corpoamazonía correspondieron a tortugas incautadas en Leticia, departamento del Amazonas. En ambas circunstancias, las tortugas fueron incautadas a personas que las transportaban en moto después de recogerlas en el aeropuerto. Las tortugas estaban en cajas de cartón, hacinadas y en muy mala condición. En la incautación de 2016 el transportador ilegal aseguró que los animales provenían del vuelo de Villavicencio (Meta), en la cuenca del Orinoco.

Con estos antecedentes, el objeto del presente artículo es presentar el reporte del proceso desde el decomiso de las tortugas hasta su liberación, utilizando herramientas moleculares para determinar el lugar de origen de las tortugas y las posibles áreas de liberación. También se muestra la necesidad del trabajo articulado entre las diferentes instituciones del Sistema Nacional Ambiental de Colombia (Sina), las ONG y la Academia para atender estas situaciones.

Materiales y métodos

Muestras

Las tortugas matamata decomisadas fueron neonatos y en la mayoría de los casos los tortuguillos aún mostraban la cicatriz umbilical, los caparazones estaban blandos y presentaban manchas negras en las cúspides de los escudos costales, con plastrón de color rojizo. Las muestras genéticas se obtuvieron de los animales que fallecieron (Figura 1).

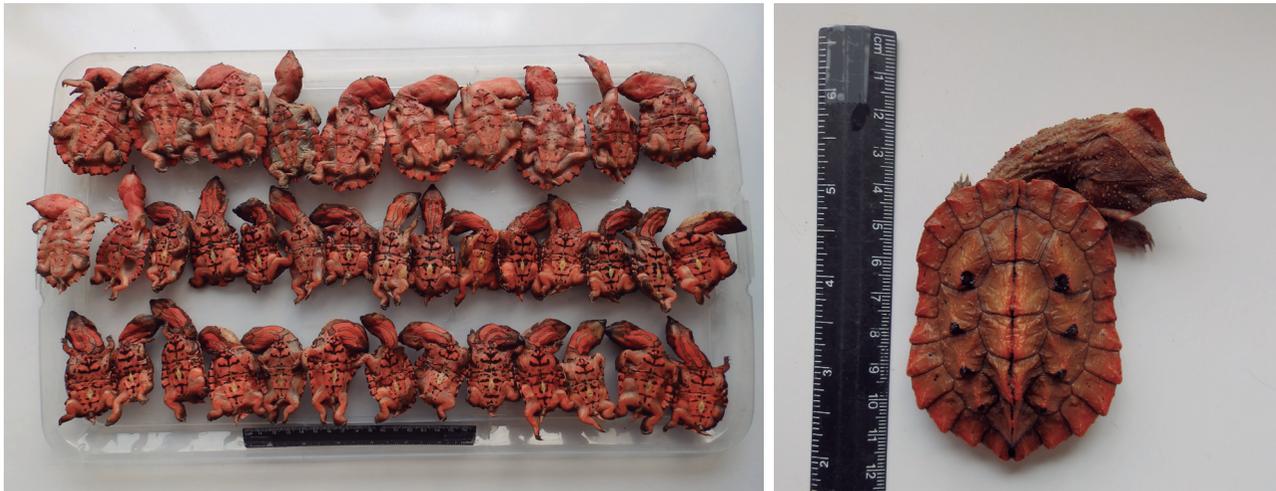


Figura 1. A) Lote de individuos decomisados que murieron. Se puede observar la cicatriz umbilical. B) Detalle vista dorsal de uno de los individuos. Fotos: Monica A. Morales-Betancourt.

Estudio genético

Toma de muestras. A un grupo de 30 individuos decomisados en 2015 y 2016 se les tomó una muestra de piel para realizar los análisis genéticos. Estos ejemplares correspondían a los individuos que habían muerto y permanecían congelados en las instalaciones de Corpoamazonía. A cada individuo se le cortó una de las carnosidades o verrugas de la piel del cuello para obtener una muestra de tejido de aproximadamente 1cm³, el cual fue sumergido en etanol al 70 %, y etiquetado con un código único asignado. Los tubos con cada una de las muestras fueron trasladados al Laboratorio de Ecología Molecular de Vertebrados (LEMVA) de la Universidad de Los Andes. Las colecciones de referencia se encuentran depositadas en el Banco de Tejidos del Instituto Humboldt y en el LEMVA.

Extracción de ADN, reacciones de PCR y secuenciación. De las 30 muestras, 15 fueron analizadas en el 2015 y 15 en el 2016. Estas fueron procesadas en el laboratorio para extraer y purificar su ADN total por medio del kit comercial Invisorb® Spin Tissue Mini Kit (Stratec). Una vez hecho esto, se verificó la calidad de los productos por medio de electroforesis en geles de agarosa al 1 % y por cuantificación con espectrofotometría,

con el dispositivo Nanodrop 2000 (Thermo-Scientific).

Algunos meses antes de realizar el primer decomiso, se inició la construcción de una base de datos genéticos para esta especie a partir de muestras provenientes de localidades conocidas del Amazonas y Orinoco colombiano. Debido a que no se han publicado estudios de genética poblacional sobre esta especie, fue necesario diseñar *primers* específicos para amplificar dos regiones del genoma mitocondrial. Para esto, se tomó como referencia el genoma mitocondrial completo de la especie, publicado en GenBank bajo el número de acceso HQ172156.1 (Wang *et al.*, 2012) y se diseñaron dos juegos de *primers* o cebadores utilizando el software Primer3Plus (Untergasser *et al.*, 2012). La especificidad de cada pareja de *primers* se verificó mediante la herramienta Primer-BLAST de NCBI (Ye *et al.*, 2012).

Una vez se diseñó y se comprobó la especificidad y el éxito en la amplificación utilizando los *primers* diseñados, se llevaron a cabo las reacciones de PCR en volúmenes de 32 uL con las siguientes concentraciones de reactivos: 2 uL de

ADN genómico, buffer de reacción 1X, BSA 0,4 ug/uL, MgCl₂ (Bioline) 5 mM, dNTP's (Bioline) 0,1 uM; 0,3uM de cada uno de los primers F y R y 0,5 U de Biolase™ DNA Plymerase (Bioline). En el termociclador MyCyler Thermal Cyler (Bio-Rad), el perfil térmico utilizado para las 2 regiones del ADN fue el siguiente: desnaturalización inicial a 94°C por 2 minutos, 35 ciclos de 94°C por 30 segundos, 55°C por 45 segundos y 72°C por 40 segundos y una extensión final a 72°C por 10 minutos. El éxito de las amplificaciones se verificó por medio de electroforesis en geles de agarosa al 1,5 %. Aquellos productos que tuvieron una amplificación de buena calidad se enviaron al Laboratorio de Secuenciación de la Universidad de Los Andes, donde fueron purificados con el kit comercial Exo-SAP-IT® (Affymetrix) y secuenciados por el método de Sanger en el analizador genético ABI PRISM 3500® (Applied Biosystems) (Tabla 1).

Análisis molecular. Todas las secuencias obtenidas (60, 2 en cada dirección, “forward y reverse”), se editaron en el software Geneious versión 8.1.8 (Kearse *et al.*, 2012), con el fin de remover las secciones de baja calidad y determinar con certeza los nucleótidos correspondientes a cada una de las posiciones. Las secuencias editadas fueron luego alineadas entre sí con el programa MacClade (Maddison y Maddison, 2005), el cual permitió además, eliminar todas las secuencias redundantes para establecer los haplotipos existentes en el set de datos. Las secuencias obtenidas de las muestras de los decomisos fueron comparadas con una base de datos de secuencias para estos fragmentos de genes de tortugas matamata, colectadas en diversas localidades del Orinoco y Amazonas colombiano, así como con secuencias de muestras de Perú y Guayana Francesa (localidad tipo de la especie). Esta base de datos fue construida con información colectada por los autores, como parte de una tesis de maestría (Amaya *et al.*, 2016).

Liberación de individuos decomisados

Una vez identificado el sitio de origen de los individuos decomisados, se procedió a su liberación. Los individuos fueron transportados a Puerto Carreño, departamento de Vichada, para posteriormente ser liberados en las áreas seleccionadas.

Los individuos a liberar y los fallecidos se pesaron previamente. Las variables morfométricas medidas (cm): (a) longitud recta del caparazón (LRC), medida con calibrador desde la margen anterior del escudo nucal hasta la margen posterior del caparazón en la unión entre los escudos marginales 12 y (b) ancho del caparazón (AC), medido entre las suturas de los marginales número 6 y 7 a cada lado del caparazón (Rueda-Almonacid *et al.*, 2007).

Para poder hacer seguimiento (sobrevivencia, crecimiento, entre otros) a las tortugas, la mitad de los animales liberados se marcaron mediante muescas en las escamas marginales del caparazón, utilizando la modificación del código de Cagle (1939) propuesto por Rueda-Almonacid *et al.* (2007), donde las escamas del caparazón tienen valores asignados que al ser sumados igualan el número del ID del individuo; las muescas se realizaron utilizando unas tijeras, ya que el caparazón estaba blando (Figura 2).

Resultados

Análisis moleculares

En la tabla 1 se muestran los *primers* seleccionados para la amplificación.

Asignación poblacional. En el análisis de 2 fragmentos, 572 pares de bases (pb) de COI y 521 pb de Región Control del ADN mitocondrial, se estableció que las primeras 15 muestras analizadas en 2015 presentaban un único haplotipo tanto para el gen COI como para la región control. Este haplotipo, identificado como O15 fue el más común identificado en la cuenca



Figura 2. Procedimiento antes de la liberación: A) transporte, B) medidas, C) peso y D) marcaje. Fotos: Monica A. Morales-Betancourt.

Tabla 1. Diseño de *primers*: secuencias de *primers* o cebadores diseñados para amplificar fragmentos mitocondriales de Citocromo Oxidasa I (COI) y Región Control (RC) en *Chelus fimbriata*.

Gen mitocondrial	Longitud del fragmento (pares de bases, pb)	Secuencia (5'-3')
Citocromo Oxidasa I (COI)	597 pb	F 5'-ACCTAACCATCTTTTCCCTACACC-3' R: 5'-CTAGGGCTCATAGTATTGGAGCAT-3'
Región Control (RC)	559 pb	F 5'-AACTACCTTCTGATCCTCGACTTC-3' R: 5'-GTATGTTTCAGCTTTAAAACGAATGGGT 3'

del Orinoco, con alta frecuencia alrededor de la zona de Puerto Carreño. Dicho haplotipo no se encontró en la cuenca del Amazonas y se diferencia por 11 sitios fijos en el COI y por 42 sitios fijos de todos los haplotipos encontrados en la cuenca del Amazonas. Posteriormente, al analizar las 15 muestras colectadas del decomiso del 2016, se observó que todas compartían este haplotipo O15, lo cual indica nuevamente que el origen de los animales decomisados era la cuenca del Orinoco. En la base de datos con la que se realizaron las comparaciones (Amaya *et al.*, 2016), se identificaron varios haplotipos diferentes en la cuenca del Orinoco, seis para COI y cinco para RC. Sin embargo, el haplotipo O15, identificado en todos los individuos muestreados de los decomisos, es un haplotipo común (Figuras 3-4), presentando alta frecuencia en muestras de la Laguna el Pañuelo (Reserva Natural Privada Bojonawi) y en el río Orinoco en las cercanías a Puerto Carreño.

Liberación de tortugas

Una vez confirmado el origen de las tortugas, se realizó un trabajo articulado entre las diferentes instituciones involucradas, con el propósito de liberar los individuos que aún se encontraban en Leticia. Los individuos fueron transportados a Puerto Carreño, donde se mantuvieron cautivas por tres semanas para su aclimatación en la Reserva Natural Privada Bojonawi (RNP Bojonawi). Estos se ubicaron en estanques construidos en cemento y ladrillo, ubicados en el exterior pero con protección del sol. Dichos estanques habían sido construidos por la Fundación Omacha para el mantenimiento de tortuguillos de *Podocnemis expansa*. Los estanques tenían las siguientes medidas: diámetro 3 m y profundidad 1,2 m; estanque cuadrado con 1,2 m por lado y 0,7 m profundidad (Figura 5). Ambos estanques fueron llenados hasta una altura de 30 cm de agua, la cual se cambió dos veces por semana.

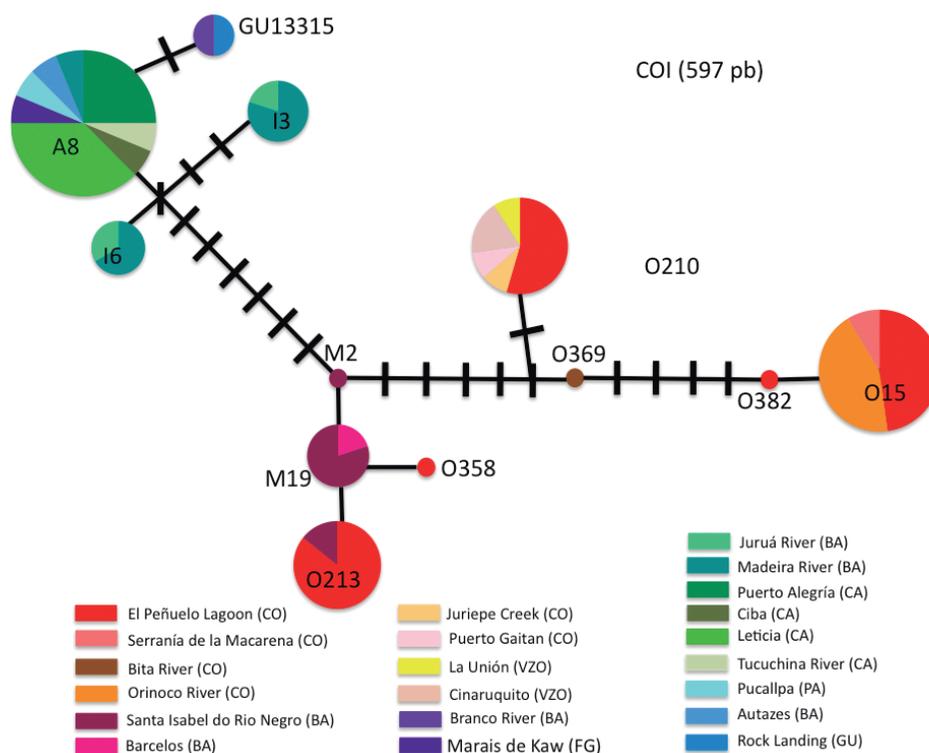


Figura 3. Red haplotípica para haplotipos identificados en *Chelus fimbriata* al analizar un fragmento de 597 pares de bases (pb) del gen mitocondrial Citocromo Oxidasa 1.

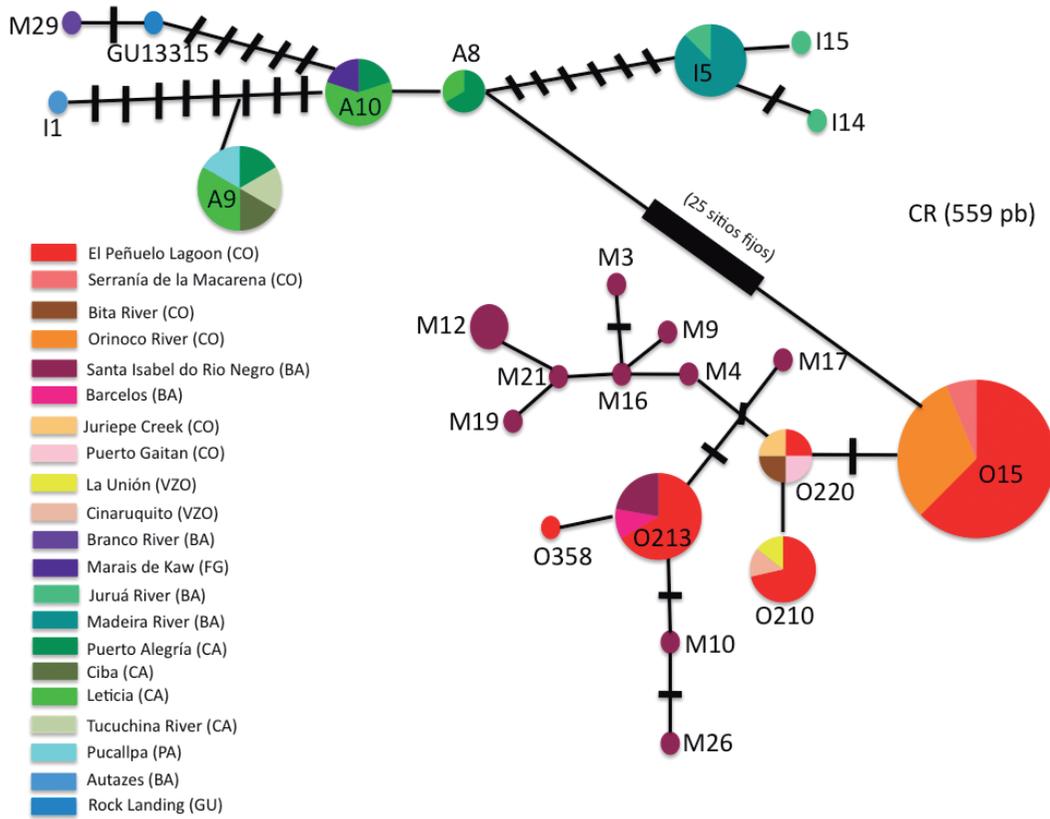


Figura 4. Red haplotípica para haplotipos identificados en *Chelus fimbriata* al analizar un fragmento de 559 pares de bases (pb) de la región control del ADN mitocondrial.



Figura 5. Estanques donde se mantuvieron las tortugas matamata durante la aclimatación en la Reserva Natural Privada Bojonawi, Puerto Carreño. Foto: Carlos A. Lasso.

Los tortuguillos fueron alimentados con carna-da viva (peces de la familia Characidae, funda-mentalmente).

Posteriormente, fueron liberados 358 tortuguillos en los sitios seleccionados: el río Bitá y la RNP Bojonawi, donde a partir de reconocimientos

previos, se identificaron hábitats idóneos para esta especie (Tabla 2, Figuras 6 y 7). Los individuos liberados tuvieron como medidas promedio: 6 cm (intervalo 4-7,8 cm) de longitud recta del caparazón, 4,5 cm ancho de caparazón (intervalo: 3,2-6,4 cm) y un peso de 25,2 g (intervalo: 15-55 g). Se marcaron el 50 % de los individuos liberados.

Tabla 2. Áreas y número de tortugas matamata liberadas en el río Bitá y la Reserva Natural Privada Bojonawi.

Fecha	Número de individuos	Nombre del sitio	Coordenadas
Río Bitá			
03-mayo-16	100	Caño Mosco	6°5'32,9''N / 67°30'7,5''O
03-mayo-16	90	Caño Tigre	6°10'29,8''N / 67°35'55,7''O
Reserva Natural Bojonawi			
05-mayo-16	34	Laguna El Pañuelo (Puente del Babo)	6°6'8,3''N / 67°29'12,8''O
05-mayo-16	25	Caño Temblón	6°5'48,9'' N / 67°29'51,3''O
05-mayo-16	34	Caño Charapa	6°5'32,9'' N / 67°30'7,5''O
05-mayo-16	25	Laguna El Pañuelo (extremo sur)	6°5'31,6 N / 67°29'58,7''O
05-mayo-16	50	Caño Verde	6°3'57,3'' N / 67°29'49,8''O
Total	358		

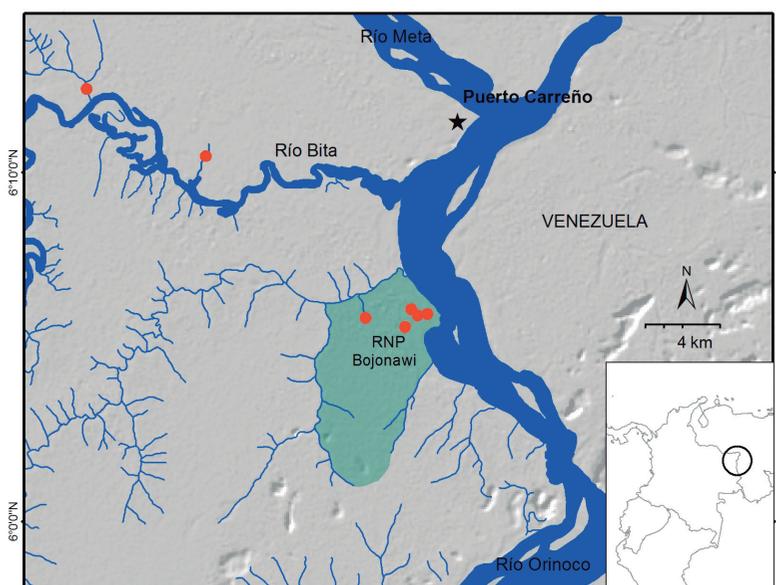


Figura 6. Ubicación de los puntos (anaranjado) de liberación.



Figura 7. Sitios de liberación: A) Río Bitá (caño Mosco) y B) RNP Bojonawi (caño Charapa). Fotos: Monica A. Morales-Betancourt.

Discusión

Estudios previos realizados en el Laboratorio de Ecología Molecular de Vertebrados Acuáticos (LEMVA) de la Universidad de Los Andes, en conjunto con el Instituto Humboldt en 2015 y usando la metodología ya descrita, demostraron que existe una marcada diferenciación genética entre individuos de matamata de la cuenca del río Orinoco y los de la cuenca del Amazonas (Amaya *et al.*, 2016). Dichos estudios encontraron que en un fragmento de 572 pb del gen COI, 11 de los 29 sitios variables presentes, correspondían a diferencias fijas entre las 2 cuencas, mientras que en un fragmento de 512 pb de la región control, de 53 sitios variables, 42 son diferencias fijas. Al comparar la secuencia del haplotipo correspondiente a las tortugas decomisadas (2016) con los haplotipos establecidos en este estudio previo (2015), se encontró que era idéntica a uno de los ya muestreados y detectados en la cuenca del Orinoco. El haplotipo de las secuencias decomisadas es un haplotipo común encontrado con alta frecuencia en muestras de la Laguna El Pañuelo en la RNP Bojonawi y en el río Orinoco en las zonas cercanas a Puerto Carreño. Este haplotipo también fue encontrado en menor frecuencia en individuos colectados en la subcuenca del río Guayabero, afluente del río Guaviare, sierra de

la Macarena (Meta), lo cual sugiere que es un haplotipo común en la cuenca del Orinoco. Esta evidencia molecular, a la luz del resultado de una diferenciación clara entre cuencas establecido en el estudio de Amaya *et al.* (op. cit.), permitió determinar la procedencia real de los neonatos decomisados y, a su vez, dirigir esfuerzos para su traslado y liberación a la vida silvestre.

El proceso de liberación de individuos mantenidos en cautiverio a poblaciones silvestres, es un tema objeto de mucho debate en la biología de la conservación. Se considera que es importante tener en cuenta varios aspectos biológicos, ecológicos y moleculares, al momento de tomar decisiones con el fin de evitar afectar tanto a las poblaciones locales, como a los individuos que serán liberados (Lindenmayer y Burgman, 2005). En particular, a nivel molecular la cercanía genética entre ambos grupos debe ser una prioridad, pues existe el riesgo de inducir lo que se conoce como depresión por exogamia, que consiste en la dilución de adaptaciones locales como consecuencia de cruces con individuos que carecen de ellas (Edwards y Berry, 2013; Lindenmayer y Burgman, 2005). Sería importante a futuro realizar análisis genéticos complementarios para estudiar posibles

adaptaciones locales en estas tortugas a cuencas particulares. Sin embargo, este estudio, así como la tesis de Amaya *et al.* (2016), son pioneros en intentar contestar preguntas complejas sobre la estructura genética poblacional de esta especie. Todo esto podría indicar que es necesaria más información de la matamata, no solo a nivel biológico y ecológico, sino también molecular, para asegurar que la zona seleccionada para la liberación sea la más idónea. No obstante, los resultados mostrados por estudios previos (Amaya *et al.* op. cit.), respecto a la diferenciación genética entre las matamatas del Orinoco y las del Amazonas, además del hecho de que el haplotipo mostrado por las tortugas decomisadas correspondió al encontrado con mayor frecuencia y con la distribución más amplia en el Orinoco en dicha investigación, determinó que la asignación de estas a una población en la cuenca del Orinoco fuera altamente confiable. El hecho de que este haplotipo O15 fuera el más común en la RNP Bojonawi y en alrededores del río Orinoco cerca de Puerto Carreño, permitió, de manera conservadora, utilizar esta información para proceder a la liberación en este lugar, donde además se cuenta con un área protegida y donde se puede hacer el monitoreo de los animales liberados. Para otros grupos taxonómicos que presenten una menor diferenciación a nivel genético entre sus poblaciones y para los cuales hay disponible más información de tipo molecular, es recomendable implementar metodologías más especializadas para realizar la asignación de los individuos a poblaciones locales, tales como las que ofrece el software Structure para marcadores moleculares microsatélites (Pritchard *et al.*, 2000).

Existen antecedentes del tráfico y comercio nacional con extracción de individuos provenientes de la Orinoquia, en los ríos Inírida, bajo Guaviare y Orinoco (Castaño-M., 2002; Morales-Betancourt y Lasso, 2012) y en el departamento de Casanare (Alfaro *et al.*, 2011). En todos los casos como en la Amazonia, el *modus operandi* fue transportarlas de manera ilegal en los embarques de peces ornamentales. Sumado a esto, está el factor de la demanda internacional y el hecho de que en Perú es legal la comercialización de fauna silvestre

(Ley forestal y de fauna silvestre N° 29763). Este aprovechamiento se puede dar siempre y cuando la actividad esté enmarcada en un plan de manejo aprobado por la autoridad regional forestal y de fauna silvestre correspondiente. Así, con el fin de beneficiar a las comunidades ribereñas de la Reserva Pacaya Samiria, se construyó un plan de conservación de tortugas (Águila-Chávez *et al.*, 2005), que en principio estaba dirigido a *Podocnemis expansa* y *P. unifilis*, pero se incluyó igualmente a *Chelus fimbriata*. Para 2013 se reportaron ingresos para el Estado de Loreto en Perú por un valor de un millón de dólares como objeto de la comercialización de tortugas.

La posibilidad de comercialización legal de tortugas desde Perú puede influir en que el tráfico ilegal en otros países movilice esta especie hacia ese país, y de allí a mercados internacionales.

Por lo enunciado anteriormente, no sorprende que las tortugas matamata capturadas en la Orinoquia colombiana sean transportadas a la Amazonia para hacerlas entrar al Perú. Esta situación hace que sea necesario que todas las autoridades ambientales regionales (corporaciones) donde se distribuye esta especie, tengan en la mira el corredor de tráfico hacia Perú, y que se cuente con un protocolo claro con herramientas moleculares para identificar la región de donde proceden los individuos, y facilitar posteriormente su liberación.

El tráfico de esta especie en Colombia continúa. Así, muy recientemente (principios de abril 2018), se decomisaron nuevamente en la ciudad de Leticia por parte de Corpoamazonia más de 1000 neonatos de matamata (C. Tamayo com. pers.).

Por último, es importante mencionar que en el protocolo para el manejo posdecomiso (Resolución N° 2064 de 2010, anexo 9), quedó establecido que en el caso de realizarse una liberación de individuos decomisados al medio natural, es necesaria la aplicación de herramientas genéticas para determinar su origen, y, con esto, poder asignar el lugar de liberación. Esto solo es necesario según dicha Resolución para el caso de

las especies amenazadas. Sin embargo, a la luz de los resultados de este trabajo se recomienda que el requisito debería extenderse a todas las especies, estén amenazadas o no, a fin de evitar los efectos negativos genéticos de introducciones (trasplantes) de haplotipos únicos o Unidades Evolutivas Independientes, fuera de su área de distribución natural.

Conclusiones y recomendaciones

La comercialización global de tortugas como mascotas está soportada por criaderos y programas de rancheo en muchos países. Sin embargo, el tráfico también se ha consolidado como una actividad lucrativa, especialmente en países del Neotrópico. Esta situación ha sido pobremente documentada en Suramérica a pesar del número importante de decomisos en zonas de frontera, particularmente en la Amazonia. En este sentido, este trabajo constituye uno de los primeros esfuerzos en analizar el tráfico de tortugas matamata abordando el origen de los especímenes a partir de herramientas de biología molecular.

Es evidente que hay tráfico de matamatas como parte de una red lucrativa, a tal punto de que se capturen tortugas en la Orinoquia y se hayan generado canales de transporte hacia el sur del país (departamento del Amazonas).

El trabajo cooperativo entre las corporaciones ambientales, la policía, ONG, los institutos de investigación del Sistema Nacional Ambiental y las universidades, ha sido fundamental para entender la dinámica del tráfico de esta especie en Colombia, y se consolida en la creación de una red de información con protocolos de manejo y análisis genético de procedencia geográfica de las especies que sean incautadas en el futuro.

Igualmente, se recomienda ampliar el análisis genético de tortugas matamata, especialmente con muestras de diferentes localidades del Amazonas y Orinoco, tal que permita posteriormente

direccionar liberaciones en sitios de origen más específicos. Para esto es necesario desarrollar marcadores nucleares, tipo microsatélites o SNPs, que actualmente no se encuentran disponibles para esta especie. Finalmente, a la luz de los decomisos recientes, es prioritario contar con un protocolo, procedimientos adecuados y coordinar las acciones entre las instancias correspondientes, especialmente las corporaciones, para el manejo de decomisos de esta especie y plantear protocolos efectivos de manejo y de ser posible la liberación.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro mayor agradecimiento a Corpoamazonia, en particular al director general Luis A. Mejía Bustos y al director regional John Jairo Arbeláez, por su pronta y decidida colaboración en el manejo de tortugas incautadas en la ciudad de Leticia, al igual que al personal responsable de fauna silvestre y trabajo veterinario, Paola Dávila, Carol Tamayo y Viviana Camelo. Igualmente a los funcionarios de Corporinoquia (Martha Rojas) en Puerto Carreño y a su directora Martha Plazas por dar el aval a esta iniciativa. A Brigitte Baptiste por todas las gestiones realizadas durante el traslado y al Instituto Humboldt por el financiamiento del trabajo de campo. A Sindy Martínez por las gestiones realizadas. A Roamir Unda, Omar Rodríguez, Esther Marín y Claudia Marín por el trabajo en campo.

Referencias

- Águila-Chávez, R. D., Camacho Mera, K. y Vela Montalvan, L. F. (2005). Plan de manejo para el aprovechamiento de Taricaya (*Podocnemis unifilis*) en la cuenca del Yanayacu-Paucate, Reserva Nacional Pacaya Samiria (No. M12 A23).
- Alfaro, J. P., Acosta-Galvis, A. R. y Vejarano, M. (2011). Reptiles del Casanare. En Usma, J. S. y Trujillo, F. (Eds.). *Biodiversidad del Casanare: ecosistemas estratégicos del Departamento*. Pp. 153-167. Bogotá D. C.: Gobernación del Casanare, WWF-Colombia.

- Amaya, L., Caballero, S. y Lasso, C. A. (2016). *Estructura poblacional y diversidad genética de la tortuga matamata, Chelus fimbriatus (Schneider, 1783), en las cuencas del Amazonas y el Orinoco: ¿trayectorias evolutivas independientes?* (Tesis de maestría). Bogotá: Universidad de los Andes. 22 pp.
- Bonilla, M. A., Luque, N., Cuervo, M. A., Pinzón, M. y Vázquez, E. A. (2012). *Tortugas terrestres y dulceacuícolas de Colombia y manejo de los decomisos*. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 100 pp.
- Castaño-M., O. V. (Ed.). (2002). *Libro rojo de reptiles de Colombia*. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de Medio Ambiente, Conservación Internacional-Colombia. 160 pp.
- Edwards, T. y Berry, K. H. (2013). Are captive tortoises a reservoir for conservation? An assessment of genealogical affiliation of captive *Gopherus agassizii* to local, wild populations. *Conservation Genetics*, 14(3), 649-659. <http://doi.org/10.1007/s10592-013-0458->
- Kearse, M., Moir, R., Wilson, A., Stones-Havas, S., Cheung, M., Sturrock, S., Buxton, S., Cooper, A., Markowitz, S., Duran, C., Thierer, T., Ashton, B., Meintjes, P. y Drummond, A. (2012). Geneious basic: An integrated and extendable desktop software platform for the organization and analysis of sequence data. *Bioinformatics*, 28(12), 1647-1649.
- Kemenes, A. y Brito, J. C. (2007). Estimate of trade traffic of *Podocnemis* (Testudines, Podocnemididae) from the Middle Peru River, Amazonas, Brazil. *Chelonian Conservation and Biology*, 6(2), 259-262. DOI: [http://dx.doi.org/10.2744/1071-8443\(2007\)6\[259:EOTTOP\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.2744/1071-8443(2007)6[259:EOTTOP]2.0.CO;2)
- Lindenmayer, D. y Burgman, M. A. (2005). *Practical conservation biology*. Australia: CSIRO Publishing. 609 pp.
- Maddison, D. R. y Maddison, W. P. (2005). MacClade 4: Analysis of phylogeny and character evolution. Version 4.08a. Retrieved from <http://macclade.org>
- MADS-Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). *Estrategia nacional para la prevención y control al tráfico ilegal de especies silvestres: diagnóstico y plan de acción ajustado*. Bogotá D. C., Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 100 pp.
- Montefer, B. y Vásquez, P. (2006). *Guía de procedimientos para comercializar taricayas provenientes de la Reserva Nacional Pacaya Samiria*. Lima, Perú: Sociedad Peruana de Derecho Ambiental, TNC, USAID, CDC-UNALM. 20 pp.
- Morales-Betancourt, M. A. y Lasso, C. A. (2012). *Chelus fimbriatus*. En Páez, V. P., Morales-Betancourt, M. A., Lasso, C. A., Castaño-Mora, O. V. y Bock, B. C. (Eds.). *Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia*. Serie Editorial Recursos hidrobiológicos y pesqueros continentales de Colombia. Pp. 243-246. Bogotá, D. C., Colombia: Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).
- Morales-Betancourt, M. A., Lasso, C. A., Páez, V. P. y Bock, B. (2015). *Libro rojo de reptiles de Colombia*. Bogotá, D. C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Universidad de Antioquia. 258 pp.
- Pritchard, J. K., Stephens, M., Donnelly, P. y Falush, D. (2000). Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics*, 155, 945-959.
- Rueda-Almonacid, J. V., Carr, J. L., Mittermeier, R. A., Rodríguez-Mahecha, J. V., Mast, R. B., Vogt, R. C., Rhodin, A. G. C., de la Ossa-Velásquez, J., Rueda, J. N. y Mittermeier, C. G. (2007). Las tortugas y los cocodrilianos de los países andinos del trópico. *Serie de guías tropicales de campo*, (6), 412-423.
- Untergasser, A., Cutcutache, I., Koressaar, T., Ye, J., Faircloth, B. C., Remm, M. y Rozen, S. G. (2012). Primer3-new capabilities and interfaces. *Nucleic Acids Research*, 40(15), e115.
- Wang, L., Zhou, X., Nie, L., Xia, X., Liu, L., Jiang, Y., Huang, Z. y Jing, W. (2012). The complete mitochondrial genome sequences of *Chelodina*

rugosa and *Chelus fimbriata* (Pleurodira: Chelidae): Implications of a common absence of initiation sites (OL) in pleurodiran turtles. *Molecular Biology Reports*, 39(3), 2097-2107. <http://doi.org/10.1007/s11033-011-0957-1>

Ye, J., Coulouris, G., Zaretskaya, I., Cutcutache, I., Rozen, S. y Madden, T. (2012). Primer-BLAST: A tool to design target-specific primers for polymerase chain reaction. *BMC Bioinformatics*, 13(1), 134.

Carlos A. Lasso

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Programa Ciencias Básicas de la Biodiversidad Bogotá, Colombia
lasso@humboldt.org.co

Fernando Trujillo

Fundación Omacha Bogotá, Colombia
fernando@omacha.org

Monica A. Morales-Betancourt

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Programa Ciencias Básicas de la Biodiversidad Bogotá, Colombia
mmorales@humboldt.org.co

Laura Amaya

Universidad de los Andes, Departamento de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Ecología Molecular de Vertebrados Acuáticos - LEMVA Bogotá, Colombia
l-amaya@uniandes.edu.co

Susana Caballero

Universidad de los Andes, Departamento de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Ecología Molecular de Vertebrados Acuáticos - LEMVA Bogotá, Colombia
sj.caballero26@uniandes.edu.co

Beiker Castañeda

Fundación Omacha Bogotá, Colombia
beykerandrescasta@gmail.com

Conservación y tráfico de la tortuga matamata, *Chelus fimbriata* (Schneider, 1783) en Colombia: un ejemplo del trabajo conjunto entre el Sistema Nacional Ambiental, ONG y academia

Citación del artículo: Lasso, C. A., Trujillo, F., Morales-Betancourt, M. A., Amaya, L., Caballero, S. y Castañeda, B. (2018). Conservación y tráfico de la tortuga matamata, *Chelus fimbriata* (Schneider, 1783) en Colombia: un ejemplo del trabajo conjunto entre el Sistema Nacional Ambiental, ONG y academia. *Biota Colombiana*, 19(1), 147-159. DOI: 10.21068/c2018.v19n01a10.

Recibido: 21 de junio de 2017

Aprobado: 18 de mayo de 2018

Aves del departamento de Cundinamarca, Colombia: conocimiento, nuevos registros y vacíos de información

Birds of the department of Cundinamarca, Colombia: state of knowledge, new records and gaps of information

Sergio Chaparro-Herrera, Andrea Lopera-Salazar y F. Gary Stiles

Resumen

El departamento de Cundinamarca, Colombia, constituye un territorio con variedad de condiciones geográficas y ecosistémicas que hacen de este una de las regiones con mayor diversidad de aves en el país. Se actualizó el listado de aves y se determinaron los cambios en la composición, así como los vacíos de información. Se recopilieron los datos de campo de los autores entre 1990 y 2015, se revisó la literatura y las bases de datos y se consultaron observadores de aves expertos en la región. Fueron registradas 941 especies de las cuales 24 son endémicas, 72 casi endémicas, 1 especie extinta, 39 amenazadas a nivel nacional, 101 migratorias y 45 con migración local o altitudinal. En total, 701 especies fueron registradas por los autores en 45 localidades (48 registros nuevos para el departamento). Se concluye que existen vacíos de información en los límites departamentales, especialmente hacia la región del río Magdalena y los Llanos Orientales. Sin embargo, regiones donde existe mayor muestreo no se encuentran inventariadas en su totalidad, ya que en estas zonas se siguen encontrando nuevas especies de importancia para la ciencia.

Palabras clave. Avifauna. Cordillera Oriental. Distribución. Listado taxonómico. Registros históricos.

Abstract

The department of Cundinamarca in Colombia is an area with diverse geographic and ecosystemic characteristics, a condition that makes it one of the regions in the country with highest diversity of birds. This study updates the list of birds in the department, as well as identifies changes in composition and gaps of information, through the recopilation of field data developed by the authors from 1990 to 2015, revision of different papers and databases, and consultation of experienced birdwatchers in the region. We found 941 records of bird species, of which 24 are endemic, 72 near endemic, 1 extinct, 39 nationally threatened, 101 migratory, and 45 present local and/or altitudinal migration. Of the total number of records, 701 correspond to the authors in 45 localities (48 are new records for the department). We note that there are gaps of information in departmental boundaries, especially in the region of the Magdalena River valley and Llanos Orientales. However, regions that have been more extensively sampled are not fully inventoried since new species for science are still being found.

Keywords. Avifauna. Cordillera Oriental. Distribution. Taxonomic list. Historic records.

Introducción

Con 1909 especies de aves que representan el 20 % del total mundial y el 60 % de todas las especies registradas en Suramérica, Colombia es considerado el país más diverso del planeta en este grupo taxonómico y además mantiene un flujo considerable de aves migratorias (275 especies), ya sea como migrantes recurrentes o cíclicos (Franco *et al.*, 2009; Naranjo *et al.*, 2012; Avendaño *et al.*, 2017; <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html>). De igual forma, debido a su ubicación geográfica, Colombia conjuga una variedad de componentes climáticos, hidrológicos, geológicos y geomorfológicos que conforman una amplia variedad de ecosistemas, presentando una topografía compleja dominada por los Andes (Rangel-Ch *et al.*, 1997; Franco y Bravo, 2005; Chaparro-Herrera *et al.*, 2015).

Por su lado, el departamento de Cundinamarca es un territorio en el cual confluye una variedad de condiciones geográficas y ecosistémicas que van desde los páramos y el altiplano hasta el piedemonte llanero y las tierras bajas en el valle del Magdalena medio (Franco *et al.*, 2009). Presenta 2 grandes biomas: el bosque húmedo tropical y el bosque seco, y 79 tipos de ecosistemas entre áreas naturales y transformadas siendo estas últimas las de mayor representación con un 76,80 % del departamento (Ideam *et al.*, 2007). Este alto porcentaje de intervención se debe principalmente al manejo intensivo de la tierra, la contaminación y sobreexplotación y la aparición de numerosos centros urbanos, lo que ocasionó la extinción de una especie (*Podiceps andinus*, confirmada su extinción en 1982) y algunas subespecies (por ej. *Anas georgica nicefori*, desaparecida en la Sabana de Bogotá en 1951), la pérdida o degradación de la función ecológica de muchos ecosistemas y la reducción de bienes y servicios de calidad que estos ofrecen a las comunidades (Franco *et al.*, 2009; Renjifo *et al.*, 2016).

Aunque son varias las investigaciones realizadas sobre la avifauna presente en el departamento de Cundinamarca (p. ej. Munves, 1975; Lozano,

1993; Stiles, 1998; Stiles y Rosselli, 1998; ABO, 2000; López y Jiménez, 2009; Moreno y Camargo, 2008; Cortés *et al.*, 2010; Sua y Chaparro, 2010; Gómez y Robinson, 2014; Morales-Rozo y Pachón, 2014; Chaparro-Herrera, 2015), la mayoría de estos estudios se centran en pocas localidades, principalmente en el centro del departamento o cerca de este, presentando grandes vacíos de información en sus límites.

En la actualidad, se cuenta con dos documentos en donde se recopila o sintetiza información para determinar las especies presentes en la totalidad del departamento. El primero de ellos fue realizado por Olivares (1969) y se basó principalmente en especímenes coleccionados en diferentes expediciones durante la época. En el estudio se reporta para el departamento un total de 647 especies en 94 localidades. El segundo fue realizado por Baptiste *et al.*, en Franco *et al.*, (2009). En esa publicación se reportan 663 especies como parte de la evaluación de especies focales para la conservación en el departamento. Dadas las dinámicas poblacionales y las fluctuaciones que se presentan a nivel espacial y temporal, así como el aumento del número de observadores de aves en el país, surgió la necesidad de realizar un listado actualizado y detallado sobre la avifauna presente en el departamento de Cundinamarca, Colombia mediante observaciones de los autores, revisión de literatura y bases de datos, entre otros. No fueron tomadas en cuenta las especies potenciales para el departamento sino solo aquellas que presentaban algún tipo de evidencia. Así mismo, con estos listados se identificaron zonas con vacíos o poca información.

Este es un trabajo realizado como complemento y homenaje al trabajo riguroso del Padre Antonio Olivares O. F. M. (1917-1975) y en pro del conocimiento y conservación de la avifauna de esta región de importancia ornitológica para el país. También es una invitación a seguir explorando, investigando y publicando registros de la avifauna del departamento de Cundinamarca.

Materiales y métodos

Área de estudio. El departamento de Cundinamarca se encuentra ubicado en el centro de Colombia sobre la cordillera Oriental, en la región Andina; ocupa una extensión de 24210 km² y comprende 116 municipios divididos en 15 provincias (entre los 190 y los 4375 m s.n.m.). Limita al norte con el departamento de Boyacá,

al sur con los departamentos de Meta, Huila y Tolima, al occidente con el río Magdalena que lo separa de los departamentos de Tolima y Caldas y al oriente con los departamentos de Boyacá y Meta (Ramón, 1930; Olivares, 1969; <http://www.cundinamarca.gov.co/>) (Figura 1).

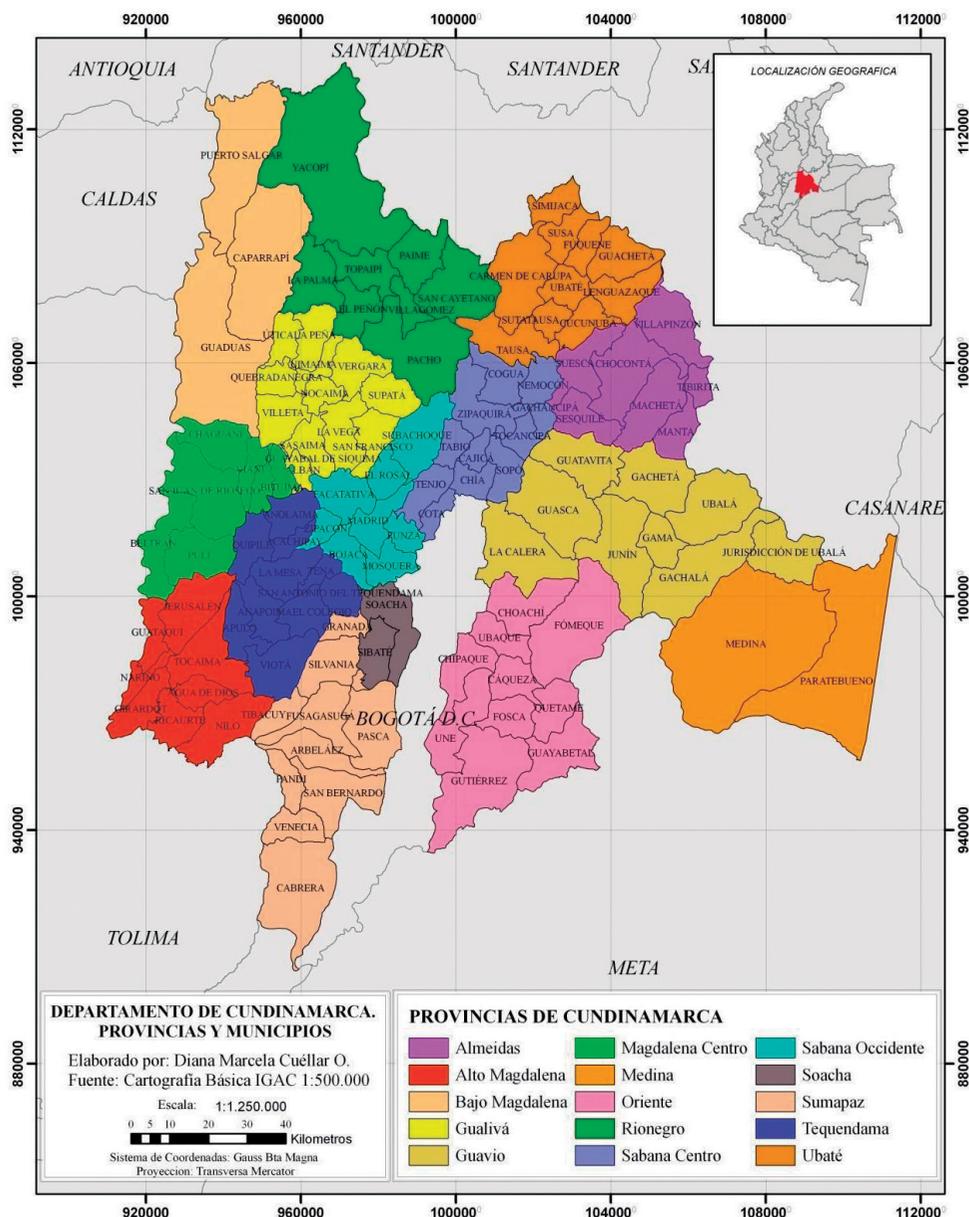


Figura 1. Ubicación, municipios y provincias del departamento de Cundinamarca. Tomado de Cuéllar (2011).

El departamento presenta dos grandes biomas: bosque húmedo tropical y bosque seco tropical, cada uno de los cuales se encuentra subdividido en zonobiomas, orobiomas y pedobiomas (Ideam *et al.*, 2007). En Cundinamarca el gran bioma del bosque húmedo tropical presenta los siguientes biomas: orobioma bajo de los Andes, orobioma medio de los Andes, orobioma alto de los Andes, helobiomas andinos, helobioma del Magdalena y el Caribe, helobioma de la Amazonia y Orinoquia, zonobioma húmedo tropical de la Amazonia-Orinoquia, zonobioma húmedo tropical del Magdalena-Caribe y peinobioma de la Amazonia-Orinoquia; por su lado el gran bioma del bosque seco tropical presenta el bioma: zonobioma alterno higrico y/o subxerofítico tropical del alto Magdalena (Ideam *et al.*, 2007) (Figura 2).

Cundinamarca, al encontrarse en la región Andina del país tiene cuatro regiones de vida (tomado de Rangel-Ch *et al.*, 1997): páramo entre los 3300 y los 4700 m s.n.m., con diferentes tipos de vegetación como pajonales, frailejonales, matorrales, prados,

chuscales, bosques achaparrados y vegetación de pantano o acuática; región Andina propiamente dicha, inicia aproximadamente a los 2400 m s.n.m. y forma una franja continua hasta los 3500-3800 m s.n.m., entre los tipos de vegetación principal se encuentran los robledales y otros tipos de bosques; región Subandina, la cual se extiende desde los 1000 hasta los 2400 m s.n.m., por las laderas de la cordillera, representado principalmente por robledales, selvas y bosques de diversos tipos. Finalmente, la región Tropical, presente desde los 100 hasta los 1100 m s.n.m. en el basamento de la cordillera con presencia de bosques ralos y matorrales principalmente (Figura 3).

El departamento tiene 79 ecosistemas, entre áreas naturales (545,295 ha, 22,72 % del departamento) y transformadas (1854576 ha, 76,80 % del departamento) (véase Ideam *et al.*, 2007 para la clasificación, definición y extensión). Se resalta entre las áreas naturales, por ser las más extensas: herbazales del orobioma alto de los Andes-páramo y entre las áreas transformadas los pastos del orobioma bajo de los Andes (Tabla 1, Figura 4).

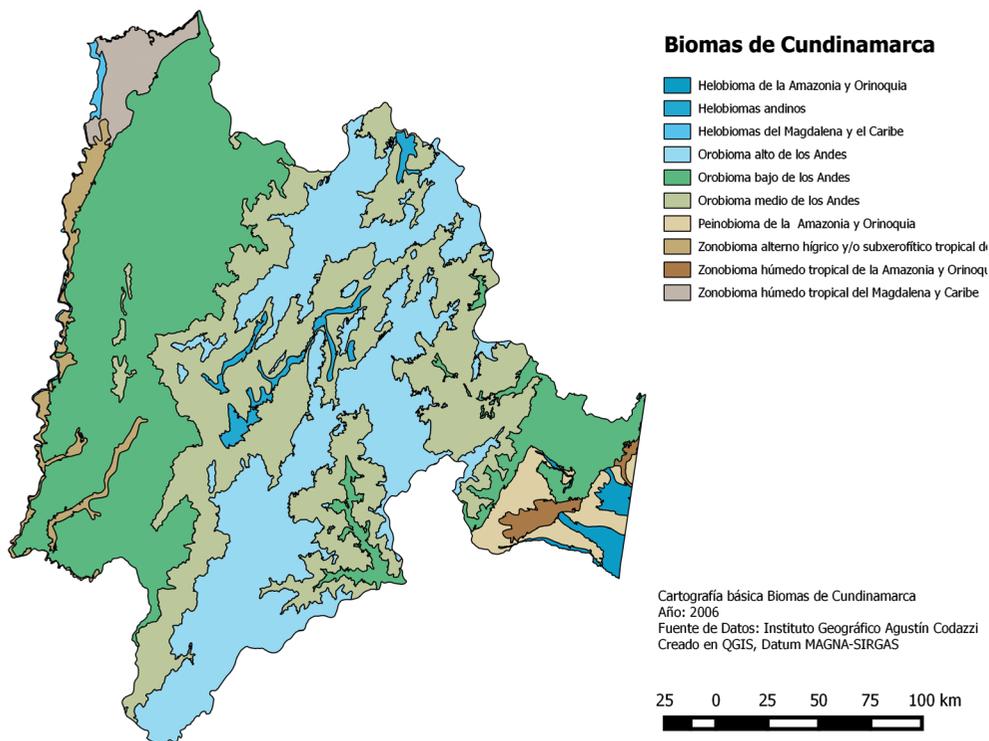


Figura 2. Mapa de los biomas presentes en el departamento de Cundinamarca.

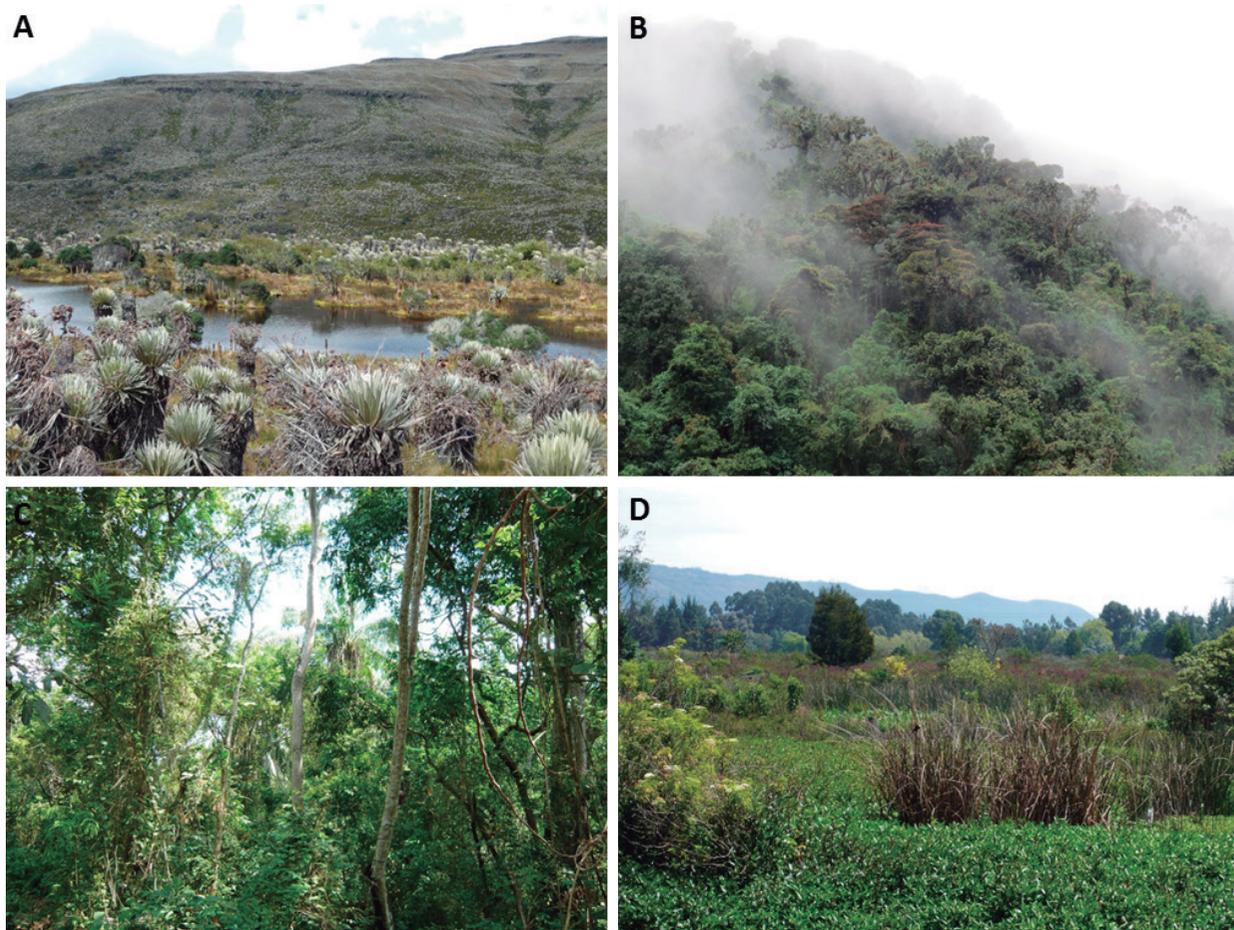


Figura 3. Algunos de los hábitats presentes en el departamento de Cundinamarca. A) Páramo, B) bosque altoandino, C) bosque seco y D) humedales. Fotografías: Sergio Chaparro-Herrera.

Tabla 1. Ecosistemas naturales y transformados destacados por su extensión en el departamento de Cundinamarca. Tomado de: Ideam *et al.* (2007).

	Ecosistema	Área (ha)	Representación del departamento (%)
Natural	Herbazales del orobioma alto de los Andes-páramo	151891	6,33
	Bosques naturales del orobioma medio de los Andes	107790	4,49
	Bosques naturales del orobioma alto de los Andes	84412	3,52
	Bosques naturales del orobioma bajo de los Andes	69698	2,90
	Arbustales del orobioma alto de los Andes-páramo	58192	2,42

Cont. **Tabla 1.** Ecosistemas naturales y transformados destacados por su extensión en el departamento de Cundinamarca. Tomado de: Ideam *et al.* (2007).

	Ecosistema	Área (ha)	Representación del departamento (%)
Transformado	Pastos del orobioma bajo de los Andes	355156	14,8
	Áreas agrícolas heterogéneas del orobioma bajo de los Andes	235308	9,81
	Áreas agrícolas heterogéneas del orobioma medio de los Andes	197333	8,22
	Pastos del orobioma medio de los Andes	157439	6,56
	Cultivos anuales o transitorios del orobioma medio de los Andes	138842	5,79
	Pastos del orobioma alto de los Andes	124828	5,20

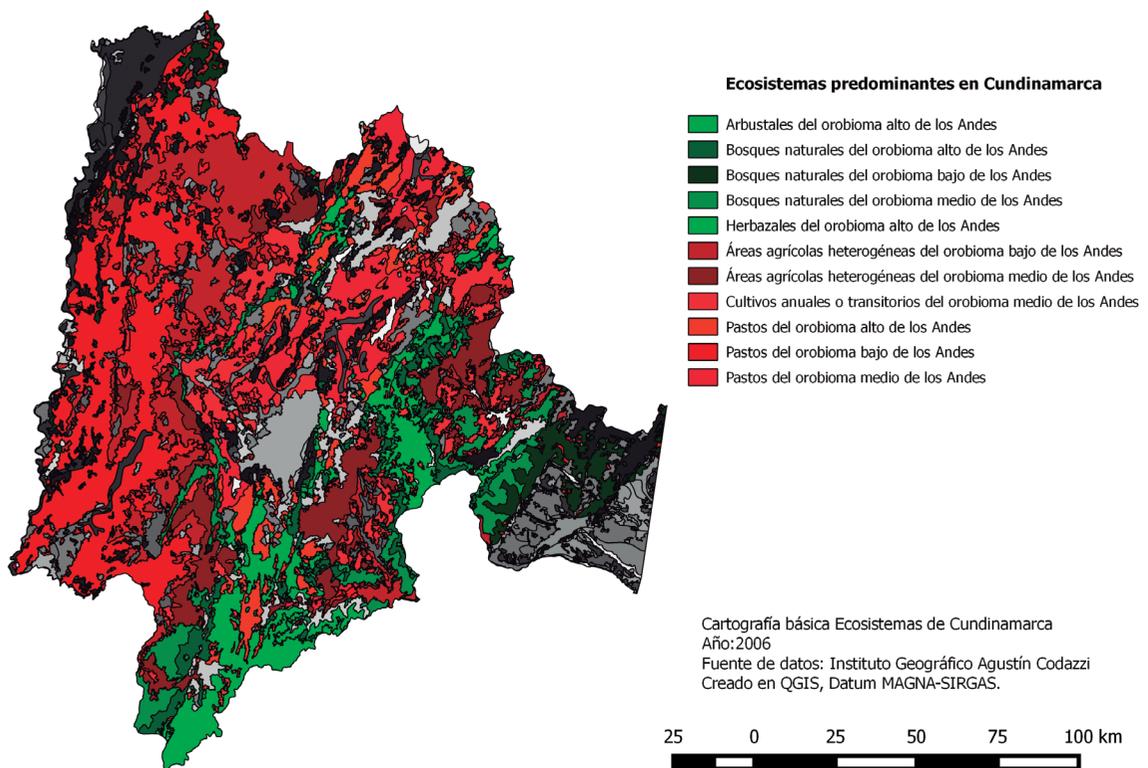


Figura 4. Mapa de los ecosistemas predominantes en Cundinamarca.

Finalmente, el departamento cuenta con 183 áreas naturales protegidas en 10 categorías de manejo, divididas de la siguiente manera (Vásquez y Serrano, 2009): 57 Reservas de la Sociedad Civil, 47 Áreas Forestales Distritales, 44 Reservas Forestales Protectoras, 18 Parques Ecológicos Distritales, 9 Distritos de Manejo Integrado, 7 Reservas Hídricas, 5 Reservas Forestales Protectoras Productoras, 3 Santuarios Distritales de Fauna y Flora, 2 Parques Nacionales Naturales (PNN Chingaza, PNN Sumapaz) y un Área de Manejo Especial (Sierra Morena).

Se resalta por su extensión y categoría de manejo el Parque Nacional Natural Chingaza con una extensión de 76600 ha que abarca un rango altitudinal que va entre desde los 800 y hasta los 4020 m s.n.m. El 74,7 % del parque está en Cundinamarca (57,250 ha) y equivale al 2,36 % del departamento. El PNN Sumapaz tiene un área de 223,179 ha con un rango altitudinal que va desde los 700 y hasta los 4375 m s.n.m., con 132657 ha en Cundinamarca (59,4 % del parque) que equivale al 5,47 % del departamento (Vásquez y Serrano, 2009; Morales *et al.*, 2007; <http://www.parquesnacionales.gov.co/>). Estas dos áreas protegidas abarcan el 7,83 % del departamento, siendo las áreas de conservación de biodiversidad más importantes en Cundinamarca. Sumado a estas se encuentran nueve Áreas Importantes para la Conservación de las Aves (AICA) que a pesar de no estar bajo alguna categoría de área protegida en la legislación del país (a excepción de las áreas ya legalmente constituidas), representan lugares críticamente importantes a nivel mundial para las aves y la biodiversidad en general (<http://datazone.birdlife.org/country/colombia/ibas>): Serranía de las Quinchas (distribuida entre los departamentos de Boyacá, Santander y Cundinamarca-pequeña proporción en el municipio de Yacopí), Complejo lacustre de Fúquene, Cucunubá y Palacio (distribuido en los departamentos de Boyacá y Cundinamarca), Gravilleras del valle del río Siecha (localizada en los municipios de Guasca y Guatavita con un área de 1500 ha), Parque Nacional Natural Chingaza (localizado entre los departamentos de

Cundinamarca y Meta), Parque Nacional Natural Sumapaz (localizado entre los departamentos de Meta, Huila y Cundinamarca), humedales de la Sabana de Bogotá (ubicados principalmente en la ciudad de Bogotá y sus alrededores con un área de 18000 ha), bosque de Tolomaida, Piscilago y alrededores (localizado en el municipio de Nilo con 20000 ha), cerros occidentales de Tabio y Tenjo (ubicados en los municipios con su mismo nombre con un área de 411 ha) y bosques de la falla del Tequendama (ubicados sobre la vertiente occidental de la cordillera Oriental con un área de 11000 ha).

Por otra parte, los bosques de niebla del flanco occidental de la cordillera han sufrido considerables niveles de transformación, contrario a lo que ocurre en la vertiente oriental donde los bosques de niebla son los que presentan mejor estado de conservación con una extensión considerable. Sin embargo ambas vertientes de la cordillera Oriental se encuentran en un estado de fragmentación por lo que debe ser monitoreado, principalmente en la vertiente occidental (Morales y Armenteras, 2013).

Recopilación de datos. El listado se elaboró a partir de varias fuentes de información (salidas de campo, bases de datos y literatura): i) se recopilaron datos de campo de los autores (observaciones sistemáticas, observaciones libres, capturas con redes de niebla, colecta de especímenes y grabaciones vocales) en diversas localidades del departamento entre 1990 y octubre de 2015 (Anexo 1). ii) Se consultaron las bases de datos de los especímenes depositados en el Instituto de Ciencia Naturales de la Universidad Nacional (ICN, 2015) y del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt-IAvH (http://i2d.humboldt.org.co/ceiba/resource.do?r=aves_iavh), la base de datos de la alianza Biomap (<http://www.biomap.net>) de especímenes presentes en museos de Colombia y fuera del país, la Colección de Sonidos Ambientales del Instituto Humboldt (<http://ipt.biodiversidad.co/iavh/resource?r=bancosonidos>), la base de cantos Xenocanto Foundation (www.xeno-canto.org),

la base de datos del Censo Nacional de Aves en Colombia (RNOA, http://ipt.sibcolombia.net/rnoa/resource.do?r=censo_aves_rnoa), los datos consignados en el Sistema de Información de la Biodiversidad (SIB, <http://ipt.sibcolombia.net/rnoa/resource.do?r=asocolflores>, <http://doi.org/10.15472/qvuuko>, http://ipt.biodiversidad.co/iavh/resource?r=rbb_chingaza_faunaflora_2015) y la base de datos eBird (<http://www.ebird.org>). iii) Se revisaron artículos científicos, libros, guías de campo y literatura gris (tesis e informes técnicos) (Anexo 2). También se consultaron directamente varios observadores de aves, de manera informal, por registros nuevos para el departamento. Los registros dudosos o con falta de evidencia no fueron tenidos en cuenta en este listado. Unos pocos registros, de la base de datos eBird (<http://www.ebird.org>), y los cuales se encuentran en el listado final con un signo de interrogación, fueron tenidos en cuenta tras una evaluación (observador, evidencia, registros cercanos, entre otros) por parte de los autores de su posible presencia. Tampoco fueron tenidas en cuenta las especies cuya distribución potencial pudiera incluirlas en el departamento, debido a que solo se quiere presentar las especies con alguna evidencia de su presencia en este.

Para complementar la información de las especies fueron empleadas las siguientes fuentes: Endémicas (E), Casi-endémicas (CE), De Interés (DI) e Información Insuficiente (II) (Chaparro-Herrera *et al.*, 2013), Categoría de amenaza global y nacional (Renjifo *et al.*, 2014, 2016; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017; BirdLife International, 2017; IUCN: <http://www.iucnredlist.org/>) y tipo de migración, ya sea transfronteriza, local o altitudinal (Fierro, 2009; Naranjo *et al.*, 2012). La taxonomía sigue a SACC 2017 (julio) (<http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html>). Finalmente con las localidades visitadas por los autores, localidades mencionadas por Olivares 1969 y fuentes de información como artículos científicos, libros y literatura gris (no se tuvieron en cuenta listados aislados o con poca representatividad

de muestreo), fue realizado un mapa de calor usando la estimación de densidad de Kernel en el programa Quantum GIS Geographic Information System (2017) versión 2.18.7 y el cual representa la densidad basado en el número de puntos en una ubicación, con el fin de poder determinar los vacíos de información o las localidades con menor esfuerzo de muestreo a lo largo del departamento.

Resultados

Se obtuvo un listado para el departamento de Cundinamarca de 941 especies (24 órdenes, 71 familias, 795 géneros), con 2 especies en 1 categoría taxonómica incierta (*Incertae sedis*, *Piprites chloris* y *Rhodinocichla rosea*). El listado del departamento representa el 49,2 % de las 1909 especies presentes en Colombia (Avendaño *et al.*, 2017). De estas especies 24 son endémicas, 72 casi endémicas, incluyendo en estas últimas al loro orejiamarillo (*Ognorhynchus icterotis*) cuya distribución histórica incluía el noroccidente de Ecuador, sin embargo, no hay certeza que dicha población se encuentre extinta en la actualidad (Devenish *et al.*, 2009; Renjifo *et al.*, 2014) (Figura 5). Se registran a su vez 3 especies de interés para Colombia (especie que presentan entre el 40-49 % de su área de distribución en Colombia), 1 especie con información insuficiente (*Setopagis heterura*) y 2 introducidas (IN) (*Columba livia* y *Lonchura malacca*); una especie extinta (*Podiceps andinus*), 39 nacionalmente amenazadas de las cuales 5 están en Peligro Crítico (CR), 15 En Peligro (EN), 13 Vulnerable (VU) y 5 Casi Amenazadas (NT), además de *Gallinago imperialis*, *Falco deiroleucus* y *Cacicus uropygialis* que presentan datos insuficientes (DD); 37 especies se encuentran en alguna categoría de amenaza global, 12 de ellas no se consideran nacionalmente amenazadas y 8 especies difieren en la categoría nacional y global, siendo de mayor grado la amenaza nacional a excepción de *Leptotila conoveri* considerada Vulnerable (VU) a nivel nacional y En Peligro (EN) a nivel global; de estas, 9 se encuentran En Peligro (EN), 12 Vulnerables (VU) y 15 Casi Amenazadas (NT).

Se registraron 91 migratorias boreales (MB) y 10 migratorias australes (MA) y 1 especie errante (*Anas crecca*). Se resalta a *Myiodynastes maculatus* que tiene poblaciones migrantes del hemisferio norte y poblaciones migrantes del hemisferio sur; *Setophaga cerulea*, migratoria boreal en estado Vulnerable de amenaza global y nacional y *Contopus cooperi*, migratoria boreal Casi Amenazado global y nacionalmente, además de 3 migratorias boreales casi amenazadas a nivel global; 19 de las especies invernantes poseen poblaciones reproductivas permanentes y posiblemente se suman a estas *Charadrius vociferus* y *Tringa melanoleuca*, las cuales pueden tener eventos reproductivos en el país (Sabana de Bogotá, páramo de Sumapaz, respectivamente) (S. Chaparro-Herrera obs. per.). Adicionalmente, 44 especies presentan otro tipo de migración, bien sea local o altitudinal, de estas 3 especies se encuentran en categoría de amenaza Vulnerable (Anexo 3).

Las familias más representativas fueron Tyrannidae con 114 especies, seguida de Thraupidae con 98, Trochilidae con 83 y Furnariidae con 56. Del total de las especies reportadas, 701 fueron registradas por los autores en 45 localidades (74,4 %) (48 registros nuevos para el departamento principalmente en los municipios de Yacopí y Ubalá-Mámbita) (Figura 6, Anexo 3, 4), 763 en diversas fuentes de información (81 %) y 830 en bases de datos (88,2 %), de las cuales 738 presentan especímenes en colecciones científicas (78,4 %) (Anexo 1, 2, 3). A su vez 13 registros son nuevos para el departamento (otros autores): *Anas bahamensis*, observada en el municipio de Mosquera (D. Rodríguez *en prensa*) y Anapoima (V. Vergara com. pers.), *Calidris fuscicollis*, registrada en la laguna de Chisacá en el PNN Sumapaz (A. Pinto datos no publicados), *Leptodon cayanensis*, observada en Mámbita-Ubalá (N. León com. pers.), *Morphnarchus princeps*, observada en Guaya-betal (A. Cuervo com. pers.), *Buteo albigula*, observada en el PNN Chingaza (F. Gómez com. pers.) y Bogotá (J. Velásquez com. pers.), *Megascops ingens*, observada en Bojacá (A. Bautista com. pers.; grabada por M. Álvarez en Medina, requiere confirmación), *Nyctibius maculosus*,

observada en Chingaza (A. Bautista datos no publicados), *Ara militaris*, observado un grupo de nueve individuos en Nilo (<http://www.ebird.org>), *Furnarius leucopus*, registrada en Beltrán (S. Lleras com. pers.), *Chloropipo flavicapilla*, observada en la laguna de Pedro Palo-Tena (D. Calderón datos no publicados), *Piprites chloris*, grabada vocalmente en el municipio de Medina (O. Laverde com. pers.), *Setophaga caerulescens*, observada en el cerro de Quiniñí (<http://www.ebird.org>, A. Caguazango com. pers.) y *Tiaris fuliginosus*, capturada en Nilo (A. M. González datos no publicados).

Olivares (1969) reporta para el departamento 646 especies, de las cuales 8 no presentan otros registros publicados a la fecha, en paréntesis la localidad de registro: *Tinamus tao* (Guaicaramo), *Anas crecca* (Fúquene), *Gallinago imperialis* (Choachí?, Siecha?), *Rynchops niger* (Girardot), *Polytmus guainumbi* (Medina), *Discosura conversii* (indicios colectada en Yacopí), *Psittacara leucophthalmus* (Guaicaramo), *Phyllomyias burmeisteri* (Puerto Salgar) y *Laniocera hypopyrra* (Guaicaramo), a su vez reporta a *Chlorostilbon russatus* en la laguna de Fúquene. Sin embargo, de estas especies reportadas por Olivares (1969), *Tinamus tao* fue registrada recientemente en Medina (O. Laverde com. pers.), *R. niger* observada esporádicamente en los últimos años en el Parque Metropolitano Simón Bolívar en Bogotá (S. Chaparro-Herrera obs. pers.), y en el municipio de Beltrán (S. Lleras com. pers.) y Anapoima (V. Vergara com. pers.), *Psittacara leucophthalmus* registrada recientemente en Medina (O. Laverde com. pers.) y *P. burmeisteri* fue capturado en 2016 en cercanías de Nilo (<http://www.ebird.org>).

De acuerdo con los registros de las colecciones biológicas consultados en Biomap (<http://www.biomap.net>), Instituto Humboldt: http://i2d.humboldt.org.co/ceiba/resource.do?r=aves_iavh e ICN (2015), existen especímenes de 738 especies (78,4 %) de las cuales 29 son la única evidencia en el departamento, principalmente en los municipios de Medina, Paratebueno y Puerto Salgar, límites del departamento hacia oriente (Llanos Orientales) y occidente (valle del río Magdalena) (Tabla 2).



Figura 5. Algunas de las especies endémicas presentes en el departamento de Cundinamarca. A) *Rallus semiplumbeus*, B) *Oxypogon guerinii* (hembra), C) *Amazilia cyanifrons*, D) *Myiarchus apicalis*, E) *Cistothorus apolinari* y F) *Euphonia concinna* (macho). Fotografías: Sergio Chaparro-Herrera.



Figura 6. Algunas de las especies registradas por los autores como nuevos registros para el departamento de Cundinamarca. A) *Calidris bairdii*, B) *Patagioenas speciosa*, C) *Pteroglossus inscriptus*, D) *Euphonia chrysopasta*, E) *Cryptopipo holochlora* y F) *Arremon taciturnus*. Fotografías: Sergio Chaparro-Herrera.

A su vez solo se conocían especímenes para *Tangara mexicana* en Medina (T. H. Wheeler, sin fecha) y *Tangara chilensis* (Mámbita-Ubalá, 1917 y Medina T. H. Wheeler, sin fecha), sin embargo en expediciones realizadas a la región por los autores en octubre de 2015 a Mámbita, municipio de Ubalá estas fueron registradas.

En cuanto a los registros sonoros consultados (Instituto Humboldt: <http://ipt.biodiversidad.co/iavh/resource?r=bancosonidos>, Xenocanto Foundation: <http://www.xeno-canto.org/>) se tienen grabaciones de 352 especies (37,4 %) de las cuales para 5 especies es la única evidencia de su presencia en el departamento (Tabla 2).

A su vez 49 especies presentan únicamente registros históricos, ya sea por especímenes coleccionados o por datos en Olivares (1969) (Anexo 5). Desde este punto resaltamos a 5 especies cuyos registros eran históricos, pero que en la actualidad cuenta con datos de observación, este es el caso del tinamú gris (*Tinamus tao*) una especie mencionada por Olivares (1969) en el municipio de Paratebuena (Guaicaramo) y registrada recientemente en Medina (O. Laverde com. pers.), el musguero de anteojos (*Siptornis striaticollis*) una especie bastante rara y local en todo su rango de distribución y cuyos registros son históricos (Fusagasugá 1917), pero actualmente ha sido observado en varias ocasiones en el municipio de San Francisco (M. Hernández com. pers.), la perdiz colorada (*Odontophorus hyperythrus*) cuyos registros se remontan a 1913 en Subia y registrada en 2006 por O. Laverde en Los Robles (Fusagasugá) (<http://ipt.biodiversidad.co/iavh/resource?r=bancosonidos>), el perico ojiblanco (*Psittacara leucophthalmus*) registrada en 1946 en Paratebuena (Guaicaramo, río Guavio), Cundinamarca-Meta y registrada recientemente en Medina (O. Laverde com. pers.) y el hormiguero dorsicastaño (*Poliocrania exsul*) registrada en Puerto Salgar en 1968 y observada en 2016 en Beltrán (S. Lleras com. pers.) En el listado no es tenido en cuenta al heliangelus de Bogotá (*Heliangelus zusii*), un espécimen de origen y distribución desconocida y proveniente de las denominadas “pieles de

Bogotá” (1909) con posible origen en la cordillera Oriental cerca de Bogotá o de la cordillera Central (Graves, 1993; Renjifo *et al.*, 2002) y cuyos estudios moleculares recientes sugieren que no es una especie válida sino el resultado de la hibridación entre una hembra *Agelaiocercus kingii* y un macho de otro colibrí (Pérez-Emán *et al.*, 2017).

Otros registros de importancia al ser los únicos datos de la presencia de algunas especies en el departamento son (tomado de <http://www.ebird.org>, algunos de ellos requieren confirmación, representados con un signo de interrogación): *Tinamus major?* (Reserva Mana Dulce entre Agua de Dios-Nilo, y laguna de Pedro Palo-Tena), *Eudocimus albus?* (Puerto Salgar), *Theristicus caudatus* (Anapoima), *Platalea ajaja* (Reserva Mana Dulce entre Agua de Dios-Nilo), *Cathartes burrovianus* (arriba de la Dorada), *Geranoospiza caerulescens* (arriba de la Dorada, Chinauta y Apulo), *Chaetura cinereiventris* (Tabacal-La Vega, La Aguadita-Fusagasugá, parque La Florida-Cota), *Malacoptila panamensis* (La Fragua-Nilo), *Amazona amazonica* (cerca de Honda), *Grallaricula flavirostris* (Monterredondo-Guayabetal), *Sclerurus albigularis* (Medina), *Sublegatus arenarum?* (Tibacuy), *Parkesia motacilla* (Parque La Florida-Cota) y *Setophaga virens* (Quebrada La Vieja-Bogotá). Otros registros son (Farallones de Medina): *Aburri aburri*, *Ortalis ruficauda?*, *Bubo virginianus*, *Tachornis squamata*, *Ramphastos tucanus*, *Thectocercus acuticaudatus*, *Thamnophilus aethiops*, *Myrmophylax atrothorax*, *Myiarchus tyrannulus*, *Caccicus solitarius* y *Cacicus haemorrhous* (Cortés *et al.*, 2010); *Buteogallus solitarius* (Guayabetal) y *Turdus fumigatus* (Chuzalaguna de Fúquene) (http://ipt.sibcolombia.net/rnoa/resource.do?r=censo_aves_rnoa); *Setopagis heterura*, *Siryster albocinereus*, *Stelgidopteryx serripennis* y *Turdus leucops* (Sabana de Bogotá) (ABO, 2000); *Myrmotherula ignota* (Reserva Mana Dulce entre Agua de Dios-Nilo); *Plegadis falcinellus* (Cundinamarca) (Naranjo *et al.*, 2012; León-Lleras y Rodríguez-Villamil, 2015), *Chaetura chapmani* (San Antonio del Tequendama) (Downing, 2005) y *Cacicus haemorrhous* (Medina) (Salaman *et al.*, 2002).

Tabla 2. Especies cuya única evidencia en el departamento corresponde a colecciones biológicas o registros sonoros. Con asterisco se encuentran las especies que requieren confirmación.

	Espece	Localidad
Colecciones biológicas	<i>Mustelirallus albicollis</i>	
	<i>Chordeiles nacunda</i>	
	<i>Jacamerops aureus</i>	
	<i>Bucco macrodactylus</i>	
	<i>Monasa flavirostris</i>	
	<i>Bubucco richardsoni</i>	Medina
	<i>Epinecrophylla ornata</i>	
	<i>Xiphorhynchus elegans</i>	
	<i>Ochthornis littoralis</i>	
	<i>Cotinga cayana</i>	
	<i>Pachyramphus minor</i>	
	<i>Turdus albicollis</i>	
	<i>Vireolanius leucotis</i>	Guayabetal
	<i>Charadrius collaris</i>	
	<i>Opisthocomus hoazin</i>	Paratebueno
	<i>Hypnelus ruficollis</i>	
	<i>Leptotila cassini</i>	Puerto Salgar
	<i>Chloroceryle inda</i>	
	<i>Myrmotherula pacifica</i>	
	<i>Gymnocichla nudiceps</i>	Puerto Salgar
	<i>Tangara larvata</i>	
	<i>Geothlypis aequinoctialis</i>	
	<i>Pteroglossus torquatus</i>	Puerto Salgar, Yacopí
	<i>Lepidothrix coronata</i>	Girardot
	<i>Habia cristata</i>	San Juan de Río Seco
	<i>Psarocolius wagleri</i>	Apulo
	<i>Trogon rufus</i>	Tena-Pedro Palo
	<i>Quiscalus mexicanus</i>	
<i>Urosticte ruficrissa</i>	Choachí	

Cont. **Tabla 2.** Especies cuya única evidencia en el departamento corresponde a colecciones biológicas o registros sonoros. Con asterisco se encuentran las especies que requieren confirmación.

	Especie	Localidad
Registros sonoros	<i>Zentrygon frenata</i> *	Medina, H. Álvarez
	<i>Phaethornis longirostris</i>	Yacopí, F. G. Stiles
	<i>Anisognathus lacrymosus</i>	
	<i>Cercomacra parkeri</i>	La Vega-Tabacal, O. Cortés
	<i>Platyrinchus coronatus</i>	Fusagasugá, O. Laverde
	<i>Megascops petersoni</i> *	San Antonio del Tequendama, J. Bradley

Especies y subespecies extintas. Se reporta una especie extinta en Colombia, el zambullidor colombiano (*Podiceps andinus*) especie endémica de Colombia y de la cual se confirmó su extinción en 1982 (Fjeldsá, 1993). En Cundinamarca fue registrada en la Sabana de Bogotá (laguna La Herrera, represa del Muña) y en la laguna de Fúquene (Olivares, 1969; Renjifo *et al.*, 2016). Dos especies extintas en el departamento: *Netta erythrophthalma* registrada en la laguna de Fúquene y la Sabana de Bogotá (laguna La Herrera y Fontibón), su última observación fue en 1977 en Engativá y posiblemente se encuentre extinta en el país (Olivares, 1969; R. Ridgely en Hilty y Brown, 1986; Botero, 2002), y *Macroagelaius subalaris* registrada en Fusagasugá (última observación en 1960), Silvania, Subia, La Aguadita y Aguabonita (Olivares, 1969; Amaya-Espinel y Renjifo, 2002; Córdoba-Córdoba *et al.*, 2014). Tres subespecies extintas: *Anas georgica niceforoi*, registrada en la laguna de Fúquene y en la Sabana de Bogotá (lagunas de La Herrera y Tibabuyes), considerada extinta desde 1956 (Olivares, 1969; Naranjo, 2002a), *Anas cyanoptera borroroi* registrada en la laguna de Fúquene y Cucunubá y en la Sabana de Bogotá (lagunas de La Herrera y Tibabuyes, Mosquera, Gachancipá, Torca y represa del Muña), no registrada desde los años 60s (Olivares, 1969; Naranjo, 2002b) y *Polystictus pectoralis bogotensis* registrada en la Sabana de Bogotá, pantanos de

Suba y cuyo último registro fue en 1919 (Olivares, 1969; Collar y Wege, 1995).

Distribución espacial de los registros en el departamento. Han sido estudiadas varias localidades a lo largo del departamento de Cundinamarca, las cuales se ubican en áreas restringidas principalmente al centro del departamento y en cercanías a la ciudad de Bogotá, presentando por ende grandes vacíos de información en sus límites. Hacia la zona occidental (límites con el valle del río Magdalena) hay pocos muestreos y estos se encuentran principalmente hacia la provincia del alto Magdalena (las provincias del Magdalena centro y bajo Magdalena son las que tienen menos información). Para la zona oriental, hacia la provincia de Medina (límites con los Llanos Orientales) hay muy pocos muestreos (Figura 7, Anexo 6). Estas dos regiones son las que presentan el mayor número de registros nuevos para el departamento debido a la falta de muestreo. Algo similar ocurre hacia el norte (provincias de Río Negro) y sur del departamento (provincias de Sumapaz y parte de Oriente y Distrito Capital) las cuales tienen muy pocas localidades muestreadas. Estas últimas principalmente deben ser exploradas al presentar la mayor cantidad de ecosistemas con áreas naturales como herbazales, arbustales y bosques del departamento (ver Figura 4).

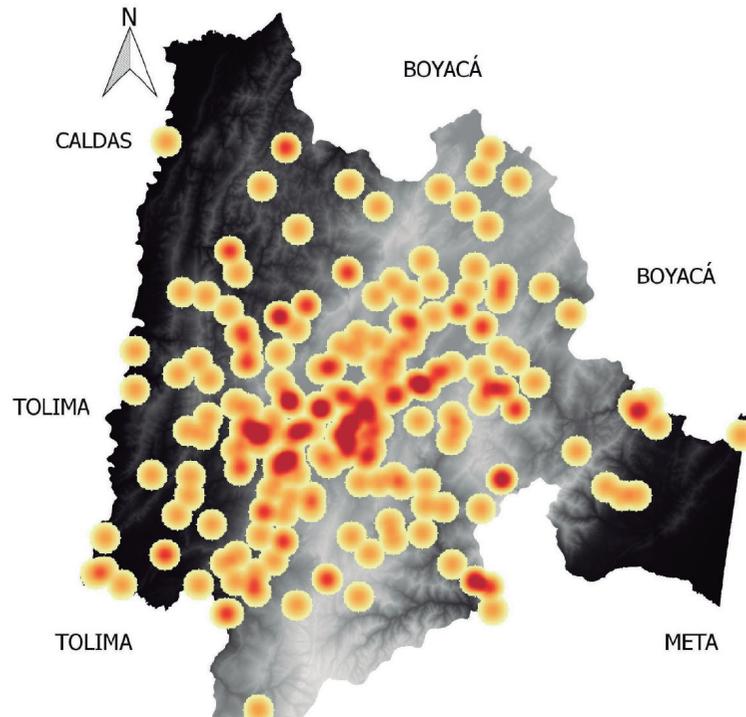


Figura 7. Mapa de densidad de Kernel de las localidades estudiadas históricamente en el departamento de Cundinamarca (Olivares, 1969; fuentes de información y observaciones de los autores). Los puntos rojos representan congregaciones de localidades estudiadas (no se tuvieron en cuenta listados aislados o con poca representatividad de muestreo).

Sin embargo, esto no significa que las localidades donde existe mayor número de estudios se encuentren inventariadas en su totalidad. Un claro ejemplo de esto es la región de Nilo y Tibacuy, donde en muestreos recientes realizados por algunos investigadores se han registrado nuevas especies para el departamento (*Leptotila conoveri*, *Ara militaris*, *Malacoptila panamensis*, *Tiaris fuliginosus*, *Setophaga caerulescens*) o de especies cuyos únicos registros han sido históricos (*Phyllomyias burmeisteri*) (González-Prieto *et al.*, 2014; <http://www.ebird.org>; A. M. González datos no publicados).

Nuevos registros de especies para el departamento (otros autores). A continuación se realiza un recuento de las especies relevantes, ya sea por ser

nuevos registros para el departamento y/o que han ampliado su rango de distribución o especies que presentan únicamente datos históricos:

-*Anas bahamensis bahamensis*: residente poco común a relativamente común en aguas salobres, áreas mareales y manglares, y menos frecuente en el interior en pantanos y lagunas de agua dulce (Hilty y Brown, 1986; Ruiz-Guerra y Estela, 2016). Presente en Colombia hasta los 100 m s.n.m. en la región Caribe desde Cartagena hasta La Guajira (Hilty y Brown, 1986; Ruiz-Guerra y Estela, 2016), con registros en Sinú-Córdoba (Ruiz-Guerra y Estela, 2016); puede ocurrir en terreno elevado de los Andes hasta los 2500 m s.n.m. y en ocasiones a altitudes superiores (Carboneras y Kirwan, 2016). Actualmente es catalogada

como una especie Casi Amenazada (NT) debido principalmente a la destrucción del hábitat, la cacería y la contaminación (Renjifo *et al.*, 2016). Fue observada en la laguna de La Herrera, municipio de Mosquera en 2015 (D. Rodríguez *en prensa*) y Anapoima (V. Vergara com. pers.), representando así los primeros registros para Cundinamarca y probablemente los primeros en el interior del país.

-*Calidris fuscicollis*: especie migratoria boreal poco común, presente en Colombia en Leticia (Amazonas), Puerto Inírida (Guainía), SFF Los Flamencos en La Guajira, PNN Sanquianga, isla Salamanca y Sabanagrande y SFF Malpelo hasta los 400 m s.n.m. en donde habita pastizales y playas arenosas, playones salinos y orillas de humedales salobres (Hilty y Brown, 1986; Ruiz-Guerra, 2012a). Registrada en la laguna de Chisacá en el PNN Sumapaz a 3700 m s.n.m. (A. Pinto datos no publicados). Este registro es el primero para la cordillera Oriental y el de mayor elevación conocida.

-*Leptodon cayanensis cayanensis*: presente en Colombia hasta los 1000 m s.n.m. en la costa Pacífica hacia el este por el norte de los Andes en el alto Sinú y Nechí (poco común); Caribe desde el Atlántico hasta la base oeste y noroeste de la Sierra Nevada de Santa Marta; sur en el valle del Magdalena hasta noroeste de Santander; este de los Andes desde el oeste de Caquetá y Vaupés en donde habita bosques húmedos y bordes de bosque (Hilty y Brown, 1986; Márquez *et al.*, 2005). Fue fotografiada en Mámbita-Ubalá (N. León com. pers.) siendo el primer registro para Cundinamarca y representando una ampliación del rango de distribución en el país para el este de los Andes (posiblemente registrado en San Antonio del Tequendama, requiere confirmación).

-*Morphnarchus princeps*: es una especie que habita en Colombia en pendientes bajas y piedemontes en bosques húmedos entre los 50 y los 1800 m s.n.m. (principalmente 300-1200 m s.n.m.). Presente en la vertiente Pacífica desde Quibdó (Chocó) hacia el sur (valle del río Anchicayá, Valle del Cauca, PNN Munchique, reserva Tambito-Cauca), valle medio del río Magdalena (pendiente oeste de la cordillera

Oriental en Santander-Serranía de las Quinchas), cabeceras del río Magdalena en Huila (PNN Cueva de los Guácharos) y sector de Risaralda (Hilty y Brown, 1986; Laverde-R *et al.*, 2005; <http://www.xeno-canto.org/>). Fue registrada en el municipio de Guayabetal sector El Calvario-Monterredondo (A. Cuervo com. pers.), siendo el primer registro confirmado para el departamento y el primero para el este de los Andes.

-*Buteo albigula*: especie rara y local, habita bosques montanos húmedos, bosques de niebla y bosques achaparrados a mayores altitudes y zonas abiertas adyacentes a estos bosques entre los 1700 y 3500 m s.n.m.. Presente en Colombia en la cordillera Central (Quindío), valle del río Combeima, este de Popayán, noroeste del volcán Puracé, Munchique y El Tambo en el departamento del Cauca (Hilty y Brown, 1986; Márquez *et al.*, 2005). Esta especie fue observada en el PNN Chingaza en 2015 (F. Gómez com. pers.) y en 2016 en la ciudad de Bogotá (J. Velásquez com. pers.) lo cual representa los primeros registros para Cundinamarca y amplían la distribución en el país.

-*Megascops ingens (venezuelanus?)*: esta subespecie se distribuyen en Colombia entre los 1200 y 1700 m s.n.m. (hasta los 2250 m s.n.m.), sobre el flanco occidental de la Serranía del Perijá, La Guajira, Santander y Boyacá (Pajarito), *M. i. ingens* presente en los Andes al suroeste de Colombia hacia el sur (Hilty y Brown, 1986; Chaparro-Herrera *et al.*, 2015). Registrada y fotografiada en el municipio de Bojacá en 2016 (A. Bautista com. pers.), ampliando así considerablemente su distribución en el país además de ser el primer registro para Cundinamarca (Chaparro-Herrera, 2017) (registro sonoro en Medina por M. Álvarez, requiere confirmación).

-*Nyctibius maculosus*: es una especie muy rara que habita bosques nublados con claros entre los 1800 y los 2800 m s.n.m. Se conoce en Colombia únicamente de "pieles de Bogotá" y de la vertiente oeste de la cordillera Oriental en el Norte de Santander y vertiente este en Llorente en sureste de Nariño (Hilty y Brown, 1986; Cohn-Haft, 2016).

Esta especie fue observada, fotografiada y grabada vocalmente en el PNN Chingaza en 2015 (A. Bautista datos no publicados), lo cual representa el primer registro para el departamento además de una nueva localidad, de las pocas que se conocen, en el país.

-*Ara militaris militaris*: es una especie Vulnerable (VU) y presenta migraciones locales (hasta los 2000 m s.n.m. o más). Habita selvas húmedas y vegetación subxerofítica (Santa Marta). Su distribución es discontinua en Colombia: Sierra Nevada de Santa Marta y cordillera Oriental desde la serranía de Perijá hacia el sur a lo largo de la vertiente occidental hasta Bucaramanga; vertiente oriental de la cordillera Oriental desde la Serranía de La Macarena hasta el Putumayo; vertiente oriental de la cordillera Central en Remedios y anteriormente en el área de Medellín y en la vertiente occidental de la cordillera Occidental cerca de las cabeceras del San Juan hasta Dagua y Anchicayá (Hilty y Brown, 1986; Rodríguez-Mahecha, 2002). Fue observado un grupo de nueve individuos en sobrevuelo en el municipio de Nilo en 2015 (<http://www.ebird.org>). Este registro representa el primero para el departamento además de llenar un vacío de información en la distribución de la especie en el país.

-*Furnarius leucopus endoecus*: presente en Colombia en áreas húmedas y lodosas y en matorrales enmarañados a lo largo de cuerpos de agua (no siempre) y en zonas semiabiertas con suelo desnudo hasta los 500 m s.n.m., desde la serranía de San Jacinto y sur del Magdalena, por el sur hasta el alto río Sinú y valle medio del río Magdalena hasta Puerto Berrio y tierras bajas de la serranía de los Yariguíes (Hilty y Brown, 1986; Donegan *et al.*, 2010; Remsen y de Juana, 2016). Registrada en el municipio de Beltrán (S. Lleras com. pers.), siendo el primero para Cundinamarca y la localidad más hacia el sur del valle del río Magdalena, ampliando su distribución hacia esta región.

-*Chloropipo flavicapilla*: especie casi-endémica y Vulnerable (VU) poco común, presente entre los 1200 y los 2400 m s.n.m., habita bosques húmedos

y vegetación secundaria alta, puntualmente en ambas vertientes de la cordillera Occidental (Valle y Cauca), vertiente occidental de la cordillera Central (Antioquia) y Oriental (desde Tolima hasta Caldas y extremo norte en Antioquia), cabecera del valle del río Magdalena (Huila), y en el flanco occidental de la cordillera Oriental (Tolima) (Hilty y Brown, 1986; Moreno-Palacios, 2014). Fue observada en la laguna de Pedro Palo-Tena (D. Calderón datos no publicados) lo cual representa el primer registro para el departamento y para esta región del país.

- *Piprites chloris*: especie poco común presente en Colombia hasta los 1500 m s.n.m. en la serranía de Perijá, extremo noroeste de la cordillera Central, valle medio del Magdalena, este de los Andes desde el oeste de Meta hasta el sureste de Nariño, también registrada en Vaupés y sureste de Guainía en donde habita bosque húmedo y bosque secundario maduro (Hilty y Brown, 1986; Snow y de Juana, 2017). Fue grabado vocalmente en Medina (O. Laverde com. pers.), lo cual representa el primer registro para el departamento y la localidad más al norte en el flanco oriental de la cordillera Oriental.

- *Setophaga caerulescens*: especie migratoria boreal rara en Colombia, registrada únicamente en San Andrés y Providencia, La Guajira y Magdalena, con registros aislados en Santander y Quindío por debajo de los 2000 m s.n.m. (Hilty y Brown, 1986; Escrucera y Peraza, 2012a). Fue registrada en el cerro de Quininí (<http://www.ebird.org>; A. Caguazango com. pers.) siendo el primer registro para el departamento y uno de los pocos al interior del país.

-*Tiaris fuliginosus*: es una especie no bien conocida en Colombia, aparentemente local o estacional poco común, habita matorral seco, en bordes de bosque húmedo o en claros con pastos en monte claro, posiblemente hasta los 1000 m s.n.m. (en Venezuela hasta los 2300 m s.n.m.), presente en el alto valle del río Magdalena y alto Patía, región de Santa Marta y Bucaramanga, posiblemente en otros lugares de manera estacional (Hilty y Brown,

1986; Ridgely y Tudor, 2009). Especie capturada en el municipio de Nilo (A. M. González datos no publicados), lo cual representa el primer registro para el departamento y una ampliación del rango de distribución en el país.

Nuevos registros de especies para el departamento con ampliación en su rango de distribución (registros de los autores):

-*Crypturellus cinereus*: presente hasta los 500 m s.n.m. en la base este de la cordillera Oriental en el norte de Meta y el este de Vichada hacia el sur hasta Putumayo. Fue registrada en el municipio Ubalá (Mámbita) a 1200 m s.n.m. en el interior de un bosque secundario ampliando por ende hacia el norte su distribución y aumentando su rango de elevación conocido 500 m s.n.m. (registros recientes en Medina, O. Laverde, com. pers.).

-*Syrigma sibilatrix fostersmithi*: registrada en Colombia principalmente hasta los 500 m s.n.m. en el este de los Andes por el sur hasta el río Guaviare y por el este hasta el noroeste de Vichada (Hilty y Brown, 1986), sin embargo, existen algunos registros al oeste de los Andes (Parra-Hernández, *et al.*, 2007). Fue registrada en el municipio de Ubalá a 815 m s.n.m. representando el primero para el departamento, sin embargo en febrero de 2016 en las Gravilleras de Siecha (Guasca) a 2650 m s.n.m. fueron observados dos individuos (J. J. Prada com. pers.), ampliando considerablemente su distribución altitudinal (registrada recientemente en el lago de Tota (Boyacá) a 3015 m s.n.m. por Zuluaga-Bonilla y Macana-García, 2016). Vale la pena resaltar que poblaciones de los Andes de Venezuela se encuentran a 2300 m s.n.m. y existen registros excepcionales en Bolivia a 2500 m s.n.m. (Martínez-Vilalta *et al.*, 2007). También fue registrada recientemente en los municipios de Beltrán (S. Lleras com. pers.) y Guayabetal.

-*Calidris bairdii*: migratoria boreal que se distribuye en Colombia al oeste de los Andes hasta los 3400 m s.n.m.; registros en la zona Pacífica (PNN Gorgona, Sanquianga y SFF Malpelo), zona Caribe (Córdoba, La Guajira y Magdalena) Valle

del Cauca, Antioquia, Cauca, Chocó y Nariño (Ruiz-Guerra 2012b). Registrado en el páramo de Sumapaz a 3700 m s.n.m. representando el primero para el departamento y el segundo para la cordillera Oriental (P. Kaestner lo registró en 1989 en el lago de Tota-Boyacá) (<http://www.ebird.org>).

-*Buteo albonotatus*: se encuentra distribuida en Colombia desde el Golfo de Urabá por la región Caribe hasta La Guajira y hacia el suroriente de Córdoba, sur del Magdalena y centro del Cesar con registros recientes en Antioquia y un registro en Pueblo Rico-Risaralda, al oriente de los Andes de manera dispersa y un registro histórico en el departamento de Huila, hasta los 500 m s.n.m. (a los 2400 m s.n.m. en la Sierra Nevada de Santa Marta) (Hilty y Brown, 1986; Márquez *et al.*, 2005, Bierregaard *et al.*, 2016); fue registrada en el municipio de Apulo siendo el primero para el departamento y ampliando su rango de distribución hacia el valle alto del río Magdalena (Chaparro-Herrera *et al.*, 2017).

-*Buteogallus urubitinga urubitinga*: habita bordes de bosque, bosques ribereños y pantanosos, manglares y sabanas con parches de bosque hasta los 1500 m s.n.m. (raro a 1800 m s.n.m.) desde el límite con Panamá hacia el sur por el Pacífico hasta la serranía del Baudó y desde el golfo de Urabá, por el este por hasta la región Caribe hasta La Guajira, y toda la región este de los Andes (Hilty y Brown, 1986; Bierregaard *et al.*, 2017). Registrado en el municipio de Apulo siendo el primer registro para el departamento y ampliando la distribución por el valle del río Magdalena hacia el sur.

-*Phaethornis bourcierii bourcierii*: presente en Colombia hasta los 400 m s.n.m. en el sureste de los Andes desde el oeste de Caquetá (sur de Florencia), noreste de Guainía (Puerto Inírida) y Vaupés (hasta los 1600 m s.n.m. en Venezuela) (Hilty y Brown, 1986; Hinkelmann *et al.*, 2016). Esta especie fue registrada en el municipio de Ubalá (Mámbita) a 815 m s.n.m., representado el primero para el departamento y ampliando la distribución hacia el norte del este de los Andes.

-*Chlorestes notata notata*: Es una especie distribuida hasta los 500 m s.n.m. al este de los Andes (probablemente todo el este) con unas pocas localidades dispersas conocidas (río Orinoco en Maipures, llanos del Casanare, y Leticia (*C. n. puruensis*)) (Hilty y Brown, 1986; McNish, 2007; Bündgen y Kirwan, 2016). Fue observada en el municipio de Ubalá (Mámbita) a los 1240 m s.n.m. siendo el primero para el departamento además de ampliar su rango altitudinal y aportando una nueva localidad para el este de los Andes.

-*Atticora tibialis griseiventris*: presente en el este de los Andes en la serranía de la Macarena, oeste de Caquetá, sureste de Nariño y Vaupés hasta los 1600 m s.n.m. (principalmente hasta los 1000 m s.n.m.) (Hilty y Brown, 1986; Turner y Kirwan, 2016). Fue registrada en el municipio de Ubalá (Mámbita) siendo el primer registro para el departamento y ampliando la distribución de la especie hacia el norte del este de los Andes.

-*Hylocichla mustelina*: especie migratoria boreal con pocos registros en el norte del país, Parque Nacional Natural Los Katíos, noreste del Chocó, islas de San Andrés y Providencia y La Guajira (Hilty y Brown 1986; Eusse-González, 2012). Registrada en el cerro de Quininí, municipio de Tibacuy (1400 m s.n.m.), ampliando considerablemente su rango de distribución y siendo a la fecha el primer registro confirmado para el interior del país.

Especies relevantes cuyo único registro para el departamento se encuentra en Olivares (1969):

-*Anas crecca carolinensis*: es una especie errante (<http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html>). Se anota que es uno de los registros más raros en Colombia y se conoce por dos ejemplares coleccionados en el municipio de Fúquene (laguna de Fúquene) en enero 24 (sin año).

-*Gallinago imperialis*: es una especie Casi Amenazada (NT) a nivel global (IUCN: <http://www.iucnredlist.org/>) y categorizada como

Datos Deficientes (DD) a nivel nacional (Renjifo *et al.*, 2016). Se distribuye entre los 2700 y los 3800 m s.n.m. a lo largo de la vertiente oriental del norte de los Andes desde Colombia y Ecuador hasta la cordillera de Vilcabamba al sur del Perú (extremadamente rara y local) (Renjifo *et al.*, 2002; Renjifo *et al.*, 2016). Se anota que en Colombia se conoce de dos pieles de “Bogotá”, Nicéforo María registró provisionalmente especímenes del páramo de Choachí y de la Laguna de Siecha, pero este material se quemó el 9 de abril de 1948 (“El Bogotazo”). A su vez solo se cuenta con registros visuales de la década de 1980 en el Parque Nacional Natural Chingaza (Renjifo *et al.*, 2016).

-*Polytmus guainumbi andinus*: presente en Colombia hasta los 600 m s.n.m. en la base este de la cordillera Oriental, por el sur hasta la serranía de la Macarena y por el este hasta el río Orinoco en Vichada (Hilty y Brown, 1986; McNish, 2007). Existen algunos registros al oeste de los Andes en el Parque Nacional Los Katíos, Santander y Norte de Santander (hasta los 1300 m s.n.m.) (Avenidaño *et al.*, 2013). Se anota que el tipo es de “pieles de Bogotá”, probablemente coleccionadas en la base de la ladera oriental en los Andes entre Cundinamarca y Meta (Medina).

-*Discosura conversii*: se encuentra en Colombia hasta los 1000 m s.n.m. (un registro a los 1400), en toda la costa Pacífica y hacia la serranía de las Quinchas (Otanche-Boyacá) (Hilty y Brown, 1986; Biomap: <http://www.biomap.net>). Se anota que existen indicios de que haya sido coleccionada en Yacopí.

-*Chlorostilbon russatus*: presente en Colombia entre los 600 y los 1700 m s.n.m. en la Sierra Nevada de Santa Marta y serranía de Perijá (Hilty y Brown, 1986). Se anota un registro en la laguna de Fúquene (2600 m s.n.m.) siendo el único registro que se tiene en el centro del país (coleccionado por K. von Sneider en 1950).

-*Laniocera hypopyrra*: presente en Colombia hasta los 500 m s.n.m. en la base este de la cordillera Oriental desde el extremo suroriental de Casanare

y noreste de Guainía (Puerto Inírida) hacia el sur (Hilty y Brown, 1986). Se anota que es una especie muy rara en colecciones científicas en cuanto se refiere a material colombiano y que los únicos registros auténticos del país son en Guaicaramo (Cundinamarca) y Los Micos (Meta).

Especies relevantes representadas únicamente en colecciones científicas:

-Urosticte ruficrissa: presente entre los 1600 y los 2300 m s.n.m. en la vertiente este de la cordillera Central en el sur del Huila (San Agustín) y sureste de Nariño (El Carmen) (Hilty y Brown, 1986; Ayerbe-Quiñones *et al.*, 2008; Calderón-Leytón *et al.*, 2011). Coleccionado en 1916 en el municipio de Choachí. Este registro representa el único para el departamento y amplía la distribución hacia el norte de la cordillera Oriental.

-Trogon rufus: presente hasta los 1100 m s.n.m. en la costa Pacífica y este por tierras bajas húmedas, norte de los Andes hasta valle medio del río Magdalena (sur hasta Honda-Tolima), subespecie *sulphureus* presente al este de los Andes (Hilty y Brown, 1986). Coleccionada en 1970 en la laguna de Pedro Palo en el municipio de Tena, siendo el único registro para el departamento. (*T. r. cupreicauda?*).

-Jacamerops aureus aureus: subespecie presente en Colombia al este de los Andes hasta los 900 m s.n.m. desde el sur del Meta (serranía de la Macarena) y sureste de Guainía hacia el sur hasta Nariño (Hilty y Brown, 1986; Calderón-Leytón *et al.*, 2011). *J. a. penardi* presente en costa Pacífica y tierras bajas húmedas al norte de los Andes, por el este hasta el valle medio del río Magdalena (noroeste de Santander). Coleccionada en Medina, sin fecha, amplía su rango de distribución hacia el norte del este de los Andes.

-Vireolanius leucotis: presente en Colombia entre los 300 y los 2100 m s.n.m. (raro por encima de los 1800) en la vertiente Pacífica desde el alto río San Juan (cerro Tatamá) hacia el sur (*V. l. mikettae*) y base este de la cordillera Oriental en el

sureste de Nariño (*V. l. leucotis*) (Hilty y Brown, 1986). Coleccionada en Quetame-Guayabetal en 1970, ampliando considerablemente su rango de distribución hacia el norte en la vertiente este de la cordillera Oriental (*V. l. leucotis?*).

-Habia cristata: es una especie endémica de Colombia, se encuentra distribuida entre los 700 y los 1800 m s.n.m. en la vertiente Pacífica, localmente en la vertiente este adyacente de la cordillera Occidental desde el norte de Antioquia hasta el Cauca y vertiente este de la cordillera Central en el Líbano e Ibagué-Tolima (Hilty y Brown, 1986; Biomap: <http://www.biomap.net>, Freeman *et al.*, 2012; <http://www.xeno-canto.org/>). Coleccionado en San Juan de Río Seco en 1923, siendo el primer registro para la cordillera Oriental.

-Psarocolius wagleri ridgwayi: presente en Colombia hasta los 1000 m s.n.m. (principalmente menos de 400 m s.n.m.) en la costa Pacífica y tierras bajas húmedas al norte de los Andes este hasta valle medio del río Magdalena (sur hasta Remedio al este de Antioquia) (Hilty y Brown, 1986). Coleccionado en Apulo en 1975 siendo el único registro para el departamento. También ha sido registrada, actualmente, en la serranía de los Yariquíes (Santander) (Donegan *et al.*, 2010).

-Quiscalus mexicanus: presente en la costa Caribe y en la costa Pacífica (Hilty y Brown, 1986). Coleccionado en 1970 en la laguna de Pedro Palo, municipio de Tena. Ese registro representa el primero hacia el interior del país y por ende amplía el rango de distribución de la especie. (*Q. m. peruvianus?*)

Otras especies de relevancia representes en el departamento por diferentes fuentes de información:

-Plegadis falcinellus: especie migratoria boreal registrada en Colombia entre los 300 y los 2600 m s.n.m. (principalmente entre los 300 y los 1500 m s.n.m.) en los llanos de la Orinoquia y el Caribe (registros en Valle del Cauca, Caldas y

Cundinamarca) (Naranjo *et al.*, 2012, León-Lleras y Rodríguez-Villamil 2015). Para Cundinamarca son pocos los registros y se centran en la Sabana de Bogotá (2600 m s.n.m.) siendo el rango altitudinal más alto conocido para la especie en el país; registrado en el humedal el Tandil entre Cajicá-Zipacquirá y en la laguna de Fúquene (McNish, 2010; León-Lleras y Rodríguez-Villamil, 2015).

-*Platalea ajaja*: presente en Colombia hasta los 1000 m s.n.m. en la costa Caribe desde Cartagena hasta el este de La Guajira, errante hasta el alto valle del Cauca en Cali (una vez en la costa Pacífica, Guapi), bajo valle del río Magdalena y este de los Andes (Hilty y Brown, 1986). Fue registrada en la Reserva Mana Dulce entre Agua de Dios-Nilo en 2010 por David Parsley (<http://www.ebird.org>), lo cual representa una ampliación de la distribución hacia la parte sur del valle del Magdalena.

-*Buteogallus solitarius solitarius*: especie amenazada globalmente, registrada entre los 200 y los 2200 m s.n.m., conocida al este de los Andes únicamente en el departamento de Caquetá (Florencia y Morelia) y un registro reciente en Boyacá (Santa María) (Hilty & Brown, 1986; Márquez *et al.*, 2005; Chaparro-Herrera y Laverde, 2014). Existe un registro a su vez en Guayabetal (http://ipt.sibcolombia.net/rnoa/resource.do?r=censo_aves_rnoa), el cual es importante mencionarlo por ser el primero para el departamento y debido a que a lo largo de su distribución se han confirmado menos de cien registros en los últimos ciento cincuenta años, por lo tanto es una de las rapaces menos conocidas (Phillips, 2012).

-*Burhinus bistriatus pediacus*: habita en Colombia sabanas secas y pastizales planos abiertos con o sin árboles dispersos y arbustos hasta los 500 m s.n.m. (hasta los 900 m s.n.m. en otros países), presente en la costa Caribe desde el área de Cartagena hasta La Guajira, valle del río Magdalena (alto valle, Ibagué-Tolima y Villavieja-Huila), valle alto del río Cauca y en general en el este de los Andes en los llanos hasta el río Guaviare (Hilty y Brown, 1986; McNish, 2007; Parra-Hernández *et al.*, 2007; Ayerbe-Quiñones *et al.*, 2008; Gómez y Robinson,

2014; Hume y Kirwan, 2016). Registrada en el municipio de Gutiérrez por Mayorca y Melo (2014) y Beltrán (S. Lleras com. pers.), siendo los primeros registros para Cundinamarca y en el segundo caso la segunda localidad en el Magdalena medio.

-*Leucophaeus pipixcan*: especie migratoria boreal poco común, registrada en Colombia en la costa Pacífica en las rocas de Octavia (Chocó), bahía de Buenaventura y Punta Soldado (Valle del Cauca), PNN Gorgona (Cauca) y Tumaco (Nariño) en donde habita playas arenosas, bajos areno-fangosos, manglares, también lagunas y ríos de interior (Hilty y Brown, 1986; Zamudio, 2012). Registrada (un inmaduro) en el Parque Metropolitano Simón Bolívar de Bogotá en 2011, siendo el primer registro para Cundinamarca y posiblemente el primero para la cordillera Oriental (Bayly, 2015).

-*Leptotila conoveri*: especie endémica presente entre los 1500 y los 2800 m s.n.m. en la vertiente este de la cordillera Central desde Ibagué por el sur hasta cabeceras del valle del río Magdalena en Huila y Cauca (Hilty y Brown, 1986; Parra-Hernández *et al.*, 2007; Ayerbe-Quiñones *et al.*, 2008). Recientemente registrada en el departamento de Cundinamarca en los municipios de Nilo y Tibacuy (González-Prieto, 2014), siendo el primer registro para el departamento y para el este de los Andes.

-*Megascops petersoni*: presente entre los 1400 y 1820 m s.n.m. en el piedemonte de la cordillera Central en Anorí (Antioquia) y cordillera Oriental en la parte alta del municipio de San Luis de Cubarral (Cuervo *et al.*, 2008; Chaparro *et al.*, 2015; <http://www.xeno-canto.org/>). Recientemente fue registrada auditivamente en el municipio de San Antonio del Tequendama (<http://www.xeno-canto.org/>), ampliando su rango de distribución en la cordillera Oriental y siendo la única evidencia de su posible presencia en el departamento, sin embargo este registro requiere confirmación.

-*Setopagis heterura*: presente en Colombia hasta los 300 m s.n.m. en la base norte de la Sierra Nevada de Santa Marta y tierras bajas del Catatumbo

(Cúcuta) (Hilty y Brown, 1986). Registrado a 2600 m s.n.m. en la Sabana de Bogotá (accidental) (ABO, 2000). Este registro amplía de manera considerable su rango de distribución y su rango altitudinal.

-*Chaetura chapmani*: presente en Colombia entre los 100 y los 1600 m s.n.m. en Antioquia, límite entre Risaralda y Antioquia (alto de Pisonés), Risaralda, Valle del Cauca y en la cuenca del río Caquetá (Hilty y Brown, 1986; Ayerbe-Quiñones *et al.*, 2008; Cuervo *et al.*, 2003). Registrado en el municipio de San Antonio del Tequendama (Downing, 2005), representando el primer registro para el este de los Andes.

-*Malacoptila panamensis magdalenae*: subespecie presente hasta los 1400 m s.n.m. al lado oeste del golfo de Urabá por el este hasta las tierras bajas húmedas del norte de los Andes hasta valle medio del río Magdalena y sur hasta Remedios-Antioquia. *M. p. panamensis* en la costa Pacífica en Chocó y *M. p. poliopis* en la costa Pacífica en el Valle por el sur hasta Nariño (Hilty y Brown, 1986; Rasmussen y Collar, 2016). Fue registrada por varios observadores en La Fragua-Nilo a los 1400 m s.n.m. (<http://www.ebird.org>) ampliando levemente su distribución hacia la parte sur del valle medio del río Magdalena.

-*Siryster albocinereus*: presente en el este de Colombia hasta los 800 m s.n.m. a lo largo del flanco oriental de la cordillera Oriental (Donegan, 2013). Registrada en la Sabana de Bogotá (accidental) (ABO, 2000). Este registro amplía de manera considerable su rango altitudinal y su rango de distribución.

-*Thamnophilus aethiops wetmorei*: subespecie presente en Colombia hasta los 500 m s.n.m. (ocasionalmente a los 1150) en el este de los Andes desde la serranía de la Macarena hasta el oeste de Caquetá y Vaupés; este del Vichada (*polionotus*) y sureste de Nariño (*aethiops*) (Hilty y Brown, 1986; Zimmer e Isler, 2016a). Registrada en Farallones de Medina (Cortés *et al.*, 2010), ampliando su distribución hacia el norte del este de los Andes en el pie de monte.

-*Myrmotherula ignota ignota*: subespecie presente hasta los 900 m s.n.m. en el oeste y norte de Colombia (por la vertiente Pacífica hacia el norte a lo largo de la base de los Andes por el este hasta Santander) (Zimmer e Isler, 2016b). Registrada en la Reserva Mana Dulce entre Agua de Dios y Nilo (Gómez y Robinson, 2014), ampliando su rango de distribución hacia el sur del valle del Magdalena.

-*Vireo altiloquus*: especie migratoria boreal poco común, presente en Colombia hasta 1200 m s.n.m. en las islas de San Andrés y Providencia, región de Santa Marta, La Guajira y Sucre por el sur hasta extremo norte de la cordillera Oriental (Santander) con registros aislados en Amazonas, Puerto Inírida, Guainía y Bogotá (en esta última localidad fue registrada en 1971) (T. B. Johnson en Hilty y Brown, 1986; Fierro-Calderón 2012) y coleccionada en 2012 en la Universidad Nacional de Colombia al estrellarse contra una ventana, siendo a la fecha los únicos registros presentes en el departamento de Cundinamarca y la localidad a mayor elevación (2600 m s.n.m.).

-*Stelgidopteryx serripennis fulvipennis*: especie migratoria registrada en Colombia únicamente en la laguna de Sonso (Valle del Cauca) (Downing, 2005) y un registro en la Sabana de Bogotá, registrada como accidental-desviada de su ruta de migración normal (ABO, 2000), datos que a su vez confirman su presencia en Suramérica.

-*Turdus fumigatus*: presente entre los 100 y los 1400 m s.n.m. al este de los Andes, *T. f. aquilonalis* en el noreste en Norte de Santander y *T. f. orinocensis* en el este (Hilty y Brown, 1986; Collar, 2017). Registrada en la laguna de Fúquene (2600 m s.n.m.) (http://ipt.sibcolombia.net/rnoa/resource.do?r=censo_aves_rnoa), ampliado considerablemente su rango altitudinal y siendo el primer registro para la parte alta de la cordillera Oriental.

-*Turdus leucops*: registrada entre los 1300 y los 2000 m s.n.m. en varias localidades a lo largo de las tres cordilleras. Presente en la cordillera Oriental en la serranía de los Yarigués, vertiente este de la cordillera Oriental en el Meta y la serranía

de la Macarena y serranía de Perijá también en el alto Magdalena en Huila (Hilty y Brown, 1986; Donegan *et al.*, 2010; López-O *et al.*, 2014). Registrada a su vez a los 2600 m s.n.m. en la quebrada la Vieja-Bogotá (ABO, 2000), ampliando su rango altitudinal y siendo el primer registro para la Sabana de Bogotá y para el departamento.

-*Parkesia motacilla*: especie migratoria boreal presente principalmente por debajo de los 2000 m s.n.m. al norte Colombia en la Sierra Nevada de Santa Marta; registros en el Valle del Cauca (Valle del Dagua) y en el Meta (Villavicencio) (Hilty y Brown, 1986; Escruería y Peraza, 2012b). Registrado por P. Kaestner en 1989 en el Parque La Florida-Cota (2600 m s.n.m.) (<http://www.ebird.org>), siendo el primer registro para la Sabana de Bogotá y ampliando su rango de distribución altitudinal.

-*Setophaga virens*: especie migratoria boreal registrada en San Andrés y Providencia, vertiente norte de la Sierra Nevada de Santa Marta (cuchilla de San Lorenzo y Valparaíso), cordillera Oriental cerca de Bogotá y Valle de Aburrá (Hilty y Brown, 1986; Cifuentes-Sarmiento, 2012). Recientemente registrada (2009) por N. Bayly en la quebrada La Vieja-Bogotá (<http://www.ebird.org>), registro que confirma su presencia en la Sabana de Bogotá.

-*Cacicus haemorrhous haemorrhous*: presente hasta los 500 m s.n.m. en el este de los Andes desde el sur del Meta en la serranía de la Macarena y Vaupés (Mitú) hacia Venezuela (Hilty y Brown, 1986). Registrada en Medina (Salaman *et al.*, 2002; Cortés *et al.*, 2010), ampliando su distribución hacia el norte del este de los Andes en el pie de monte.

Conclusiones

Cundinamarca es uno de los departamentos con mayor riqueza de aves en Colombia, en parte gracias a la variación de sus condiciones geográficas y climáticas que implican heterogeneidad en

los ecosistemas, permitiendo hábitats adecuados para el establecimiento de la fauna; hasta la fecha cuenta con 941 especies de aves, algunas migrantes latitudinales (101 especies) y se posiciona como región de importancia para la conservación de aves en el país al presentar 24 especies endémicas, 72 casi endémicas y 39 amenazadas. La revisión de los registros históricos y actuales ofrece nociones de dinámicas poblacionales y eventos de extinción y colonización en el departamento. Sin embargo no se cuenta con una caracterización completa; si bien son numerosas las localidades que han sido estudiadas, existen grandes vacíos de información en los límites departamentales, principalmente hacia el valle del río Magdalena y hacia la provincia de Medina en cercanía con los Llanos Orientales. Por lo anterior es importante llevar a cabo inventarios, estudios ecológicos (en diferentes épocas para dar cuenta de los cambios en el tiempo) y sistematización de datos en algunas zonas, especialmente aquellas que han sido poco exploradas y donde el recambio de especies puede ser elevado dadas las variaciones ambientales, geográficas y bióticas. Esto aportaría información relevante que puede llenar vacíos de información de distribución, historia natural y ecología, y posibilitar planes de conservación y manejo tanto de las especies como de sus hábitats.

Agradecimientos

Agradecemos a la Fundación Humedales, Fundación Ecotrópico Colombia, Asociación Bogotana de Ornitología-ABO; a L. Raz y H. Agudelo del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia; a A. Cuervo, A. Marín, A. Pinto, D. Rodríguez, F. Gómez, J. P. Gómez, M. Álvarez, M. Hernández, N. León, S. Lleras y O. Laverde por la información suministrada, así como a tres revisores anónimos, y en general a todos los observadores de aves y ornitólogos por compartir sus registros en diferentes plataformas. Finalmente SCH agradece a C. J. Chaparro Jiménez (Q.E.P.D) por su compañía y apoyo.

Referencias

- Asociación Bogotana de Ornitología (ABO). (2000). *Aves de la Sabana de Bogotá, guía de campo* (276 pp). Bogotá D. C.: Asociación Bogotana de Ornitología y Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR.
- Amaya-Espinel, J. D. y Renjifo, L. M. (2002). *Macroagelaius subalaris*. En Renjifo, L. M., Franco-Maya, A. M., Amaya-Espinel, J. D., Kattan, G. H. y López-Lanús, B. (Eds.). Libro rojo de aves de Colombia. Pp. 470-472. Serie libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Bogotá D. C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente.
- Avendaño, J. E., Cortés-Herrera, J. O., Briceño-Lara, E. R. y Rincón-Guarín, D. A. (2013). Crossing or bypassing the Andes: a commentary on recent range extensions of cis-Andean birds to the West of the Andes of Colombia. *Orinoquia*, 17(2), 207-214.
- Avendaño, J. E., Bohórquez, E. I., Rosselli L., Arzuza-Buelvas D., Estela, F. A., Cuervo, A. M., Stiles, F. G. y Renjifo, L. M. (2017). Lista de chequeo de las aves de Colombia: una síntesis del estado del conocimiento desde Hilty & Brown (1986). *Ornitología Colombiana*, 16:eA01.
- Ayerbe-Quiñones, F., López-Ordóñez, J. P., González-Rojas, M. F., Estela, F. A., Ramírez-Burbano, M. B., Sandoval-Sierra, J. V. y Gómez-Bernal, L. G. (2008). Aves del departamento del Cauca-Colombia. *Biota Colombiana*, 9(1), 77-132.
- Bayly, N. (2015). Primer registro de la Gaviota de Franklin (*Leucophaeus pipixcan*) en la cordillera Oriental de Colombia. *Boletín SAO*, 24 (1y2), 13-14.
- Bierregaard, R. O., Boesman, P. y Kirwan, G. M. (2016). Great Black Hawk (*Buteogallus urubitinga*). En del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D. A. y de Juana, E. (Eds.). *Handbook of the Birds of the World Alive*. Barcelona: Lynx Edicions. Recuperado de: <http://www.hbw.com/node/53113>. Revisado el 1 de febrero 2017.
- Bierregaard, R. O., Kirwan, G. M. y Marks, J. S. (2016). Zone-tailed Hawk (*Buteo albonotatus*). En del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D. A. y de Juana, E. (Eds.). *Handbook of the Birds of the World Alive*. Barcelona. Lynx Edicions. Recuperado de: <http://www.hbw.com/node/53132>. Revisado el 21 de septiembre de 2016.
- Botero, J. E. (2002). *Oxyura jamaicensis*. En Renjifo, L. M., Franco-Maya, A. M., Amaya-Espinel, J. D., Kattan, G. H. y López-Lanús, B. (Eds.). *Libro rojo de aves de Colombia*. Serie libros rojos de especies amenazadas de Colombia (104-108 pp). Bogotá D. C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente.
- Bündgen, R. y Kirwan, G. M. (2016). Blue-chinned Emerald (*Chlorostilbon notatus*). En del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D. A. y de Juana, E. (Eds.). *Handbook of the Birds of the World Alive*. Barcelona. Lynx Edicions. Recuperado de <http://www.hbw.com/node/55435>. Revisado el 18 de febrero 2016.
- Calderón-Leytón, J. J., Flórez, C., Cabrera-Finley, A. y Rosero, Y. (2011). Aves del departamento de Nariño, Colombia. *Biota Colombiana*, 12(1), 31-116.
- Carboneras, C. y Kirwan, G. M. (2016). White-cheeked Pintail (*Anas bahamensis*). En del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D. A. y de Juana, E. (Eds.). *Handbook of the Birds of the World Alive*. Barcelona. Lynx Edicions. Recuperado de: <http://www.hbw.com/node/52886>. Revisado el 17 de febrero 2016.
- Castro, L. F., Ortega D. y Chaparro-Herrera S. (2015). Aves de la vereda Palo Blanco, municipio de Bituima-Cundinamarca, Colombia. *The Field Museum-Rapid Color Guide*, 653.
- Chaparro-Herrera, S. (2017). Búhos del departamento de Cundinamarca, Colombia. *Spizaetus*, 22-28.
- Chaparro-Herrera, S., Lopera-Salazar, A., Cediell, F. y Davies, R. (2017). Distribución del Águila

- Gallinaza (*Buteo albonotatus*) en Colombia y nuevos registros en el valle alto y medio del río Magdalena. *Cotinga*, 39, 78-81.
- Chaparro-Herrera, S. (2015). Avifauna registrada en 14 Parques Ecológicos Distritales de Humedal (PEDH) de Bogotá. En Chaparro-Herrera, S. y Ochoa, D. (Eds). *Aves de los humedales de Bogotá, aportes para su conservación* (68-91 pp). Bogotá D. C.: Asociación Bogotana de Ornitología (ABO).
- Chaparro-Herrera, S., Echeverry-Galvis, M. Á., Córdoba-Córdoba, S. y Sua-Becerra, A. (2013). Listado actualizado de las aves endémicas y casi-endémicas de Colombia. *Biota Colombiana*, 14(2), 235-272.
- Chaparro-Herrera, S., Córdoba-Córdoba S., López-Ordóñez, J. P., Restrepo Cardona, J. S. y Cortes-Herrera, O. (2015). *Los búhos de Colombia* (271-323). En Enríquez, P. (Ed.). *Los búhos neotropicales: diversidad y conservación*. México. Ecosur.
- Chaparro-Herrera, S. y Laverde, O. (2014). Nueva localidad para el Águila Solitaria (*Buteogallus solitarius*) en Colombia. *Boletín SAO*, 23, (1-2): 15-17.
- Cifuentes-Sarmiento, Y. (2012). *Setophaga virens*. En Naranjo, L. G., Amaya, J. D., Eusse-González, D. y Cifuentes-Sarmiento, Y. (Eds.). *Guía de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia. Aves* (568-570 pp). Vol. 1. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible/WWF Colombia.
- Cohn-Haft, M. (2016). Andean Potoo (*Nyctibius maculosus*). En del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D. A. y de Juana, E. (Eds.). *Handbook of the Birds of the World Alive*. Barcelona. Lynx Edicions. Recuperado de: <http://www.hbw.com/node/55157>. Revisado el 17 de febrero 2016.
- Collar, N. (2017). Cocoa Thrush (*Turdus fumigatus*). En del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D. A. y de Juana, E. (Eds.). *Handbook of the Birds of the World Alive*. Barcelona. Lynx Edicions. Recuperado de: <http://www.hbw.com/node/58299>. Revisado el 1 de febrero 2017.
- Collar, N. I. y Wege, D. C. (1995). The distribution and conservation status of the Bearded Tachuri *Polystictus pectoralis*. *Bird Conservation International*, 5, 367-390.
- Córdoba, S. y Ahumada, J. (2005). Confirmation of Buff-fronted Owl *Aegolius harrisi* for the cordillera Oriental of Colombia. *Bulletin of the British Ornithologists' Club*, 125 (1), 56-58.
- Córdoba-Córdoba, S., Cortés-Herrera O. y Hernández-Jaramillo A. (2014). *Macroagelaius subalaris*. En Renjifo, L. M., Gómez, M. F., Velásquez-Tibatá, J., Amaya-Villarreal, A. M., Kattan, G. H., Amaya-Espinel, J. D. y Burbano-Girón, J. (Eds.). *Libro rojo de aves de Colombia, Volumen I: bosques húmedos de los Andes y la costa Pacífica* (352-355 pp). Bogotá D.C.: Editorial Pontificia Universidad Javeriana e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Córdoba, S., Echeverry, M. Á., Umaña, A. M., Quintero, I., Iguera, M., Prieto, A., Mendoza, H., Villarreal, H. y Rengifo, J. M. (2007). *Caracterización de la biodiversidad de cuatro áreas del Parque Nacional Natural Chingaza, Cundinamarca, Colombia* (Informe técnico) (187 pp). Bogotá D. C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Cortés, F., Pinzón, V., Pulido, S., Cortés, O., López, J. y Roa, A. (2010). *Assessment and Conservation of Cundinamarca Antpitta (Grallaria kaestneri) at Farallón de Medina, Cundinamarca* (Informe técnico) (50 pp). Bogotá D. C.: Conservation Leadership Programme.
- Cuéllar, D. 2011. *Ambiente y desarrollo en el departamento de Cundinamarca, año 2005* (Trabajo de grado) (166 pp) . Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia, facultad de Ciencia Económicas, Instituto de Estudios Ambientales (IDEA), maestría en Medio Ambiente y Desarrollo.
- Cuervo, A. M., Pulgarín, P. y Calderón, D. (2008). New distributional bird data from the Cordillera Central of the Colombian Andes, with implications for the biogeography of

- northwestern South America. *The Condor*, 110(3), 526-537.
- Cuervo, A. M., Stiles F. G., Cadena C. D., Toro J. L. y Londoño. (2003). New and noteworthy bird records from the northern sector of the Western Andes of Colombia. *Bulletin of the British Ornithologists' Club*, 123(1), 7-24.
- Devenish, C., Díaz, D. F., Clay, R. P., Davidson, I. y Yépez, I. (Eds.). (2009). Important Bird Areas Americas-Priority sites for biodiversity conservation. *BirdLife Conservation Series*, 16.
- Donegan, T. (2013). Vocal variation and species limits in the genus *Sirystes* (Tyrannidae). *Conservación Colombiana*, 19, 11-30.
- Donegan, T. y Avendaño, E. (2010). A new subspecies of mountain tanager in the *Anisognathus lacrymosus* complex from the Yariguíes Mountains of Colombia. *Bulletin of the British Ornithologists' Club*, 130(1), 13-32.
- Donegan, T. M., Avendaño, J. E., Briceño-L., E. R., Luna, J. C., Roa, C., Parra, R., Turner, C., Sharp, M. y Huertas, B. (2010). Aves de la serranía de los Yariguíes y tierras bajas circundantes, Santander, Colombia. *Cotinga*, 32, 72-89.
- Downing, C. (2005). New distributional information for some Colombian birds, with a new species for South America. *Cotinga*, 24, 13-15.
- Escruceria, S. y Peraza, C. (2012a). *Setophaga caerulescens*. En Naranjo, L. G., Amaya, J. D., Eusse-González, D. y Cifuentes- Sarmiento, Y. (Eds.). *Guía de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia*. Aves (562-564 pp). Vol. 1. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible/WWF Colombia.
- Escruceria, S. y Peraza, C. (2012b). *Parkesia moracilla*. En Naranjo, L. G., Amaya, J. D., Eusse-González, D. y Cifuentes- Sarmiento, Y. (Eds.). *Guía de las Especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia*. Aves (591-593 pp). Vol. 1. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible/WWF Colombia.
- Eusse-González, D. (2012). *Hyllocichla mustelina*. En Naranjo, L. G., Amaya, J. D., Eusse-González, D. y Cifuentes- Sarmiento, Y. (Eds.). *Guía de las Especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia*. Aves. Vol. 1 (486-488 pp). Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible/WWF Colombia.
- Fierro, K. (2009). Aves migratorias en Colombia. En Naranjo, L. G. y Amaya-Espinel, J. D. (Eds.). *Plan Nacional de las Especies Migratorias: Diagnóstico e identificación de acciones para la conservación y el manejo sostenible de las especies migratorias de la biodiversidad colombiana* (63-76 pp). Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y WWF Colombia.
- Fierro-Calderón, E. (2012). *Vireo altiloquus*. En Naranjo, L. G., Amaya, J. D., Eusse-González, D. y Cifuentes- Sarmiento, Y. (Eds.). *Guía de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia*. Aves (455-457 pp). Bogotá D.C.: Vol. 1. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible/WWF Colombia.
- Franco, A. M. y Bravo, G. (2005). Áreas importantes para la conservación de las aves en Colombia. En BirdLife International y Conservación International. (Eds.). *Áreas importantes para la conservación de las aves en los Andes tropicales: sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad* (117-132). *BirdLife Conservation Series*, 14.
- Franco, A. M., Amaya-Espinel, J. D., Umaña, A. M., Baptiste, M. P. y Cortés, O. (Eds.). (2009). *Especies focales de aves de Cundinamarca: estrategias para la conservación* (144 pp). Bogotá D. C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.
- Fjeldsá, J. (1993). The declining and probably extinction of the Colombian Grebe *Podiceps andinus*. *Bird Conservation International*, 3, 221-234.
- Freeman, B. G., Hilty S. L., Calderón-F, D., Ellery, T. y Urueña, L. E. (2011). New and noteworthy bird records from central and northern Colombia. *Cotinga*, 34, 5-16.
- Gómez, J. P. y Robinson, S. K. (2014). Aves del bosque seco tropical de Colombia: las

- comunidades del valle alto del río Magdalena. En Pizano, C y H. García. (Eds.). *El bosque seco tropical en Colombia* (Pp. 95-127). Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).
- González-Prieto, A., Espejo, N., Sanabria-Mejía, J., González-Prieto, C., Cormier, D. y Hobson, K. (2014). First record of Tolima Dove *Leptotila conoveri* in the Colombian East Andes. *Bulletin of the British Ornithologists' Club*, 134 (4), 307-310.
- Graves, G. R. (1993). Relict of a lost world: A new species of Sunangel (Trochilidae: *Heliangelus*) from Bogotá. *The Auk*, 110, 1-8.
- Hilty, S. L. y Brown, W. L. (1986). *A guide to the birds of Colombia*. New Jersey, USA: Princeton University Press, Princeton. 836 pp.
- Hinkelmann, C., Kirwan G. M. y Boesman P. (2016). Straight-billed Hermit (*Phaethornis bourcierii*). En del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D. A. y de Juana, E. (Eds.). *Handbook of the Birds of the World Alive*. Barcelona: Lynx Edicions. Recuperado de <http://www.hbw.com/node/55364>. Revisado el 18 de febrero 2016.
- Hume, R. y Kirwan, G. M. (2016). Double-striped Thick-knee (*Burhinus bistriatus*). En del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D. A. y de Juana E. (Eds.). *Handbook of the Birds of the World Alive*. Barcelona: Lynx Edicions. Recuperado de <http://www.hbw.com/node/55364> Revisado el 18 de febrero 2016.
- Instituto de Ciencias Naturales (ICN). (2015). *Base de datos colección de Aves del Instituto de Ciencias Naturales* (ICN). Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Ideam. (2007). *Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia*. Bogotá D. C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico Jhon von Neumann (IIAP), Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives De Andréis (Invemar) e Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI). Pp. 276 +37 hojas cartográficas.
- Laverde-R., O., Stiles, F. G. y Múnera-R., C. (2005). Nuevos registros e inventario de la avifauna de la serranía de las Quinchas, un área importante para la conservación de las aves (AICA) en Colombia. *Caldasia*, 27(2), 247-265.
- León-Lleras, J. y Rodríguez-Villamil, D. (2015). Registros del ibis pico de hoz, *Plegadis falcinellus* (Linnaeus 1776) (Pelecaniformes: Threskiornithidae) en Colombia. *Biota Colombiana*, 16(2), 158-161.
- López, J. P. y Jiménez, M. (2009). Avifauna. En Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental de Bogotá. *Inventario de Fauna. Aves* (47-51p). Bogotá D. C.: Conservación Internacional Colombia, Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.
- López-O, J. P., Avendaño, J. E, Gutiérrez-Pinto, N. y Cuervo, A. M. (2014). The birds of the serranía de Perijá: The northernmost avifauna of the Andes. *Ornitología Colombiana*, 14, 62-93.
- Lozano, I. (1993). Diversidad y organización en gremios de la comunidad de aves del sotobosque de bosque primario y vegetación secundaria. En Andrade, G. (Eds.). *Carpanta Selva Nublada y Páramo*. Pp 141-154. Bogotá D. C.: Fundación Natura Colombia.
- Márquez, C., Bechard, M., Gast, F. y Vanegas, V. H. (2005). Aves rapaces diurnas de Colombia. Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Martínez-Vilalta, A., Motis, A., y Kirwan, G. M. (2016). Whistling Heron (*Syrigma sibilatrix*). En del Hoyo, J., Elliott, Sargatal, A., J., Christie, D. A y de Juana, E. (Eds.). *Handbook of the Birds of the World Alive*. Barcelona: Lynx Edicions. Recuperado de <http://www.hbw.com/node/52672> Revisado el 17 de febrero 2016.

- Mayorga, J. y Melo, J. (2014). Aves de la vereda San Gil, municipio de Gutiérrez, Cundinamarca. *Revista Científica*, 19, 118-133.
- McNish, T. (2007). *Las Aves de los Llanos de la Orinoquia*. Colombia: M&B Ltda. 302 pp.
- McNish, T. (2010). *Las aves de los humedales de la Sabana de Bogotá y sus alrededores*. Colombia: M&B Ltda. 152 pp.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Listado de las especies silvestres amenazadas que se encuentran en el territorio nacional de Colombia*. Colombia. Resolución 1912 de septiembre de 2017. 38 pp.
- Morales, M. y Armentera, D. (2013). Estado de conservación de los bosques de niebla de niebla de los Andes colombianos, un análisis multiescalar. *Boletín Científico Museo de Historia Natural*, 17 (1), 64-72.
- Morales M., Otero, J., Van der Hammen, T., Torres, A., Cadena, C., Pedraza, C., Rodríguez, N., Franco, C., Betancourth, J. C., Olaya, E., Posada, E. y Cárdenas, L. (2007). *Atlas de páramos de Colombia*. Bogotá D. C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 208 pp.
- Morales-Rozo, A. y Pachón, Y. (2014). Avifauna en diferentes hábitats de la cuenca del río Fúquene (Cundinamarca), Colombia. *Biota Colombiana*, 15 (Supl.1), 161-173.
- Moreno, N. y Camargo P. (2008). *Estado actual de la avifauna en la Reserva Biológica Encenillo (RBE) Guasca-Cundinamarca* (Trabajo de grado). Bogotá D. C.: Universidad INCCA de Colombia, programa de Biología. 96 pp.
- Moreno-Palacios, M. (2014). *Chloropipo flavicapilla*. En Renjifo, L. M., Gómez, M. F., Velásquez-Tibatá, J., Amaya-Villarreal, A. M., Kattan, G. H., Amaya-Espinel, J. D. y Burbano-Girón, J. (Eds.). *Libro rojo de aves de Colombia, Volumen I: bosques húmedos de los Andes y la costa Pacífica*. Pp 272-274. Bogotá D.C.: Editorial Pontificia Universidad Javeriana e Instituto Alexander von Humboldt.
- Munves, J. (1975). Birds of a highland clearing in Cundinamarca, Colombia. *The Auk*, 92, 307-321.
- Naranjo, L. G. (2002a). *Anas georgica*. En Renjifo, L. M., Franco-Maya, A. M., Amaya-Espinel, J. D., Kattan, G. H. y López-Lanús, B. (Eds.). *Libro rojo de aves de Colombia*. Pp 93-95. Serie libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente.
- Naranjo, L. G. (2002b). *Anas cyanoptera*. En Renjifo, L. M., Franco-Maya, A. M., Amaya-Espinel, J. D., Kattan, G. H. y López-Lanús, B. (Eds.). *Libro rojo de aves de Colombia*. Pp 96-100. Serie libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente.
- Naranjo, L. G., Amaya, J. D., Eusse-González, D. y Cifuentes-Sarmiento, Y. (Eds.). (2012). *Guía de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia. Aves*. Vol. 1. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible/WWF Colombia. 708 pp.
- Olivares, A. (1969). *Aves de Cundinamarca*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Instituto de Ciencias Naturales. 425 pp.
- Parra-Hernández R. M., Carantón-Ayala, D. A., Sanabria-Mejía, J. S., Barrera-Rodríguez, L. F., Sierra-Sierra, A. M., Moreno-Palacios, M. C., Yate- Molina, W. S., Figueroa-Martínez, W. E., Díaz-Jaramillo, C., Flórez-Delgado, V. T., Certuche-Cubillos, J. K., Loaiza-Hernández, H. N. y Florido-Cuellar, B. A. (2007). Aves del municipio de Ibagué-Tolima, Colombia. *Biota Colombiana*, 8(2), 199-220.
- Parra-Hernández, R. M., Roa, A., Figueroa, W. E., Do Santos, D. M., Muñoz, A. y Castillo, L. (2012). Aves del Guavio-Cundinamarca, Colombia. *The Field Museum-Rapid Color Guides*, 357.
- Pérez-Emán, J. L., Perdigon, J., Gutiérrez-Pinto, N., Cuervo, A. M., Céspedes, L. N., Witt, C. C., y Cadena, C. D. (2017). An extinct hummingbird

- species that never was: a cautionary tale about sampling issues in molecular phylogenetics. *bioRxiv*, 149898.
- Phillips, R. (2012). Un nido activo de la escasa águila solitaria *Harpyhaliaetus solitarius* en Belize. *Spizaetus*, 13: 2-8.
- Pulgarín-R., Bayly, P. N. J. y Ellery, T. (2015). New records of Chimney Swift (*Chaetura pelagica*) in Bogotá, Eastern Andes of Colombia. *Boletín SAO*, 24, 1-3.
- Ramón, J. (1930). *Geografía elemental de Cundinamarca*. Bogotá D.C.: Procuraduría de los hermanos. Segunda edición. 68 pp.
- Rangel-Ch., J. O., Lowy-C, P. D. y Aguilar-P, M. (1997). La distribución de los tipos de vegetación en las regiones naturales de Colombia. En Rangel-Ch., J. O., Lowy-C, P. D. y Aguilar-P, M. *Colombia Diversidad Biótica II. Tipos de vegetación en Colombia*. Pp 383-402. Bogotá D.C.: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia y Ideam.
- Rasmussen, P. C. y Collar, N. (2016). White-whiskered Puffbird (*Malacoptila panamensis*). En del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D. A. y de Juana, E. (Eds.). *Handbook of the Birds of the World Alive*. Barcelona: Lynx Edicions. Recuperado de <http://www.hbw.com/node/55972> Revisado el 1 de marzo 2016.
- Remsen, J. V., de Juana, Jr y E. (2016). Pale-legged Hornero (*Furnarius leucopus*). En del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D. A. y de Juana, E. (Eds.). *Handbook of the Birds of the World Alive*. Barcelona: Lynx Edicions. Recuperado de <http://www.hbw.com/node/55972> Revisado el 1 de marzo 2016.
- Renjifo, L. M., Franco-Maya, A. M., Amaya-Espinel, J. D., Kattan, G. H. y López-Lanús, B. (Eds.). (2002). *Libro rojo de aves de Colombia*. Serie libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente. 562 pp.
- Renjifo, L. M., Gómez, M. F., Velásquez-Tibatá, J., Amaya-Villarreal, A. M., Kattan, G. H., Amaya-Espinel, J. D. y Burbano-Girón, J. (2014). *Libro rojo de aves de Colombia, Volumen I: bosques húmedos de los Andes y la costa Pacífica*. Bogotá D.C.: Editorial Pontificia Universidad Javeriana e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 465 pp.
- Renjifo, L. M., Amaya-Villarreal, A. M., Burbano-Girón, J. y Velásquez-Tibatá, J. (2016). *Libro rojo de aves de Colombia, Volumen II: Ecosistemas abiertos, secos, insulares, acuáticos continentales, marinos, tierras altas del Darién y Sierra Nevada de Santa Marta, y bosques húmedos del centro, norte y oriente del país*. Bogotá D.C.: Editorial Pontificia Universidad Javeriana e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 563 pp.
- Ridgely, R. S. y Tudor, R. (2009). *Field guide to the songbirds of South America*. Austin, Texas The passerines. *University of Texas Press, USA*, 760 pp.
- Rodríguez, D. Primer registro del Pato Cariblanco (*Anas bahamensis*) L. 1758 en los Andes de Colombia (En prensa). *Boletín SAO*.
- Rodríguez-Calderón, J. A. (2011). *Aves de las cascadas de Sueva y de la Reserva Natural Bosques Peña de Juiquín*. Sueva Cundinamarca Colombia. Guía ilustrada. Bogotá D.C. 234 pp.
- Rodríguez-Mahecha, J. V. (2002). *Ara militaris*. En Renjifo, L. M., Franco-Maya, A. M., Amaya-Espinel, J. D., Kattan, G. y López-Lanús, B. (Eds.). *Libro rojo de aves de Colombia*. Serie libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Pp 203-206. Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente.
- Rojas, G. (2012). *Dieta del guácharo Steatornis caripensis Humboldt, 1817 (Aves: Steatornithidae) en el Parque Nacional Natural Chingaza, Cundinamarca-Colombia* (Trabajo de grado). Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia, posgrado en Ciencias-Biología. 81 pp.
- Ruiz-Guerra, C. (2012a). *Calidris fuscicollis*. En Naranjo, L. G., Amaya, J. D., Eusse-González, D. y Cifuentes-Sarmiento, Y. (Eds.). *Guía de las*

- especies migratorias de la biodiversidad en Colombia*. Aves. Vol. 1. Pp 233-235. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / WWF Colombia
- Ruiz-Guerra, C. (2012b). *Calidris bairdii*. En Naranjo, L. G., Amaya, J. D., Eusse-González, D. y Cifuentes-Sarmiento, Y. (Eds.). *Guía de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia*. Aves. Vol. 1 Pp 236-238. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / WWF Colombia.
- Ruiz-Guerra, C. y Estela, F. (2016). *Anas bahamensis*. En Renjifo, L. M., Amaya-Villarreal, A. M, Burbano-Girón, J. y Velásquez-Tibatá, J. *Libro rojo de aves de Colombia, Volumen II: Ecosistemas abiertos, secos, insulares, acuáticos continentales, marinos, tierras altas del Darién y Sierra Nevada de Santa Marta, y bosques húmedos del centro, norte y oriente del país*. Pp 423-426. Bogotá D.C.: Editorial Pontificia Universidad Javeriana e Instituto Alexander von Humboldt.
- Salaman, P. G. W., Stiles, F. G., Bohórquez, C. I., Álvarez-R, M., Umaña, A. M., Donegan, T. M., Cuervo, A. M. (2002). New and noteworthy bird records from the east slope of the Andes of Colombia. *Caldasia*, 24(1), 157-189.
- Snow, D. y de Juana, E. (2017). Wing-barred Piprites (Piprites chloris). En del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D. A. y de Juana, E. (Eds.). *Handbook of the Birds of the World Alive*. Barcelona. Lynx Edicions. Recuperado de <https://www.hbw.com/node/57114> Revisado el 7 de noviembre 2017.
- Stiles, F. G. (1998). Avifauna. En Linares, E. (Ed.). *Reconocimiento ecológico preliminar de la biota de la cuenca del Guavio* (Informe técnico). Pp 257-295. Bogotá: Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio) - Instituto de Ciencias Naturales (Universidad Nacional de Colombia).
- Stiles, F. G y Rosselli, L. (1998). Inventario de las aves de un bosque altoandino: Comparación de dos métodos. *Caldasia*, 20(1), 29-43.
- Sua, A. y Chaparro-Herrera, S. (2010). *Composición y estructura gremial del ensamblaje de aves de la vereda La Unión en el municipio de Quipile, departamento de Cundinamarca* (Trabajo de grado) Bogotá D. C.: Universidad Pedagógica Nacional, departamento de Biología. 83 pp.
- Turner, A. y Kirwan, G. M. (2016). White-thighed Swallow (*Neochelidon tibialis*). En del Hoyo, J., A. Elliott, Sargatal, J., Christie, D. A. y de Juana, E. (Eds.). *Handbook of the Birds of the World Alive*. Barcelona: Lynx Edicions. Recuperado de <http://www.hbw.com/node/57725> Revisado el 18 de febrero 2016.
- Vásquez, V. H. y Serrano, M. (2009). *Las áreas naturales protegidas de Colombia*. Bogotá D.C.: Conservación Internacional-Colombia y Fundación Biocolombia. 696 pp.
- Zamudio, J. (2012). *Leucophaeus pipixcan*. En Naranjo, L. G., Amaya, J. D., Eusse-González, D. y Cifuentes-Sarmiento, Y. (Eds.). *Guía de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia*. Aves. Vol. 1. Pp. 262-264. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible/ WWF Colombia.
- Zimmer, K. y Isler, M. L. (2016a). White-shouldered Antshrike (*Thamnophilus aethiops*). En del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D. A. y de Juana, E. (Eds.). *Handbook of the Birds of the World Alive*. Barcelona: Lynx Edicions. Recuperado de <http://www.hbw.com/node/56674> Revisado el 7 de marzo 2016.
- Zuluaga-Bonilla, J. E. y Macana-García D. C. (2016). La avifauna actual del lago de Tota, Boyacá, Colombia: área importante para la conservación de las aves. *Biota Colombiana*, 17(2), 138-162.

Anexos 1-6. Disponible en línea: <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota/rt/suppFiles/576/0>

Sergio Chaparro-Herrera
(Autor de correspondencia)
Asociación Bogotana de Ornitología (ABO)
Universidad de Antioquia,
Grupo de Ecología y Evolución de Vertebrados
Medellín, Colombia
sergioupn@gmail.com

Andrea Lopera-Salazar
Universidad de Antioquia,
Grupo de Ecología y Evolución de Vertebrados
Medellín, Colombia
alopera4@gmail.com

F. Gary Stiles
Universidad Nacional de Colombia,
Instituto de Ciencias Naturales
Bogotá, Colombia
fgstiles@unal.edu.co

Aves del departamento de Cundinamarca,
Colombia: conocimiento, nuevos registros y
vacíos de información

Citación del artículo: Chaparro-Herrera, S.,
Lopera-Salazar, A. y Stiles, F. G. (2018). Aves
del departamento de Cundinamarca, Colombia:
conocimiento, nuevos registros y vacíos de
información. *Biota Colombiana*, 19(1), 160-189.
DOI: 10.21068/c2018.v19n01a11.

Recibido: 24 de agosto de 2017

Aprobado: 4 de abril de 2018

Caracterización de la comunidad de aves asociada a los humedales de zonas bajas del departamento del Tolima, Colombia

Characterization of the bird community associated with the lowland wetlands of Tolima, Colombia

Gustavo F. Pacheco-Vargas, Jessica N. Sánchez-Guzmán y Sergio Losada-Prado

Resumen

En Colombia los estudios sobre la avifauna en humedales interiores son escasos. En el caso del departamento del Tolima no se cuenta con información detallada, por lo cual se requieren trabajos que provean datos sobre este tópico. Por tal motivo, este estudio tiene como objetivo caracterizar la comunidad de aves asociada a los humedales de zonas bajas del departamento. Para esto, se estudiaron 13 humedales ubicados por debajo de 1000 m s.n.m. Se registraron 147 especies, distribuidas en 44 familias y 18 órdenes. Los humedales con mayor número de especies fueron Toqui Toqui (78) y El Edén (65), mientras que Chicoalí (22), El Samán y El Gavilán (27, cada uno) registraron el menor número; sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la composición de la avifauna de los humedales evaluados. Predominaron las especies de las categorías ecológicas para aves II (35 %) y III (38 %) y en menor medida fueron registradas las especies pertenecientes a la categoría Ia (1 %). A pesar de la alta intervención a la que están sometidos los humedales del bosque seco tropical en el Tolima, estos ecosistemas aún sustentan un número importante de especies.

Palabras clave. Avifauna. Bosque seco tropical. Categorías ecológicas. Cuenca del río Magdalena. Intervención antrópica. Paisaje agropecuario.

Abstract

In Colombia, studies on wetland birds are scarce. Specifically in the department of Tolima, there is no detailed information. Therefore, studies on this topic are required. In this sense, this study aims to characterize the community of birds associated with lowland wetlands in Tolima. Thirteen wetlands located below 1000 m a.s.l. were studied, and 147 species of birds, distributed in 44 families and 18 orders, were found. The wetlands with the highest number of species were Toqui Toqui (78) and El Edén (65), while Chicoalí (22), El Samán and El Gavilán (27 species each) had the lowest number of species. However, no significant differences were found in the composition of the avifauna for the evaluated wetlands. Ecological categories II (35%) and III (38%) prevailed and, to a lesser extent, species belonging to category Ia (1%) were recorded. Despite the high intervention to which the tropical dry forest wetlands in Tolima are subject to, these ecosystems still support a significant number of species.

Keywords. Agricultural landscape. Anthropic intervention. Birds. Ecological categories. Magdalena River basin. Tropical dry forest.

Introducción

El término humedales hace referencia a una gran variedad de ambientes interiores y costeros los cuales tienen como característica principal el papel del agua en la estructura del ecosistema (Blanco, 1999). Estos entornos son esenciales en la regulación del ciclo hídrico, la retención de sedimentos, el control de erosión, la estabilización microclimática, la regulación de los ciclos de nutrientes y la descomposición de biomasa terrestre; además, son base de la productividad de los sistemas acuáticos, la estabilidad e integridad de los ecosistemas y la retención de dióxido de carbono (Naranjo *et al.*, 1998).

Entre los grupos faunísticos más diversos en los humedales se encuentran las aves (Weller, 1994), de las cuales algunas familias hacen uso permanente de sus recursos a tal punto que han desarrollado diversas adaptaciones morfológicas que les permiten aprovecharlos eficientemente (p. ej. Anatidae, Ardeidae, Threskiornithidae, Charadriidae, entre otros), mientras otras únicamente utilizan estos ambientes temporalmente en el periodo de nidificación y cría (Passeriformes) (Blanco, 1999). Un aspecto que resalta la importancia de las aves dentro de los humedales es que pueden ser consideradas como bioindicadores de su estado con base en las siguientes evidencias: 1. Se han detectado declives en sus poblaciones a causa de la desecación o degradación de los humedales (Delany *et al.*, 1999); 2. El tamaño, la forma, la profundidad, la presencia y la distribución de la vegetación influye sobre la composición y abundancia de las aves acuáticas presentes (Velazquez, 1992; Craig y Beal, 1992; Safran *et al.*, 1997); 3. La cercanía entre humedales favorece la diversidad y abundancia de las aves (Brown y Dinsmore, 1986). Por lo anterior, este grupo taxonómico es fundamental en la identificación, caracterización y establecimiento de límites de los humedales según criterios biológicos y ecológicos (Parra, 2014).

Pese a la importancia de estos ecosistemas en Colombia, los estudios relacionados con los

humedales interiores son escasos (Castillo y Puyana, 2004; Estela y López-Victoria, 2005; Johnston-González *et al.*, 2006; Álvarez-León, 2009; Lara, 2011; Gutiérrez *et al.*, 2014), por lo que es necesario adelantar investigaciones para conocer su biodiversidad y de este modo proponer medidas de conservación (Lasso *et al.*, 2014). El objetivo de este estudio fue caracterizar la comunidad de aves asociada a los humedales de zonas bajas del departamento del Tolima.

Materiales y métodos

Área de estudio. Este estudio se llevó a cabo en 13 humedales ubicados por debajo de 1000 m s.n.m. en el bosque seco tropical de la región del valle alto del río Magdalena en el departamento del Tolima (Figura 1, Figura 2, Anexo 1). El bosque seco tropical se define como aquella formación vegetal que presenta una cobertura boscosa continua y se distribuye entre los 0 a 1000 m s.n.m. (Pizano y García, 2014), se caracteriza por presentar una evapotranspiración potencial que supera a la precipitación, una temperatura anual promedio igual o mayor a 25 °C, y una precipitación anual entre 700 a 2000 mm (Sánchez-Azofeifa *et al.*, 2005).

Registro de aves. La compilación de especies se realizó teniendo en cuenta las listas publicadas por Cruz *et al.* (2010) para los humedales Río Viejo, La Coya, Saldañita, el Edén, Toqui Toqui, Losada-Prado y Pacheco-Vargas (2015a, 2015b, 2015c, 2015d, 2015e) para Albania, Azuceno, El Samán, La Huaca y Las Garzas, y Losada-Prado *et al.* (2016a, 2016b, 2016c) para Chicoalí, El Gavilán y Caracolí. Estos registros se obtuvieron mediante muestreos rápidos en cada humedal de la siguiente forma: 1. Puntos de conteo cada 100 m, con una duración de 10 minutos por punto referenciado, se realizaron 6 puntos, para un total de 60 minutos de observación por día. 2. Se instalaron 72 m de redes de niebla las cuales permanecieron abiertas entre las 06:00-10:00, para un total de 24 h red/día. Cada humedal se visitó una vez entre los años 2010 a 2015.

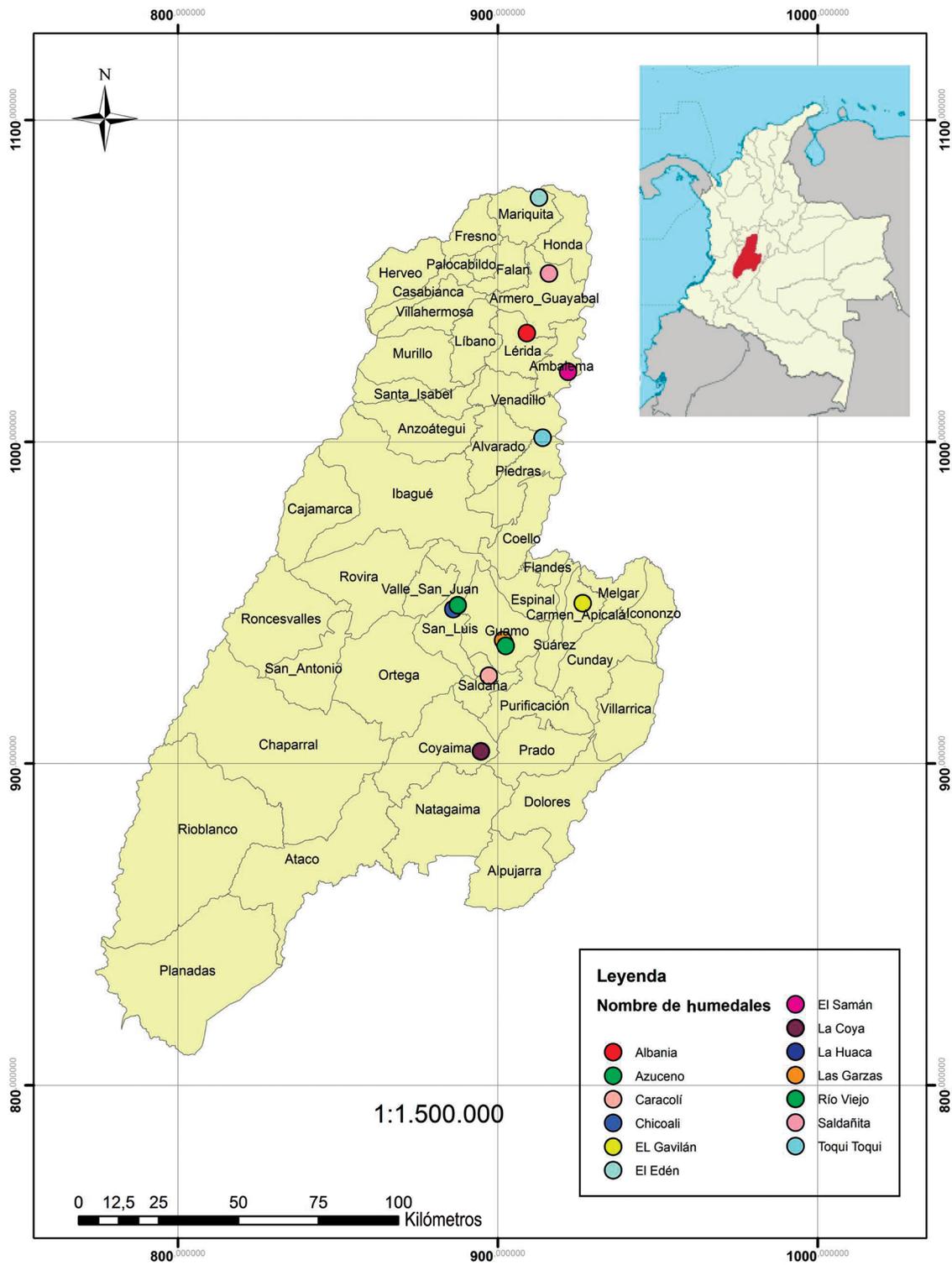


Figura 1. Mapa de ubicación de los humedales de tierras bajas muestreados en el bosque seco tropical del departamento del Tolima.

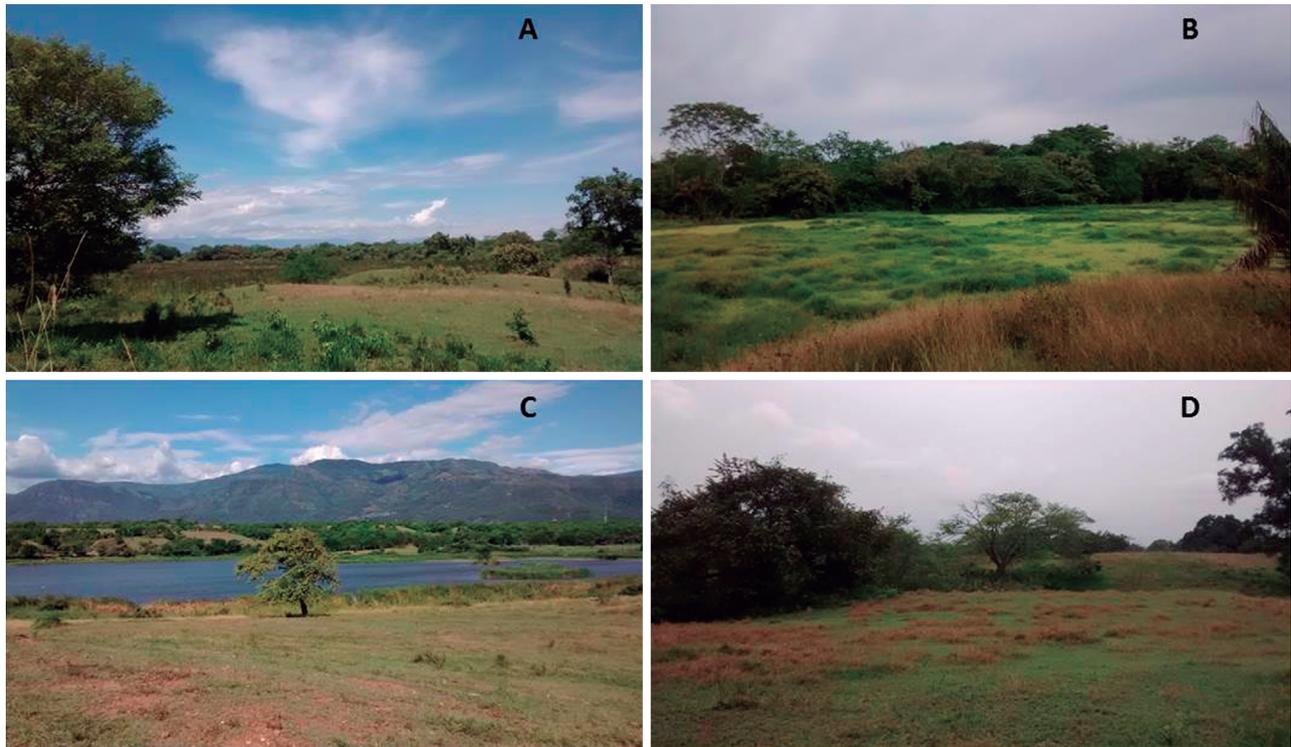


Figura 2. Fotografías de cuatro de los humedales de tierras bajas muestreados en el bosque seco tropical del departamento del Tolima. A) Humedal La Huaca, B) humedal Las Garzas, C) humedal El Samán y D) humedal Azuceno.

El listado final de especies sigue la secuencia recomendada por la Unión Americana de Ornitólogos (Remsen *et al.*, 2017), y se tuvo en cuenta el listado de aves endémicas, casi-endémicas y especies de interés de Chaparro-Herrera *et al.* (2013). Para verificar las aves migratorias registradas se siguió a Naranjo *et al.* (2012). Además, se corroboró si las especies registradas se encuentran en alguna categoría de amenaza según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y si están incluidas en algún apéndice de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).

Análisis de información. La representatividad del muestreo se evaluó estimando el número de especies esperadas por medio de una curva de acumulación de especies, empleando los estimadores Chao 1 y ACE. Se tuvo en cuenta el número de especies representados por uno

o dos individuos (singletos y doubletons, respectivamente) mediante el programa EstimateS 9.0 (Colwell, 2013).

Se realizó un análisis de categorías ecológicas para las especies registradas según Stiles y Bohórquez (2000). Dichas categorías fueron propuestas para aves exclusivamente y son: I. Especies de bosque: a. Especies restringidas al bosque primario o poco alterado. b. Especies no restringidas al bosque primario o poco alterado. II. Especies de bosque secundario o bordes de bosque, o de amplia tolerancia. III. Especies de áreas abiertas. IV. Especies acuáticas: a. Especies asociadas a cuerpos de agua sombreadas o con la vegetación densa al borde del agua, evitando áreas abiertas o soleadas. b. Especies asociadas a cuerpos de agua sin sombra, orillas abiertas o con vegetación baja. V. Especies aéreas: a. Especies que requieren por lo menos parches de bosque. b. Especies indiferentes a la presencia de bosque o que prefieren áreas más

abiertas. La asignación de las categorías ecológicas a las especies registradas se realizó de acuerdo con los análisis de Losada-Prado y Molina-Martínez (2011).

La diversidad beta fue evaluada teniendo en cuenta el índice de Bray-Curtis, el cual se representó por medio de un dendrograma con ayuda del programa PAST 3.0 (Hammer *et al.*, 2001). Además, se realizó un análisis de escalamiento multidimensional (NMDS) teniendo en cuenta la abundancia de especies por humedal y las siguientes variables no métricas: 1. Ubicación del humedal (rural o urbano) y 2. Tipo de cobertura alrededor del humedal (potrero, cultivo, bosque). Se conformaron tres grupos: I. Azuceno, Caracolí, El Gavilán, Las Garzas (urbano, potrero). II. La Coya, Chicoalí, Toqui Toqui (rural, potrero). III. Albania, El Samán, La Huaca, Río Viejo (predominan extensiones de cultivo o bosque). Para la realización de este análisis se utilizó el programa PRIMER 6 (PRIMER-E, 2006). Por último, usando los mismos agrupamientos generados en el análisis NMDS, se efectuó un análisis de similaridad no paramétrica (ANOSIM) para detectar diferencias en la composición de la avifauna de los humedales usando PAST 3.0 (Hammer *et al.*, 2001). En los análisis anteriormente descritos no se tuvieron en cuenta las siguientes especies debido a que presentan una gran movilidad y se consideró que no dependen principalmente del humedal para su desarrollo: Cathartidae: *Cathartes aura*, *Coragyps atratus*; Accipitridae: *Elanus leucurus*, *Buteogallus meridionalis*, *Rupornis magnirostris*; Apodidae: *Streptoprocne zonaris*; Falconidae: *Herpetotheres cachinnans*, *Caracara cheriway*, *Milvago chimachima*, *Falco femoralis*; Psittacidae: *Amazona ochrocephala*, *Psittacara wagleri*; Tyrannidae: *Tyrannus savana*; Turdidae: *Catharus ustulatus*; Parulidae: *Parkesia noveboracensis*, *Setophaga petechia*.

Resultados

Riqueza de especies. Se registraron 147 especies de aves, distribuidas en 44 familias y 18 órdenes (Figura 3). La familia más numerosa fue

Tyrannidae (26 especies), seguida de Thraupidae (13 especies) y Ardeidae (8 especies). Se registraron 2 especies endémicas (*Myiarchus apicalis* y *Euphonia concinna*), 7 especies casi-endémicas y *Phaethornis anthophilus* como especie de interés (especies que tienen entre el 40-49 % de su distribución en Colombia según Chaparro-Herrera *et al.*, 2013), 7 especies migratorias, *Psittacara wagleri* como especie casi-amenazada (IUCN), *Dendrocygna autumnalis* dentro del apéndice III de la CITES y 20 especies dentro del apéndice II de la CITES. El humedal con mayor número de especies fue Toqui Toqui (78), seguido por El Edén (65), y Río Viejo y Caracolí (45). El menor número de especies se registró en la Laguna Chicoalí (22), El Samán y Gavilán (27) (Anexo 2).

Representatividad del muestreo. Según los estimadores ACE y Chao1, la representatividad general del muestreo fue del 93-94 %. Las curvas de acumulación muestran un aumento al completar el máximo número de localidades muestreadas. Por otra parte, las curvas de especies raras presentan una leve tendencia al descenso (singletons y doubletons) (Figura 4).

Categorías ecológicas. Predominan especies de las categorías ecológicas II (35 %) y III (38 %); enseguida se encuentra la categoría IVb (14 %). En menor medida se encuentran presentes las especies de la categoría Ia (1 %) (Figura 5).

Diversidad beta. El análisis de similaridad de Bray-Curtis definió tres grupos. El primero de ellos conformado por los humedales Caracolí, El Samán, Las Garzas y La Coya; el segundo por El Edén, Saldañita, La Huaca, Azuceno, El Gavilán y Albania; el tercero por Chicoalí y Río Viejo; el humedal con menor similitud fue Toqui Toqui (Figura 6). El NMDS es congruente con los resultados del análisis de similaridad (Figura 7). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la composición de la avifauna de los grupos establecidos (ANOSIM, $R=0,07$; $p=0,23$).

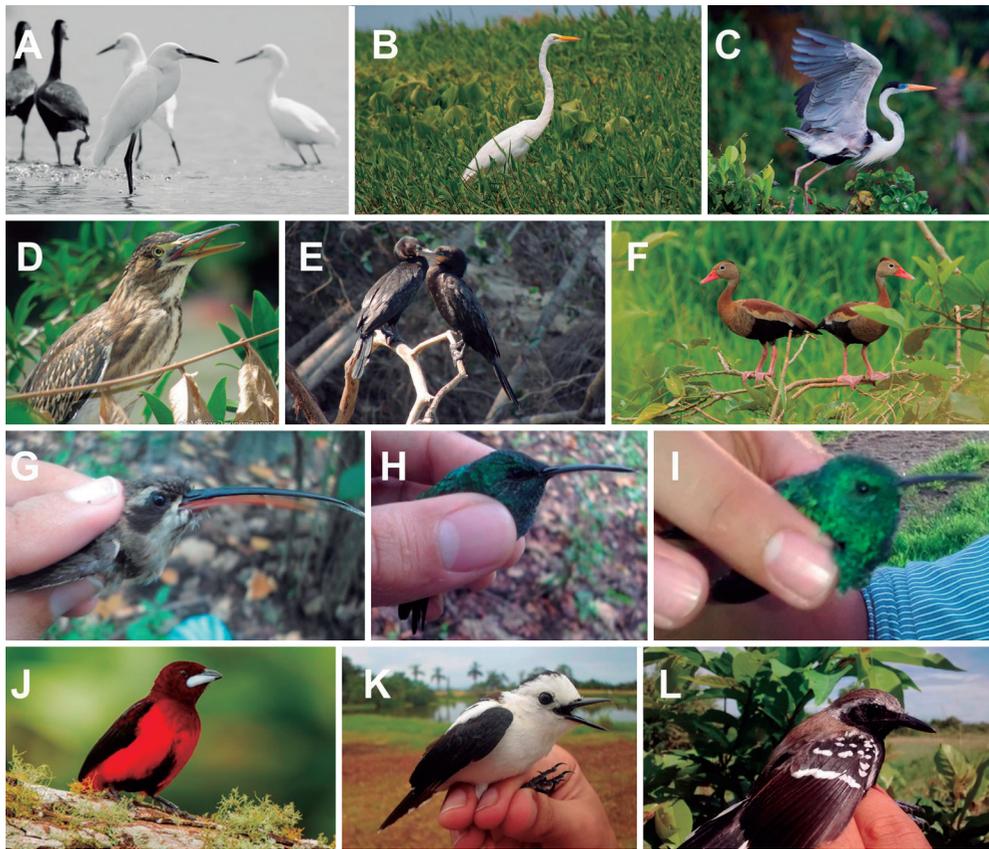


Figura 3. Algunas especies representativas de los humedales de tierras bajas del bosque seco tropical del departamento del Tolima. A) *Egretta thula*, B) *Ardea alba*, C) *Ardea cocoi*, D) *Nycticorax nycticorax*, E) *Phalacrocorax brasilianus*, F) *Dendrocygna autumnalis*, G) *Phaethornis anthophilus*, H) *Chlorostilbon gibsoni*, I) *Lepidopyga goudoti*, J) *Ramphocelus dimidiatus*, K) *Fluvicola pica* y L) *Formicivora grisea*.

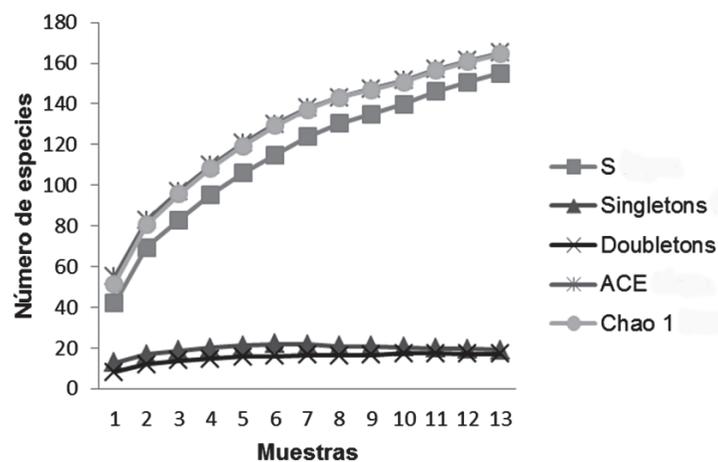


Figura 4. Curva de acumulación de especies de aves registradas en los humedales de tierras bajas (<1000 m s.n.m.) del bosque seco tropical del departamento del Tolima durante los años 2010-2015.

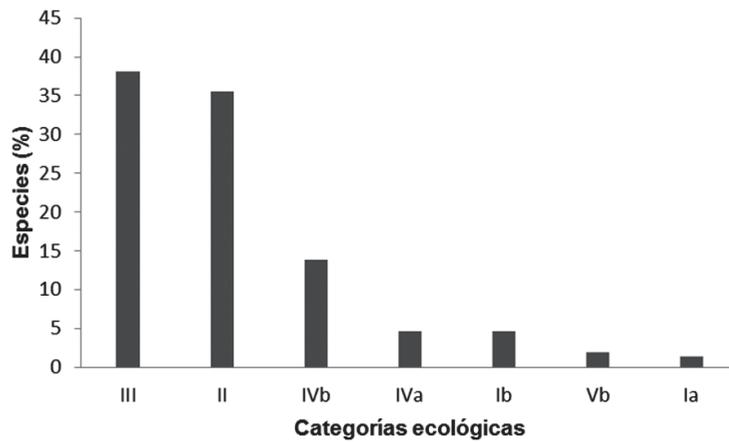


Figura 5. Porcentaje de especies por categoría ecológica en los 13 humedales de tierras bajas (<1000 m s.n.m.) del bosque seco tropical del departamento del Tolima durante los años 2010-2015.

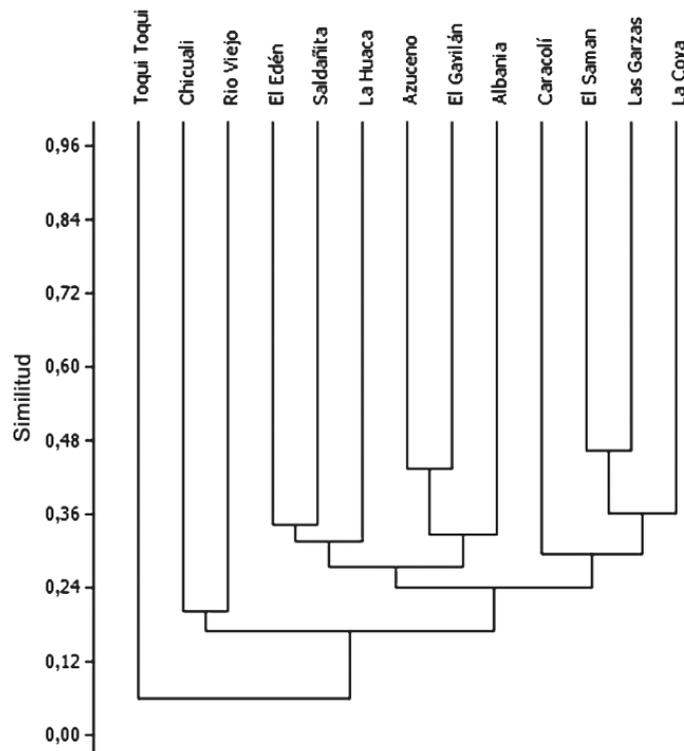


Figura 6. Análisis de similitud de Bray-Curtis para los 13 humedales de tierras bajas (<1000 m s.n.m.) del bosque seco tropical del departamento del Tolima durante los años 2010-2015.

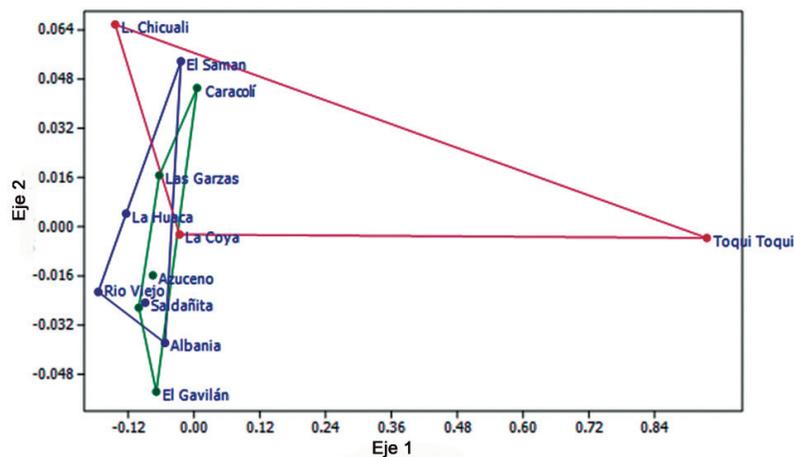


Figura 7. Diagrama de ordenación NMDS para los 13 humedales de tierras bajas (<1000 m s.n.m.) del bosque seco tropical del departamento del Tolima durante los años 2010-2015. Grupo I (línea verde), Grupo II (línea roja), Grupo III (línea azul).

Discusión

Se ha encontrado que la presencia de diferentes hábitats influye en la composición y abundancia de las aves (Cárdenas *et al.*, 2003), en el caso de los humedales el área que abarca el espejo de agua, la profundidad y la presencia de diferentes hábitats a su alrededor determina las aves presentes en este tipo de ecosistemas (Elmberg *et al.*, 1994; Green, 1996; Ntiamoa-Baidu *et al.*, 1998). En referencia a los humedales que se estudiaron en este trabajo, los pastizales y los cultivos predominan en el entorno de todos los humedales, encontrándose además algunos relictos de bosque. Según Leveau y Leveau (2004) la cercanía a un casco urbano puede ser determinante en la composición de la avifauna; sin embargo, este factor no tuvo incidencia en los humedales evaluados, ya que no hubo diferencia en la composición de la avifauna entre humedales urbanos y no urbanos.

El análisis de las especies de acuerdo con la categoría ecológica estuvo acorde con lo anteriormente expuesto. Es decir, la presencia de pastizales, cultivos y matorrales alrededor de los humedales hizo que predominaran las especies de borde de bosque (categoría ecológica II) y áreas abiertas (categoría ecológica III). Enseguida

estuvieron presentes las especies de aves acuáticas de la categoría ecológica IVb, esto pudo deberse a que los bordes de los humedales carecen de cobertura vegetal densa y las especies que hacen parte de esta categoría son aparentemente indiferentes a la presencia de árboles excepto para perchas (Stiles y Bohórquez, 2000). Además, la presencia de pocos relictos de bosque debido a la alta intervención a la cual se encuentra sometido el bosque seco tropical (Miles *et al.*, 2006) y por ende los humedales evaluados, provocó que las especies de las categorías Ia y Ib fueran menos registradas, corroborando de este modo que la intervención del hábitat es un factor determinante en la diversidad de las aves (Cerezo *et al.*, 2009; Ramírez-Albores, 2010).

Cabe resaltar que las especies de aves registradas en los humedales evaluados en el presente trabajo representa el 50 % de la avifauna del bosque seco tropical del departamento del Tolima (Losada-Prado y Molina-Martínez, 2011), lo cual indica que los humedales y su hábitat circundante sustentan un número importante de aves representativas de esta zona de vida en esta parte del valle alto del río Magdalena, de las cuales se registraron 2 especies

endémicas (*Myiarchus apicalis* y *Euphonia concinna*), 7 especies casi-endémicas y *Phaethornis anthophilus* como especie de interés (especies que tienen entre el 40-49 % de su distribución en Colombia según Chaparro-Herrera *et al.*, 2013); 7 especies migratorias (Naranjo *et al.*, 2012); *Psittacara wagleri* como especie casi-amenazada (IUCN, 2017); *Dendrocygna autumnalis* dentro del apéndice III de la CITES y 20 especies dentro del apéndice II de la CITES (UNEP-WCMC, 2014). No obstante, es posible encontrar nuevos registros de aves para la región, por lo cual se recomienda seguir realizando monitoreos en estos 13 humedales y en otros que aún no han sido estudiados.

Conclusiones

Un significativo número de especies está asociado a los humedales de tierras bajas del Tolima. Entre ellas se destaca la presencia de especies de importancia para la conservación por su estatus endémico, migratorio, de interés o por estar en algún grado de amenaza (IUCN, CITES). Por último, la información obtenida en el presente estudio evidencia un alto registro de las especies esperadas, lo cual indica que se logró un buen muestreo; sin embargo, es posible seguir obteniendo nuevos registros para los humedales de zonas bajas del departamento del Tolima.

Agradecimientos

Este proyecto fue financiado por Cortolima en convenio con la Universidad del Tolima. Agradecemos a S. Espinosa por su ayuda en la elaboración del mapa y a J. García por aportar algunas de las fotos de las especies de aves registradas.

Referencias

Álvarez-León, R. (2009). Notas sobre la avifauna del humedal Santa María del Lago, cordillera Oriental de los Andes Colombianos. *Revista Luna Azul*, 28, 24-39.

Blanco, D. E. (1999). Los humedales como hábitat de aves acuáticas. En Malvárez, A. I. (Ed.). *Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica*. Pp. 208-217. Montevideo: ORCYT-UNESCO.

Brown, M. y Dinsmore, J. (1986). Implications of marsh size and isolation for marsh bird management. *Journal of Wildlife Management*, 50, 392-397.

Cárdenas, G., Harvey, C. A., Ibrahim, M. y Finegan, B. (2003). Diversidad y riqueza de aves en diferentes hábitats en un paisaje fragmentado en Cañas, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 10, 78-85.

Castillo, F. L. y Puyana, J. (2004). Colombia (Informe anual 2004). En Lopez-Lanus, B. y Blanco, D. E. (Eds). *El Censo Neotropical de Aves Acuáticas 2004. Una herramienta para la conservación*. Pp. 53-63. Buenos Aires, Wetlands International.

Cerezo A., Robbins, C. S. y Dowell, B. (2009). Uso de hábitats modificados por aves dependientes de bosque tropical en la región caribeña de Guatemala. *Revista de Biología Tropical*, 57(1-2), 401-419.

Chaparro-Herrera S., Echeverry-Galvis, M. A., Córdoba-Córdoba, S. y Sua-Becerra, A. (2013). Listado actualizado de las aves endémicas y casi-endémicas de Colombia. *Biota Colombiana*, 14(2), 235-272.

Colwell, R. K. (2013). *Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples*. Version 9.

Craig, R. J. y Beal, K. G. (1992). The influence of habitat variables on marsh bird communities of the Connecticut River Estuary. *Wilson Bulletin*, 104, 295-311.

Cruz, H. F., Moreno, M., Gómez, C. y Molina, Y. (2010). Aves. En Reinoso, G., Villa, F. A., Losada, S., García, J. E. y Vejarano, M. A. *Biodiversidad faunística de los humedales del departamentos del Tolima* (Informe técnico). Pp. 306-413. Ibagué: Cortolima- Universidad del Tolima.

- Delany, S., Reyes, C., Hubert, E., Phil, S., Rees, E., Haanstra, L. y Van Strien, A. (1999). *Results from the International Waterbird Census in the Western Palearctic and Southwest Asia 1995 and 1996*. Wageningen: Wetlands International Publication.
- Elmberg, J., Nummi, P., Pöysä, H. y Sjöberg, K. (1994). Relationships between species number, lake size and resource diversity in assemblages of breeding waterfowl. *Journal of Biogeography*, 21, 75-84.
- Estela, F. A. y Lopez-Victoria, M. (2005). Aves de la parte baja del río Sinú, Caribe Colombiano; Inventario y ampliaciones de distribución. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 34, 7-42.
- Green, A. J. (1996). Analyses of globally threatened Anatidae in relation to threats, distribution, migration patterns and habitat use. *Conservation Biology*, 10, 1435-1445.
- Gutiérrez, F. P., Morales-B., D. y Lasso, C. A. (2014). Humedales interiores de Colombia: principales investigaciones, tipologías y propuestas de clasificación. En Lasso, C. A., Gutiérrez, F. de P. y Morales-B, D. (Eds). *X. Humedales interiores de Colombia: identificación, caracterización y establecimiento de límites según criterios biológicos y ecológicos*. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Pp. 67-87. Bogotá, D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Hammer O., Harper, D. A. T. y Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistic software. *Palaeontología Electrónica*.
- IUCN. (2017). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-2. Recuperado de www.iucnredlist.org.
- Johnston-González R., Castillo, F. L. y Murillo, J. (2006). *Conocimiento y conservación de aves playeras en Colombia*. Cali: Asociación Calidris. 29 pp.
- Lara, C. E. (2011). Riqueza y composición de las aves del humedal "Ciénaga Colombia". *Revista de Ciencias*, 15, 201-207.
- Lasso, C. A., Gutiérrez, F. de P. y Morales-B, D. (2014). *X. Humedales interiores de Colombia: identificación, caracterización y establecimiento de límites según criterios biológicos y ecológicos*. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Bogotá, D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 349 pp.
- Leveau, L. M. y Leveau, C. M. (2004). Comunidades de aves en un gradiente urbano de la ciudad de Mar del Plata, Argentina. *Hornero*, 19 (1), 13-21.
- Losada-Prado, S. y Pacheco-Vargas, G. (2015a). Aves. En Reinoso, G. F. Villa, A., Losada-Prado, S. y Forero, A. M. *Plan de manejo humedal Albania*. Pp. 108-130. Ibagué: Cortolima-Universidad del Tolima.
- Losada-Prado, S. y Pacheco-Vargas, G. (2015b). Aves. En Reinoso, G. F. Villa, A., Losada-Prado, S. y Forero, A. M. *Plan de manejo humedal Azuceno*. Pp. 124-154. Ibagué: Cortolima-Universidad del Tolima.
- Losada-Prado, S. y Pacheco-Vargas, G. (2015c). Aves. En Reinoso, G. F. Villa, A., Losada-Prado, S. y Forero, A. M. *Plan de manejo humedal El Saman*. Pp. 100-122. Ibagué: Cortolima-Universidad del Tolima.
- Losada-Prado, S. y Pacheco-Vargas, G. (2015d). Aves. En Reinoso, G. F., Villa, A., Losada-Prado, S. y Forero, A. M. *Plan de manejo humedal La Huaca*. Pp. 119-155. Ibagué: Cortolima-Universidad del Tolima.
- Losada-Prado, S. y Pacheco-Vargas, G. (2015e). Aves. En Reinoso, G. F., Villa, A., Losada-Prado, S. y Forero, A. M. *Plan de manejo humedal Las Garzas*. Pp. 120-148. Ibagué: Cortolima-Universidad del Tolima.
- Losada-Prado, S. y Molina-Martínez Y. G. (2011). Avifauna del bosque seco tropical en el departamento del Tolima (Colombia): Análisis de la comunidad. *Caldasia*, 33, 271-94.
- Losada-Prado, S., Sánchez, N., Galeano, C. y Vega, N. (2016a). *Aves: humedal Chicoalí, San Luis*. (Informe técnico). Ibagué: Cortolima-Universidad del Tolima.

- Losada-Prado, S., Sánchez, N., Galeano C. y Vega, N. (2016b). *Aves: Humedal El Gavilán, Carmen de Apicalá* (Informe técnico). Ibagué: Cortolima-Universidad del Tolima.
- Losada-Prado, S., Sánchez, N., Galeano, C. y Vega, N. (2016c). *Aves: humedal Caracolí, Saldaña* (Informe técnico). Ibagué: Cortolima-Universidad del Tolima.
- Miles, L., Newton, A. C., DeFries, R. S., Ravilious, C., May, I., Blyth, S., Kapos, V. y Gordon, J. E. (2006). A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography*, 33, 491-505.
- Naranjo, L. G., Andrade, G. y Ponce de León, E. (1998). *Hacia la conservación de los humedales de Colombia: Bases científicas y técnicas para una política nacional de humedales*. Boletín No. 9. Bogotá, D.C. Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Naranjo, L. G., Amaya, J. D., Eusse-González, D. y Cifuentes-Sarmiento, Y. (2012). *Guía de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia Aves* Vol. 1. Bogotá, D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / WWF Colombia. 708 pp.
- Ntiamoa-Baidu, Y., Piersma, T., Wiersma, P., Pool, M., Battley, P. y Gordon, C. (1998). Water depth selection, daily feeding routines and diets of waterbirds in coastal lagoons in Ghana. *Ibis*, 140, 89-103.
- Parra, J. L. (2014). Uso de la biota acuática en la identificación, caracterización y establecimiento de límites en humedales interiores: Aves. En Lasso, C. A., Gutiérrez, F. de P. y Morales-B., D. (Eds). X. *Humedales interiores de Colombia: identificación, caracterización y establecimiento de límites según criterios biológicos y ecológicos*. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Pp. 150-155. Bogotá, D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Pizano, C y García, H. (2014). *El bosque seco tropical en Colombia*. Bogotá, D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 349 pp.
- PRIMER-E, L. (2006). PRIMER 6. Plymouth: PRIMER-E Ltd
- Ramírez-Albores, J. E. (2010). Diversidad de aves de hábitats naturales y modificados en un paisaje de la Depresión Central de Chiapas, México. *Revista de Biología Tropical*, 58 (1), 511-528.
- Remsen, J. V., Areta, J. I., Cadena, C. D., Claramunt, S., Jaramillo, A., Pacheco, J. F., Pérez-Emán, J., Robbins, M. B., Stiles, F. G., Stotz, D. F. y Zimmer, K. J. (2017). A classification of the bird species of South America. American Ornithologists' Union. Recuperado de <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html>.
- Safran, R. J., Isola, C. R., Colwell, M. A. y Williams, O. E. (1997). Benthic invertebrates at foraging locations of nine waterbird species in managed wetlands of the northern San Joaquin Valley, California. *Wetlands*, 17, 407-415.
- Sánchez-Azofeifa, G. A., Quesada, M., Rodríguez, J. P., Nassar, J. M., Stoner, K. E., Castillo, A., Garvin, T., Zent, E. L., Calvo-Alvarado, J. C., Kalacska, M. E. R., Fajardo, L., Gamon, J. A., y Cuevas-Reyes, P. (2005). Research priorities for Neotropical dry forests. *Biotropica*, 37, 477-485.
- Stiles, F. G. y Bohórquez, C. I. (2000). Evaluando el estado de la biodiversidad: el caso de la avifauna de la serranía de la Quinchas, Boyacá, Colombia. *Caldasia*, 22, 61-92.
- UNEP-WCMC. (2014). Checklist of CITES species. Geneva, Suiza y Cambridge, Reino Unido: CITES Secretariat y UNEP-WCMC.
- Velasquez, C. R. (1992). Managing artificial salipans as a waterbird habitat: species' responses to water level manipulation. *Colonial Waterbirds*, 15, 14-55.
- Weller, M. W. (1994). Seasonal Dynamics of Bird Assemblages in a Texas Estuarine Wetland (Dinámica Estacional de Agregaciones de Aves en un Estuario en Texas). *Journal of Field Ornithology*, 388-401.

Anexo 1. Ubicación de los humedales de tierras bajas muestreados en el bosque seco tropical del departamento del Tolima.

Anexo 2. Taxonomía, categoría ecológica, estatus, grado de amenaza (IUCN) y CITES de las especies de aves registradas en los 13 humedales del bosque seco tropical del departamento del Tolima durante los años 2010-2015.

Disponible en línea: <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota/rt/suppFiles/577/0>

Gustavo Pacheco-Vargas
Universidad del Tolima,
Grupo de Investigación en Zoología
Tolima, Colombia
gfpacheco@ut.edu.co

Jessica Sánchez-Guzmán
Universidad del Tolima,
Grupo de Investigación en Zoología
Tolima, Colombia
jnsanchez@ut.edu.co

Sergio Losada-Prado
Universidad del Tolima,
Facultad de Ciencias,
Departamento de Biología
Tolima, Colombia
slosada@ut.edu.co

Caracterización de la comunidad de aves asociada a los humedales de zonas bajas del departamento del Tolima, Colombia

Citación del artículo: Pacheco-Vargas, G., Sánchez-Guzmán, J. y Losada-Prado, S. (2018). Caracterización de la comunidad de aves asociada a los humedales de zonas bajas del departamento del Tolima, Colombia. *Biota Colombiana*, 19(1), 190-201. DOI: 10.21068/c2018.v19n01a12.

Recibido: 22 de agosto de 2017
Aprobado: 27 de marzo de 2018

Diversidad, abundancia relativa y patrones de actividad de los mamíferos medianos y grandes, asociados a los bosques riparios del río Bitá, Vichada, Colombia

Diversity, relative abundance and activity patterns for medium and large mammals of the riparian forests of the Bitá River, Vichada, Colombia

Federico Mosquera-Guerra, Fernando Trujillo, Angélica P. Díaz-Pulido y Hugo Mantilla-Meluk

Resumen

La diversidad de mamíferos en la cuenca del Orinoco es derivada de la mezcla de especies de diferentes regiones biogeográficas y es poco conocida. Por lo tanto se emplearon técnicas de fototrampeo para el registro de los mamíferos medianos y grandes asociados al bosque ribereño en la cuenca alta y media del río Bitá, Vichada, Colombia. Se estimó la diversidad, el índice de abundancia relativa y los patrones de actividad. Se instalaron 77 cámaras trampa a lo largo de 200 km del río en dos periodos hidroclimáticos (baja y alta precipitación). Se obtuvieron en total 16439 imágenes, con un esfuerzo de muestreo de 7700 días-trampa. Se registraron 24 especies de mamíferos, agrupados en 17 familias y 9 órdenes. El índice de diversidad de Shannon-Wiener obtenido a través de este método fue $H' = 1,995$, las especies mejor representadas a través del índice de abundancia relativa fueron *Tayassu pecari* (IAR = 0,176, n = 1360), *Cuniculus paca* (IAR = 0,174, n = 1346), *Tapirus terrestris* (IAR = 0,144, n = 1114) y *Dasyprocta fuliginosa* (IAR = 0,116, n=900). En términos de patrones de actividad *Dasyprocta fuliginosa* presentó patrones de actividad diurnos, *Leopardus pardalis* catemeral, *Tayassu pecari* crepuscular matutino, *Cuniculus paca* y *Didelphis marsupialis* nocturna y *Tapirus terrestris* crepuscular vespertino. Esta información puede ser de utilidad para la generación de programas para el manejo y conservación de la mastofauna en la cuenca del río Bitá.

Palabras claves. Cámaras trampa. Conservación. Escudo Guayanés. Orinoquia colombiana.

Abstract

The diversity of mammals in the Orinoco River basin is derived from the mixture of species from different biogeographic regions and remains poorly known. Therefore, we used camera trapping techniques for the registration of the large and medium mammals associated to the riparian forest in the upper and middle basins of the Bitá River, Vichada, Colombia. Diversity, relative abundance index and activity patterns were estimated. Seventy-seven camera traps were installed along 200 km of the river in two hydroclimatic periods (low and high precipitation). A total of 16439 images were obtained with a sampling effort of 7700 traps-days. Twenty-four species of mammals were recorded, corresponding to 17 families and 9 orders. The Shannon-Wiener diversity index obtained through this method was

$H' = 1.995$, the best-represented species through the relative abundance index were *Tayassu pecari* (IAR = 0.176, n = 1360), *Cuniculus paca* (IAR = 0.174, n = 1346), *Tapirus terrestris* (IAR = 0.144, n = 1114) and *Dasyprocta fuliginosa* (IAR = 0.116, n = 900). In terms of activity patterns, *Dasyprocta fuliginosa* showed a pattern of diurnal activity, *Leopardus pardalis* catemeral, *Tayassu pecari* morning twilight, *Cuniculus paca* and *Didelphis marsupialis* nocturnal and *Tapirus terrestris* twilight evening. This information may be useful to plan conservation and management actions for the mastofauna of the Bitá River basin.

Keywords. Colombian Orinoquia. Conservation. Guyanese shield. Trap cameras.

Introducción

La diversidad de mamíferos en la cuenca del Orinoco se encuentra conformada por elementos andinos, guyaneses y amazónicos (Correa *et al.*, 2006). En la cuenca del río Bitá se han reportado 63 especies, lo que evidencia una alta diversidad para este grupo taxonómico (Muñoz-Saba *et al.*, 2016; Garrote *et al.*, 2017; Mosquera-Guerra *et al.*, 2017), y representa alrededor del 32,1 % de los mamíferos asociados a los ecosistemas terrestres y acuáticos de la ecorregión de los llanos orientales colombianos (Pardo-Martínez y Rangel-Ch, 2014), 19,8 % de los registrados para la cuenca del río Orinoco (Ferrer *et al.*, 2009) y 12,1 % de las 518 especies de mamíferos del país (Solari *et al.*, 2013; Ramírez-Chaves y Suárez-Castro, 2014; Ramírez-Chaves *et al.*, 2016).

La mastofauna asociada a los bosques ribereños en la cuenca del río Bitá presenta una gran importancia ecológica y funcional (Trujillo y Mosquera-Guerra, 2016; Mosquera-Guerra *et al.*, 2017). En estos ecosistemas habitan especies claves e ingenieras como grandes carnívoros (*Panthera onca*, *Puma concolor* y *Leopardus pardalis*) (Garrote *et al.*, 2017; Mosquera-Guerra *et al.*, 2017), perisodáctilos (*Tapirus terrestris*), artiodáctilos (*Tayassu pecari* y *Odocoileus cariacou*) y xenartros (*Priodontes maximus* y *Myrmecophaga tridactyla*) (Muñoz-Saba *et al.*, 2016; Mosquera-Guerra *et al.*, 2017). Su presencia es indicadora de diversos tipos de recursos como agua, alimento y refugio en escalas espaciales y temporales distintas (Trujillo y Mosquera-Guerra, 2016; Mosquera-Guerra *et al.*, 2017).

La abundancia relativa de los mamíferos es un indicador de la situación poblacional y su evaluación en diferentes escalas (espacial y temporal) permite evidenciar posibles variaciones (Wilson *et al.*, 1996; Walker *et al.*, 2000; Monroy-Vilchis, *et al.* 2011). Este parámetro, al igual que el patrón de actividad, puede contribuir a la propuesta de estrategias para la conservación de las especies (Walker *et al.*, 2000; Blake *et al.*, 2012). La estimación de la abundancia para el caso de mamíferos tanto medianos como grandes es difícil y costosa debido a que sus hábitos son nocturnos y evasivos, y a que, por lo general, se encuentran en bajas densidades. Por lo anterior, es recomendable el cálculo de índices de abundancia relativa (Sutherland, 1996). Los valores de los índices de abundancia se basan en el resultado del muestreo de una fracción de la población y se expresan como el número de individuos registrados por unidad de muestreo (O'Brien *et al.*, 2003; Yasuda, 2004; Rovero y Marshall, 2009). Esta información puede ser obtenida a través del uso de cámaras trampa, lo cual permite enfocarse en estudios poblacionales de mamíferos con una herramienta confiable y no invasiva de muestreo (Krausman, 2002; Silveira *et al.*, 2003; Pinto de Sá Alves y Andriolo, 2005; Monroy-Vilchis *et al.*, 2009); además de su efectividad, el uso de cámaras trampa permite la obtención de registros de especies crípticas, que se mueven largas distancias o que presentan bajas densidades (Srbek-Araujo y García, 2005; Monroy-Vilchis *et al.*, 2009, 2011). Adicionalmente, las cámaras trampa confieren precisión en la identificación a nivel taxonómico

y, frecuentemente, individual. Su eficiencia es similar en la detección de especies con hábitos diurnos y nocturnos (Maffei *et al.*, 2002; Trolle y Kéry, 2003; Monroy-Vilchis *et al.*, 2011).

Esta herramienta es usada para múltiples propósitos, desde identificar individuos de una población hasta evaluar su tamaño (Lira-Torres y Briones-Salas, 2012). En la actualidad se ha incrementado el uso sistematizado de cámaras trampa para estimar el índice de abundancia relativa (IAR), parámetro que se correlaciona con la densidad poblacional (Maffei *et al.*, 2002; Monroy-Vilchis *et al.*, 2011; Lira-Torres y Briones-Salas, 2012), además de describir patrones de actividad (Maffei *et al.*, 2002; Pinto de Sá Alvez y Andriolo, 2005; Monroy-Vilchis *et al.*, 2009), establecer el uso del hábitat (Bowkett *et al.*, 2007; Monroy-Vilchis *et al.*, 2009; Lira-Torres y Briones-Salas, 2011), y estimar aspectos etológicos de las especies (Maffei *et al.*, 2005; Trolle y Kéry, 2005; Haines *et al.*, 2006).

Los patrones de actividad de muchos mamíferos en el Neotrópico se conocen en términos generales (es decir, si una especie es principalmente nocturna o diurna) (por ejemplo, Emmons y Feer, 1997), pero los detalles de estos patrones están menos estudiados (Blake *et al.*, 2012). Por esta razón, es necesario generar información acerca de los patrones de actividad de los mamíferos tropicales en aras de aumentar nuestra comprensión básica de su ecología (competencia y depredación) y potencialmente, para entender los impactos de las actividades humanas sobre el comportamiento de las especies afectadas (por ejemplo, las que son cazadas) (Blake *et al.*, 2012).

En consecuencia, el fototrampeo es una de las metodologías más relevantes y versátiles para la investigación biológica con fines de conservación (Trolle y Kéry, 2003; Maffei *et al.*, 2004; Lira-Torres y Briones-Salas, 2012). Por lo anterior, los objetivos de la presente investigación fueron determinar la diversidad, el índice de abundancia relativa y los patrones de actividad de los medianos y grandes mamíferos asociados a los bosques riparios en la cuenca media y alta del río Bitá, Vichada,

Colombia, con el fin de proporcionar insumos para el manejo y conservación de esta cuenca.

Materiales y métodos

Área de estudio. Se localiza en la cuenca alta y media del río Bitá, en los municipios de la Primavera y Puerto Carreño, Vichada, Colombia, a una altitud entre 45 y 103 m s.n.m, entre las coordenadas 5°51' a 5°43'N y 69°4' a 68°10' O (Mosquera-Guerra *et al.*, 2017) (Figura 1). La temperatura varía dependiendo de la estación climática, entre los meses de enero a abril durante el periodo de bajas precipitaciones oscila entre los 35° y 43 °C y en altas precipitaciones correspondiente a los meses de mayo a septiembre entre los 25° y 35 °C (Corporinoquia *et al.*, 2015). La vegetación dominante en los helobiosomas son conocidos comúnmente como bosques ribereños, riparios o de galería, y se encuentran ubicados sobre las márgenes de los grandes ríos, y pequeños tributarios de toda la cuenca del Orinoco (Hernández Camacho, 1997; Romero *et al.*, 2004).

Registro de mamíferos medianos y grandes. El muestreo se desarrolló entre los meses de diciembre de 2015 y mayo de 2016, con un promedio de 50 días de muestreo para cada periodo hidrológico evaluado, correspondiente a periodos de bajas (diciembre-enero) y altas (mayo-junio) precipitaciones, cubriendo un total de 100 días.

Se establecieron 77 estaciones de fototrampeo que fueron georreferenciadas con un geoposicionador (GPSMAP® 62sc | Garmin). En el primer periodo de muestreo (bajas precipitaciones), se instalaron 37 cámaras trampa y las 40 restantes durante el periodo (altas precipitaciones), los equipos de fototrampeo empleados fueron de referencia Bushnell Trophy Cam. Se ubicaron a una altura entre 40 y 50 cm del nivel del suelo, con una separación aproximada de 1 km de distancia entre cada una, cubriendo un longitud de 200 km, ubicadas de manera paralela al río y asociadas a la vegetación ribereña. El circuito de la cámara-

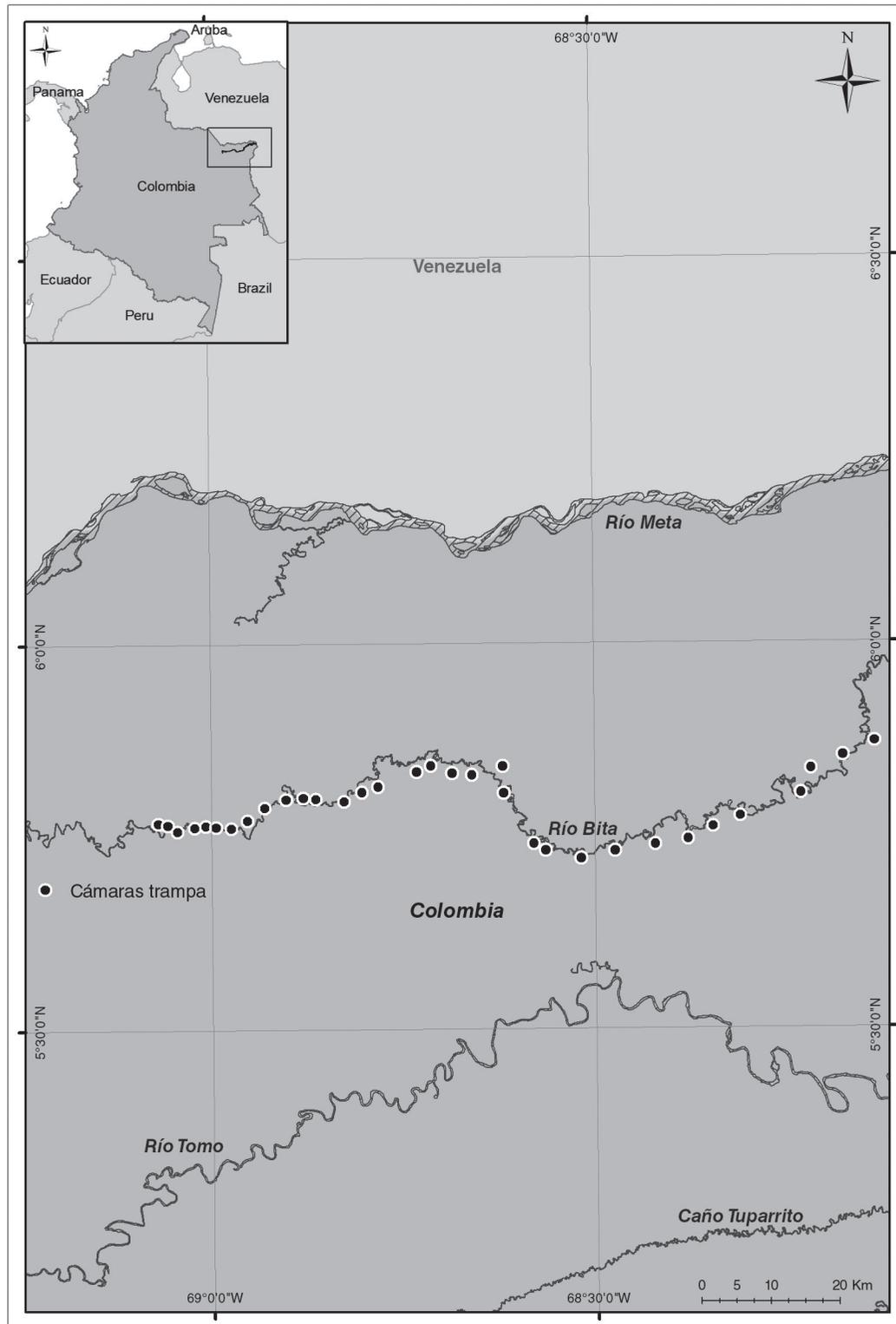


Figura 1. Ubicación de las cámaras trampa en la cuenca alta y media del río Bita, Vichada, Colombia.

trampa fue programado para permanecer activo durante 24 horas y fueron programadas para registrar 3 fotografías y 1 video de 20 segundos de duración a partir del estímulo activador a un intervalo de 1 segundo entre la primera y segunda ráfaga o hasta que apareciera un nuevo objetivo, en cada fotografía se registró la fecha, hora, fase lunar y temperatura (°C).

Análisis de la información. El esfuerzo de muestreo se obtuvo multiplicando el número total de cámaras-trampa por el total de días que permanecieron activas (Medellín *et al.*, 2006). Los individuos registrados fueron identificados siguiendo la literatura especializada (Emmons y Feer, 1997; Morales-Jiménez *et al.*, 2004; Wilson y Reeder, 2005). La representatividad del muestreo se determinó a través de los estimadores de riqueza ACE, Chao 1 y Cole, que utiliza los datos de abundancia y se basa en el número de especies raras en la muestra (Gotelli y Colwell, 2001). Los cálculos se llevaron a cabo utilizando el software EstimateS ver. 8.2.0 (Colwell, 2006).

El gremio trófico de las especies registradas se clasificó en herbívoros, insectívoros, frugívoros, carnívoros y omnívoros, de acuerdo con Muñoz-Saba *et al.* (2016). Finalmente, para conocer la condición de amenaza de los mamíferos registrados se consultó el libro rojo de mamíferos de Colombia (Rodríguez-Mahecha *et al.*, 2006) y la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2016).

La diversidad alfa (α) se estimó para cada método, de acuerdo con el índice de Shannon-Wiener. Para las temporadas de bajas y altas precipitaciones, el índice se comparó por medio de la prueba *t* modificada de Hutchinson (Moreno, 2001). Además, se estimó la dominancia a través del índice de Berger-Parker (Whittaker, 1972), que considera la importancia proporcional de las especies más abundantes y, el índice de equidad de Pielou (Magurran, 1988), que mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada (Moreno, 2001).

El índice de abundancia relativa de las especies se determinó a través del número de registros fotográficos independientes con relación al esfuerzo de muestreo. Un registro independiente considera: fotografías consecutivas de diferentes individuos, fotografías consecutivas de individuos de la misma especie separadas por más de 24 horas y fotografías no consecutivas de individuos de la misma especie. Para las especies gregarias, el número de registros independientes fue igual al número de individuos observados en una fotografía (Medellín *et al.*, 2006; Monroy-Vilchis *et al.*, 2011; Lira-Torres y Briones-Salas, 2012). Se calculó la abundancia relativa por temporada y se realizó una prueba de Mann-Whitney para determinar diferencias significativas entre temporadas (Zar, 1999).

Se determinó el patrón de actividad general y por temporada para aquellas especies que contaran con el mayor número de registros independientes (Maffei *et al.*, 2002; Monroy-Vilchis *et al.*, 2011). Las imágenes obtenidas se agruparon en intervalos de 2 horas y el patrón de actividad se clasificó en diurnas (de las 8:00 a las 18:00 horas), nocturnas (de las 20:00 a las 06:00 horas), crepuscular (matutino, entre las 6:00 y las 8:00 horas y vespertino entre las 18:00 y las 20:00 horas), las especies que no mostraron un patrón claro se clasificaron como catemerales (Maffei *et al.*, 2002; Monroy-Vilchis *et al.*, 2011).

Resultados y discusión

Las metodologías tradicionales empleadas para la realización de investigaciones en aspectos poblacionales como tamaños, índices de abundancia y densidad para medianos y grandes mamíferos como: recorridos a lo largo de transectos, conteos directos y técnicas de marca-recaptura, requieren de mucho esfuerzo y están muy limitados por las condiciones ambientales presentes donde habitan estas especies (Gaidet-Drapier *et al.*, 2006; Roberts *et al.*, 2006; Swan *et al.*, 2014). Para la realización del presente estudio, dada la escala y la geomorfología de la cuenca, se implementó

el uso de cámaras trampa debido al grado de precisión en la obtención de los registros para este grupo taxonómico (Cervantes y Yépez, 1995), estableciendo a través de este método de muestreo la presencia de 24 especies correspondientes a 13 familias de 7 órdenes, el 38 % de los mamíferos medianos y grandes reportados para la cuenca del Bitá (Muñoz-Saba *et al.*, 2016; Garrote *et al.*, 2017; Mosquera-Guerra *et al.*, 2017) (Anexo 1).

El orden mejor representado fue Carnívora, con 4 familias y 9 especies, durante el periodo seco se registraron 24 especies en 2583 registros independientes, mientras que durante la temporada de lluvias se detectaron 17 especies en 3244 registros independientes (Tabla 1). Los estimadores de riqueza ACE, Chao 1 y Cole, determinaron que el número de especies observadas estuvieron representadas entre un 90 % y 95 % de las especies esperadas. Estos resultados coinciden con lo expuesto por Monroy-Vilchis *et al.* (2011) y Lira-Torres *et al.* (2012) y valores que permiten establecer un elevado nivel de eficacia y representatividad para los muestreos realizados a través de este método no invasivo en los dos periodos hidrológicos evaluados.

El fototrampeo obtuvo además de los registros de los especímenes, información relevante acerca de diversos aspectos ecológicos como abundancia

relativa, patrón de actividad e incluso información que puede ser útil para hacer inferencias acerca de aspectos reproductivos; como por ejemplo los registros de hembras con crías para *Lontra longicaudis*, *Tapirus terrestris* y *Dasyprocta fuliginosa*, así como parejas de hembras y machos adultos para *Tayassu pecari* e *Hydrochoerus hydrochaeris* (Monroy-Vilchis *et al.*, 2009, 2011; Lira-Torres *et al.*, 2012) (Figura 2).

De los 24 mamíferos registrados, los gremios tróficos estuvieron representados por los omnívoros ($n = 9$; 37,5 %), carnívoros ($n = 6$; 25,0 %), herbívoros/frugívoros ($n = 5$; 20,8 %), insectívoros ($n = 3$; 12,5 %), y 1 especie fue herbívora. Estos resultados coinciden con lo expuesto por Muñoz Saba *et al.* (2016) para la cuenca del río Meta, por Trujillo y Mosquera-Guerra (2016) para los ecosistemas de morichales de la Orinoquia y por Mosquera-Guerra *et al.* (2017) para el río Bitá. Se reportan: (A) depredadores tope como los felinos y mustélidos (carnívoros); (B) herbívoros/frugívoros (artiodáctilos, perisodáctilos y roedores), que contribuyen, de forma directa o indirecta, al mantenimiento o regeneración de los bosques porque consumen frutos, semillas y polen, por lo tanto favorecen los procesos de dispersión de semillas (Cadena *et al.*, 1998); y (C) armadillos y osos hormigueros (insectívoros), que contribuyen en el control de las poblaciones



Figura 2. Presencia de parejas de hembras y machos adultos para A) *Hydrochoerus hydrochaeris* y B) *Tayassu pecari* en los bosques riparios del río Bitá, Vichada, Colombia.

de insectos que pueden convertirse en plagas o vectores de enfermedades (Naranjo y Amaya, 2009).

La diversidad de mamíferos medianos y grandes estimada a través del índice de Shannon-Wiener registrados con cámaras trampa fue de $H' = 1,995$, con valores para la diversidad máxima de $H'_{\max} = 2,02$. El valor del índice de diversidad fue significativamente mayor durante el periodo seco ($p = 0,02$). Los valores obtenidos para el índice Berger-Parker evidencian un grado de dominancia bajo para la comunidad de mamíferos a lo largo de los periodos evaluados ($D = 0,17$), para las temporadas seca ($D = 0,20$) y lluvias ($D = 0,22$). El valor en el índice de equidad de Pielou correspondió a $J = 0,62$ durante todo el estudio, y para la temporada lluviosa fue un poco más alto que para la temporada seca (Tabla 1).

Las especies que presentaron los mayores valores en el índice de abundancia relativa fueron *Tayassu pecari* (IAR = 0,176, $n = 1360$), *Cuniculus paca* (IAR = 0,174, $n = 1346$), *Tapirus terrestris* (IAR = 0,144, $n = 1114$), *Dasyprocta fuliginosa* (IAR = 0,116, $n = 900$); mientras que *Coendou prehensilis* (IAR = 0,0002, $n = 2$), *Procyon cancrivorus* y *Dasyopus kappleri* (IAR =

0,0001, $n = 1$) fueron las menos abundantes. Las especies más abundantes durante los periodos evaluados correspondieron a la danta de tierra bajas (*Tapirus terrestris*) en el periodo seco (IAR = 0,05, $n = 729$) y *Tayassu pecari* (IAR = 0,15, $n = 1360$) en lluvias. En relación a los valores del índice de abundancia entre los periodos hidrológicos evaluados, no se observaron diferencias significativas ($U = 242, p = 0,34$).

En la actualidad se discute la veracidad de emplear los valores de la frecuencia de captura como un índice de abundancia relativa y algunos autores han argumentado que el número de fotografías obtenidas de una especie depende de la probabilidad de detección, más que de la abundancia de la misma (Tobler *et al.*, 2008; Harmsen *et al.*, 2010; Monroy-Vilchis *et al.*, 2011). Sin embargo, autores como Kelly y Holub (2008) y Rowcliffe y Carbone (2008), establecen que la consistencia que generalmente se observa entre los valores para los índices obtenidos en diferentes periodos evaluados, puede aumentar la confiabilidad de la frecuencia de captura para estimar la abundancia relativa de las especies controlando algunas variables (tipos de vegetación, periodos hidroclimáticos y senderos empleados

Tabla 1. Índices ecológicos calculados para la comunidad de mamíferos registrados en la cuenca alta y media del río Bitá, Vichada, Colombia.

	Fototrampeo		
	Temporada seca	Temporada de lluvias	Total
Esfuerzo de muestreo	3850	3850	7700
Registros independientes	2583	3244	5827
Especies registradas	24	17	24
Especies exclusivas	7	0	7
Diversidad Shannon-Wiener (H')	1,975	1,802	1,995
H'_{\max}	2,018	1,836	2,02
Dominancia (D)	0,206	0,223	0,174
Equidad (J')	0,621	0,636	0,627

por los mamíferos). Estos podrían llegar a influir positivamente en los índices de captura, de esta forma es posible extraer información como la abundancia basada en frecuencias de fototrampeo (Monroy-Vilchis *et al.*, 2011). En relación a la alteración en los patrones etológicos de las especies por el uso de esta técnica, esta no puede ser considerada como una desventaja debido a que los resultados expuestos han sido contradictorios; Monroy-Vilchis *et al.* (2011), expone un ejemplo de esta contradicción a través de los resultados obtenidos Gompper *et al.* (2006), sugiriendo que los coyotes evitan las trampas-cámara. Sin embargo, Kelly y Holub (2008) y Pina *et al.* (2004) reportan que en el estudio que realizaron en Virginia esta especie fue una de las que presentó un mayor éxito de captura por las cámaras trampa. De acuerdo con los IAR calculados, las especies más abundantes fueron *Tayassu pecari*, *Tapirus terrestris*, *Cuniculus paca* y *Dasyprocta fuliginosa*, lo cual coincide con lo observado en los recorridos realizados por Mosquera-Guerra *et al.* (2017) con respecto al encuentro de evidencia como rastros, heces y comederos.

Entre las especies con mayor número de registros, *Dasyprocta fuliginosa* (04:00-8:00 hrs) presentó patrones de actividad diurnos coincidiendo con lo expuesto por Blake *et al.* (2012), *Leopardus pardalis* (8:00-12:00 hrs) catemeral (Emmons, 1988), *Tayassu pecari* (04:00-9:00 hrs) crepuscular matutino (Blake *et al.*, 2012), *Cuniculus paca* (02:00-06:00 hrs) nocturna, *Didelphis marsupialis* (00:00-3:00 hrs) nocturna y *Tapirus terrestris* (18:00-22:00 hrs) crepuscular vespertino (Blake *et al.*, 2012). Solo se evidenció un cambio en el patrón de actividad diurno a nocturno para *Leopardus pardalis* (19:00-1:00 hrs) durante el periodo de alta precipitación, esta modificación en la actividad de los depredadores puede variar geográficamente para igualar la actividad de las presas potenciales (Maffei *et al.*, 2004; Weckel *et al.*, 2006) (Figura 3, Tabla 2). Las especies registradas exclusivamente en la temporada seca, correspondieron a *Lontra*

longicaudis, *Pteronura brasiliensis*, *Nasua nasua*, *Procyon cancrivorus*, *Dasyopus kappleri*, *Hydrochoerus hydrochaeris* y *Coendou prehensilis*.

En relación a los análisis de los patrones de actividad, Van Schaik y Griffiths (1996), exponen la correlación entre el tamaño corporal de los animales más grandes (dantas, chácharos y venados) y sus requerimientos energéticos más elevados, ocasionando la necesidad de forrajear durante periodos prolongados de tiempo, por lo que son activos tanto en el día como en la noche; mientras que los mamíferos que presentan hábitos nocturnos corresponden a animales pequeños (<10 kg) y están relacionados con comportamientos de evasión debido al riesgo de depredación. Sin embargo, algunos de los resultados de la presente investigación son contradictorios con esta aseveración, debido a que especies de menos de 10 kg, como el ñeque (*Dasyprocta fuliginosa*) fueron más activos en horas del día principalmente, por lo que es más probable que factores externos (temperatura, humedad, disponibilidad de recursos, etc.), comportamientos inherentes a los individuos de cada especie (sexo, edad, estatus reproductivo, etc.), además de evitar la competencia con especies relacionadas o ecológicamente similares, como *Cuniculus paca* (Tobler *et al.*, 2009), tengan mayor influencia sobre el patrón de actividad (Monroy-Vilchis *et al.*, 2011; Blake *et al.*, 2012). Esta alteración también puede presentarse en especies muy presionadas por actividades de cacería, debido a esta actividad tienden a presentar comportamientos nocturnos como una estrategia antidepredación, esto correspondería con la información registrada para *Cuniculus paca* y *Tapirus terrestris* que presentaron una mayor actividad nocturna (Blake *et al.*, 2012; Mosquera-Guerra *et al.*, 2017). Los patrones de actividad para *Leopardus pardalis* durante el periodo de lluvias corresponde con lo registrado por Ayala *et al.* (2010) y Díaz-Pulido y Payán-Garrido (2011), ya que esta especie se ha reportado con actividad exclusivamente nocturna.

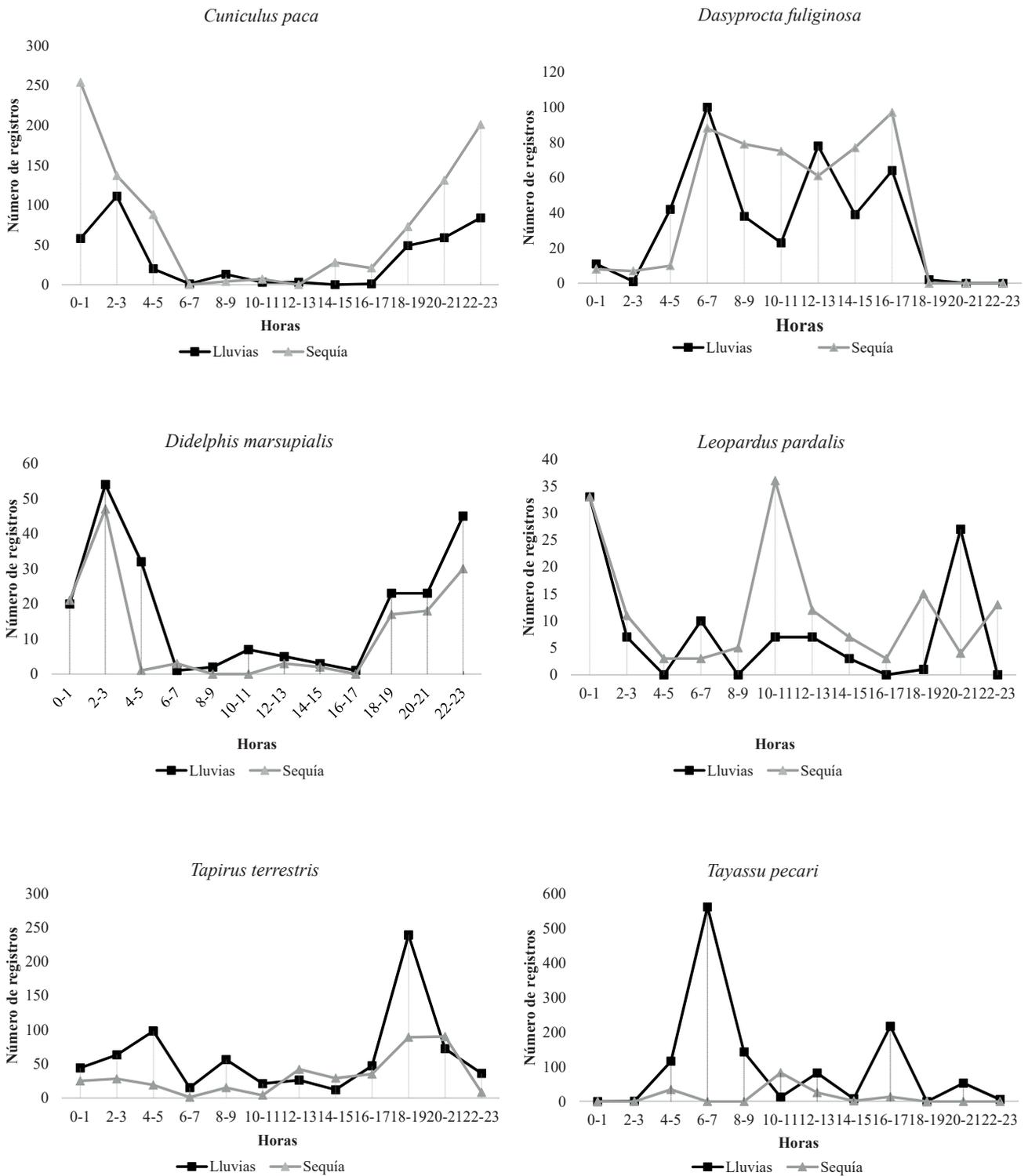


Figura 3. Patrones de actividad de los mamíferos medianos y grandes más abundantes en la cuenca alta y media del río Bitá, Vichada, Colombia.

Tabla 2. Patrones de actividad de los mamíferos medianos y grandes más abundantes registrados con el método de fototrampeo en la cuenca alta y media del río Bitá, Vichada, Colombia.

Especie	Nombres comunes	Estación seca		Estación lluvias		Total		
		Registros	Horario	Registros	Horario		Registros	Horario
<i>Leopardus pardalis</i>	Tigrillo, Canaguaro	95	8:00-12:00 hrs	145	19:00-1:00 hrs	240	8:00-12:00 hrs	Catemeral
<i>Didelphis marsupialis</i>	Zarigüeya, chucha, fara	142	00:00-3:00 hrs	216	00:00-3:00 hrs	358	00:00-3:00 hrs	Nocturno
<i>Tayassu pecari</i>	Chácharo	160	8:00-12:00 hrs	1200	04:00-9:00 hrs	1360	04:00-9:00 hrs	Diurno
<i>Tapirus terrestris</i>	Danta	385	18:00-22:00 hrs	729	18:00-22:00 hrs	1114	18:00-22:00 hrs	Nocturno
<i>Cuniculus paca</i>	Lapa, boruga	944	02:00-06:00 hrs	402	02:00-06:00 hrs	1346	18:00-05:00 hrs	Nocturno
<i>Dasyprocta fuliginosa</i>	Ñeque, picure	502	04:00-8:00 hrs	398	04:00-8:00 hrs	900	04:00-17:00 hrs	Diurno

El 16,6 % de las especies registradas se encuentran bajo alguna categoría de amenaza. Son reportadas cuatro especies por Rodríguez-Mahecha *et al.* (2006): *Lontra longicaudis* (VU), *Pteronura brasiliensis* (EN), *Tapirus terrestris* (CR) y *Myrmecophaga tridactyla* (VU). *Tayassu pecari* se encuentra dentro de la lista internacional (UICN, 2016) como Vulnerable (Figuras 4a y 4b). La presencia de carnívoros como *Puma concolor*, *Leopardus pardalis* y *Herpailurus yagouaroundi*, sugiere que el bosque ribereño en la cuenca alta y media del río Bitá se encuentra en buen estado de conservación, ya que al ser

estas especies los depredadores tope necesitan amplios requerimientos de hábitat para poder desarrollarse y tener una viabilidad poblacional (Holden y Neang, 2009; Cueva *et al.*, 2010). Sin embargo en los muestreos realizados empleando cámaras trampa no se ha logrado registrar el jaguar (*Panthera onca*), posiblemente su distribución se asocia más a coberturas forestales dominadas por los morichales cerca a las sabanas donde depreda animales domésticos (*Bos indicus* y *Sus scrofa*), agudizando así los conflictos entre ganaderos y grandes carnívoros (Garrote *et al.*, 2017).



Figura 4a. Mamíferos registrados por cámaras trampa en la cuenca alta y media del río Bitá, Vichada, Colombia. A) *Odocoileus cariacou*, B) *Leopardus pardalis*, C) *Puma concolor* y D) *Tayassu pecari*.



Figura 4b. Mamíferos registrados por cámaras trampa en la cuenca alta y media del río Bitá, Vichada, Colombia. E) *Tapirus terrestris*, F) *Myrmecophaga tridactyla*, G) *Hydrochoerus hydrochaeris* y H) *Dasyprocta fuliginosa*.

Conclusiones y recomendaciones

El uso de cámaras trampa permitió registrar para la cuenca alta y media del río Bitá el 7,6 % de los mamíferos medianos y grandes de Colombia (Ramírez-Chávez *et al.*, 2016) y el 14,2 % de los reportados para la Orinoquia (Ferrer *et al.*, 2009), evidenciando la efectividad de esta técnica en el registro de especies crípticas y evasivas como los ungulados (*Tapirus terrestris*, *Odocoileus cariacou* y *Tayassu pecari*) y felinos (*Puma concolor*, *Leopardus pardalis* y *Herpailurus yagouaroundi*) que presentan problemas de conservación por

cacería, transformación de sus hábitats y eventos de muerte por retaliación como el caso de los grandes carnívoros.

Los registros obtenidos a través de cámaras trampa de especies claves e ingenieras como los grandes carnívoros, perisodáctilos y artiodáctilos, evidencian la importancia de las coberturas forestales asociadas al río Bitá y su papel como corredor biológico para los medianos y grandes mamíferos que se desplazan entre los ecosistemas

del Escudo Guayanés y las sabanas inundables de la cuenca del Orinoco (Trujillo y Mosquera-Guerra *et al.*, 2016; Mosquera-Guerra *et al.*, 2017).

Se recomienda establecer un plan de monitoreo para los mamíferos medianos y grandes empleando técnicas de fototrampeo a largo plazo en aras de evaluar estacionalmente la presencia y abundancia de estas especies, al igual que realizar estudios de composición florística de los ecosistemas forestales asociados a estas coberturas para ver los aportes en la dieta de especies frugívoras y herbívoras como los grandes ungulados.

Agradecimientos

Los autores quieren expresar su agradecimiento a los investigadores local Jacinto Teherán de la Fundación Omacha, propietarios y encargados de los predios Anakai, Mi Familia, La Florida y Rampla Vieja por apoyar esta iniciativa de investigación y conservación en los municipios de La Primavera y Puerto Carreño, Vichada, cuenca alta y media del río Bitá.

Referencias

- Ayala, G., Viscarra, M. E. y Wallace, R. (2010). Density and activity patterns of ocelots (*Leopardus pardalis*) in Río Hondo, Madidi National Park and Integrated Management Natural Area, La Paz, Bolivia. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental*, 28, 119-129.
- Blake, J. G., Mosquera, D., Loisele, B. A., Swing, K., Guerra, J. y Romo, D. (2012). Temporal activity patterns of terrestrial mammals in lowland rainforest of Eastern Ecuador. *Ecotropica*, 18, 137-146.
- Bowkett, A., Rovero, F. y Marshall, A. (2007). The use of camera-trap data to model habitat use by antelope species in the Udzungwa Mountain forests, Tanzania. *African Journal of Ecology*, 46, 479-487.
- Cadena, A., Álvarez, J., Sánchez, F., Ariza, C. I., Albesiano, A. (1998). Dieta de los murciélagos frugívoros en la zona árida del río Chicamocha (Santander, Colombia). *Boletín de la Sociedad de Biología*, 69, 47-53.
- Cervantes, F. y Yépez, L. (1995). Species richness of mammals from the vicinity of Salina Cruz, Coastal Oaxaca, México. *Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología*, 66 (1), 113-122.
- Colwell, R. K. (2006). EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8. <http://purl.oclc.org/estimates>.
- Corporinoquia, HNA Ingeniería y ASODESAM. (2015). *Caracterización ambiental y ecosistemas estratégicos en la cuenca del río Bitá departamento del Vichada*. Bogotá D.C., Colombia: Corporinoquia, HNA Ingeniería y ASODESAM. 233 pp.
- Correa, H. D., Ruiz, S. L., Arévalo, L. M. (Eds.). (2006). *Plan de acción en biodiversidad de la cuenca del Orinoco-Colombia/2005-2015*. (Propuesta Técnica). Bogotá, D.C., Colombia: Corporinoquia, Cormacarena, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Unitrópico, Fundación Omacha, Fundación Horizonte Verde, Pontificia Universidad Javeriana, UNILLA-NOS, WWF-Colombia, GTZ-Colombia. 330 pp.
- Cueva, X. A., Morales, N., Brown, M. y Peck, M. (2010). Macro y mesomamíferos de la Reserva Comunitaria Santa Lucía, Pichincha, Ecuador. *Boletín Técnico 9, Serie Zoológica*, 6, 98-110.
- Díaz-Pulido, A. y Payán-Garrido, E. (2011). Densidad de ocelotes (*Leopardus pardalis*) en los llanos Colombianos. *Mastozoología Neotropical*, 18 (1), 63-71.
- Emmons, L. H. y Feer, F. (1997). *Neotropical rainforest mammals. A field guide*. Chicago: The University of Chicago Press. 281 pp.
- Emmons, L. H. (1988). A field study of ocelots in Peru. *Revue d'Ecologie: La Terre et la Vie*, 43, 133-157.
- Ferrer Pérez, A., Beltrán, M., Díaz-Pulido, A. P., Trujillo, F., Mantilla-Meluk, H., Herrera, O.,

- Alfonso, A. F. y Payán, E. (2009). Lista de los mamíferos de la cuenca del río Orinoco. *Biota Colombiana*, 10, 179-207.
- Gaidet-Drapier, N., Frtz, H., Bogarel, M., Renaud, P. C., Poilecot, P. y Chardonnet, P. (2006). Cost and efficiency of large mammal census techniques: comparison of methods for a participatory approach in a communal area, Zimbabwe. *Biology Conservation*, 15, 735-754.
- Garrote, G., Rodríguez-Castellanos, P., Trujillo, F. y F. Mosquera-Guerra. (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). En Castaño-Urbe C., Lasso, C. A., Hoogesteijn, R. y Payán-Garrido, E. (Eds.). *II. Conflicto entre felinos y humanos en América Latina*. Pp. 89-102. Bogotá, D. C., Colombia: Serie editorial Fauna silvestre neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).
- Gompper, M. E., Kays, R. W., Ray, J. C., Lapoint, S. D., Bogan, D. A. y Cryan, J. R. (2006). Comparison of noninvasive techniques to survey carnivore communities in Northeastern North America. *Wildlife Society Bulletin*, 34, 1142-1151.
- Gotelli, N. J. y Colwell, R. K. (2001). Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, 4, 379-391.
- Haines, A., Janecka, J., Tewes, M., Grassman, L. Jr. y Morton, P. (2006). The importance of private lands for ocelots *Leopardus pardalis* in the United States. *Oryx*, 40, 1-5.
- Harmsen, B., Foster, R., Silver, S., Ostro, L. y Doncaster, P. (2010). Differential use of trails by forest mammals and the implications for camera-trap studies: a case study from Belize. *Biotropica*, 42, 126-133.
- Hernández Camacho, J. (1997). Síntesis de los biomas de Colombia. En *Seminario Biodiversidad y Manejo de Fauna Silvestre, Palmira (Colombia)*. Pp: 11-13.
- Holden, J. y Neang, T. (2009). Small carnivore records from the Cardamom Mountains, southwestern Cambodia. *Small Carnivore Conservation*, 40, 16-21.
- Kelly, M. J. y Holub, E. L. (2008). Camera trapping of carnivores: Trap success among camera types and across species, and habitat selection by species, on Salt Pond Mountain, Giles County, Virginia. *Northeast Naturalist*, 15, 249-262.
- Krausman, P. (2002). *Introduction to wildlife management*. Nueva Jersey, EEUU: Prentice Hall. 341 pp.
- Lira-Torres, I. y Briones-Salas, M. (2012). Impacto de la ganadería extensiva y cacería de subsistencia sobre la abundancia relativa de mamíferos en la Selva Zoque, Oaxaca, México. *Therya*, 2, 217-244.
- Lira-Torres, I., Galindo-Leal, C. y Briones-Salas, M. (2012). Mamíferos de la selva Zoque, México: riqueza, uso y conservación. *Revista de Biología Tropical (International Journal of Tropical Biology)*, 60, 781-797.
- Lira-Torres, I. y Briones-Salas, M. (2012). Abundancia relativa y patrones de actividad de los mamíferos de los Chimalapas, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana (n. s.)*, 28(3), 566-585.
- Maffei, L., Cuellar, E. y Noss, J. (2002). Uso de trampas cámara para la evaluación de mamíferos en el ecotono Chaco-Chiquitanía. *Revista boliviana de ecología y conservación ambiental*, 11, 55-65.
- Maffei, L., Cuellar, E. y Noss, A. (2004). One thousand jaguars (*Panthera onca*) in Bolivia's Chaco? Camera trapping in the Kaa-Iya National Park. *Journal of Zoology*, 262, 295-304.
- Maffei, L., Noss, A., Cuellar, E. y Rumiz, D. (2005). Ocelot (*Felis pardalis*) population densities, activity and ranging behavior in the dry forests of eastern Bolivia: data from camera trapping. *Journal of Tropical Ecology*, 21, 1-6.
- Medellín, R., Azuara, D., Maffei, L., Zarza, H., Bárcenas, H., Cruz, E., Legaria, R., Lira, I., Ramos-Fernández, G. y Ávila, S. (2006). Censos

- y Monitoreo. En Chávez, C. y Ceballos, G. (Eds.). *El jaguar mexicano en el siglo XXI: situación actual y manejo*. Pp: 25-35. México. D. F.: CONABIO-ALIANZA WWF TELCEL-Universidad Nacional Autónoma de México.
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. New Jersey: Princeton University Press. 179 pp.
- Monroy-Vilchis, O., Rodríguez-Soto, C., Zarco-González, M. y Urios, V. (2009). Cougar and jaguar habitat use and activity patterns in Central Mexico. *Animal Biology*, 59, 145-157.
- Monroy-Vilchis, O., Zarco-González, M., Rodríguez-Soto, C., Soria-Díaz, L. y Urios, V. (2011). Fototrampeo de mamíferos en la Sierra Nanchititla, México. *Revista de Biología Tropical (International Journal of Tropical Biology)*, 59, 373-383.
- Morales-Jiménez, A. L., Sánchez, F., Poveda, K. y Cadena, A. (2004). *Mamíferos Terrestres y Voladores de Colombia*. Bogotá, Colombia. 248 pp.
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Zaragoza: M&T-Manuales y Tesis SEA, vol.1. 84 pp.
- Mosquera-Guerra, F., Trujillo, F., Mantilla-Meluk, H. y Díaz-Pulido, A. (2017). Capítulo 10. Mastofauna. En Trujillo, F y Lasso, C. A. (Eds.). *Caracterización biológica de la cuenca del río Bitá (Vichada, Colombia)*. Pp. 297-333. Bogotá, D. C., Colombia: Serie editorial Recursos hidrobiológicos y pesqueros continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).
- Muñoz-Saba, Y., Trujillo, F., Calvo-Roa, N., Cañón, S. y Mosquera-Guerra, F. (2016). Mamíferos de las cuencas de los ríos Meta y Bitá. En Trujillo, F., Antelo, R. y Usma, S. (Eds). *Biodiversidad de la cuenca baja y media del río Meta*. Pp 248-273. Bogotá, D.C: Fundación Omacha, Fundación Palmarito, WWF.
- Naranjo, L.G. y Amaya, J. D. (2009). *Plan Nacional de las especies migratorias. Diagnóstico e identificación de acciones para la conservación y el manejo sostenible de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia*. Bogotá D.C., Colombia: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, WWF -Colombia. 214 p.
- O'Brien, T., Kinnaird, M. y Wibisono, H. (2003). Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical landscape. *Animal Conservation*, 6, 131-139.
- Pardo-Martínez, A. y Rangel-Ch, J. O. (2014). Mamíferos de la Orinoquia de Colombia. En Rangel-Ch., J. O. (Ed.). *Colombia diversidad biótica XVI. La región de la Orinoquia Colombiana*. Pp: 751-784. Bogotá D.C., Colombia: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- Pina, G. P. L., Gamez, R. A. C. y González, C. A. L. (2004). Distribution, habitat association and activity patterns of medium and large sized mammals of Sonora, Mexico. *Natural Areas Journal*, 24, 354-357.
- Pinto de Sá Alves, L. C. y Andriolo, A. (2005). Camera traps used on the mastofaunal survey of Araras Biological Reserve, IEF-RJ. *Revista Brasileira Zootecnia*, 2, 231-246.
- Ramírez-Chaves, H. E. y Suárez-Castro, A. F. (2014). Adiciones y cambios a la lista de mamíferos de Colombia: 500 especies registradas para el territorio nacional. *Mammalogy Notes | Notas Mastozoológicas Sociedad Colombiana de Mastozología*, 1(2), 31-34.
- Ramírez-Chaves, H. E., Suárez-Castro, A. F. y González-Maya, J. F. (2016). Cambios recientes a la lista de los mamíferos de Colombia. *Mammalogy Notes | Notas Mastozoológicas Sociedad Colombiana de Mastozología*, 3,(1), 1-7.
- Roberts, C. W., Pierce, B. L., Braden, A. W., López, R. R., Silvy, N. J., Frank, P. A. y Ranzom, D. (2006). Comparison of camera and road survey estimates for white-tailed deer. *Journal Wildlife Manage*, 70, 263-267.
- Rodríguez-Mahecha, J. V., Alberico, M., Trujillo, F. y Jorgenson, J. (Eds.). (2006). *Libro Rojo de los Mamíferos de Colombia*. Serie libros rojos de las especies amenazadas de Colombia. Bogotá

- D. C., Colombia: Conservación Internacional Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 433 pp.
- Romero, M., Galindo, G., Otero, J. y Armenteras, D. (2004). *Ecosistemas de la cuenca del Orinoco colombiano* (Informe técnico). Bogotá D.C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 189 pp.
- Rovero, F. y Marshall, A. (2009). Camera trapping photographic rate as an index of density in forest ungulates. *Journal Applied Ecology*, 46, 1011-1017.
- Rowcliffe, J. y Carbone, C. (2008). Surveys using camera traps: are we looking to a brighter future? *Animal Conservation Journal*, 11, 185-186.
- Silveira, L., Ja'como, A. y Diniz-Filho, J. (2003). Camera trap, line transect census and track surveys: a comparative evaluation. *Biological Conservation*, 114, 351-355.
- Solari, S., Muñoz-Saba, Y., Rodríguez-Mahecha, J. V., Defler, T., Ramírez-Chaves, H. E. y Trujillo, F. (2013). Riqueza, endemismo y conservación de los mamíferos de Colombia. *Mastozoología Neotropical*, 20 (2), 301-365.
- Srbek-Araujo, A. C. y García, A. (2005). Is camera trapping an efficient method for surveying mammals in Neo-tropical forests? A case study in south-eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 21 121-125.
- Sutherland, W. (1996). *Ecological Census Techniques*. Cambridge, Gran Bretaña: Cambridge University. 336 pp.
- Swan, M., Di Stefano, J., Chistie, F., Steel, E. y York, A. (2014). Detecting mammals in heterogeneous landscapes: implications for biodiversity monitoring and management. *Biodiversity and Conservation*, 23, 343-355.
- Tobler, M., Carrillo-Percastegui, S., Leite, R., Mares, R. y Powell, G. (2008). An evaluation of camera traps for inventorying large- and medium-sized terrestrial rainforest mammals. *Animal Conservation Journal*, 11, 169-178.
- Tobler, M.W., Carrillo-Percastegui, S. E. y Powell, G. (2009). Habitat use, activity patterns and use of mineral licks by five species of ungulate in south-eastern Peru. *Journal of Tropical Ecology*, 25, 261-270.
- Trolle, M. y Kéry, M. (2003). Estimation of ocelot density in the Pantanal using capture-recapture analysis of camera-trapping data. *Journal of Mammalogy*, 84, 607-614.
- Trolle, M. (2008). Brazilian tapir density in the Pantanal: a comparison of systematic camera-trapping and linetranssect surveys. *Biotropica*, 40,211-217.
- Trujillo, F. y Mosquera, F. (2016). Caracterización, uso y manejo de la mastofauna asociada a los morichales de los Llanos Orientales colombianos. Capítulo 7. En Lasso, C. A., Colonnello, G., y Moraes, R. M. (Eds). XIV. *Morichales, cananguchales y otros palmares inundables de Suramérica. Parte II: Colombia, Venezuela, Brasil, Perú, Bolivia, Paraguay, Uruguay y Argentina*. Pp. 191-219. Serie editorial Recursos hidrobiológicos y pesqueros continentales de Colombia. Bogotá, D. C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).
- UICN-Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2016). Recuperado de: <https://www.iucn.org/es>
- Van Schaik, C. P. y Griffiths, M. (1996). Activity Periods of Indonesian Rain Forest Mammals. *Biotropica*, 28, 105-112.
- Walker, S., Novaro, A. y Nichols, J. (2000). Consideraciones para la estimación de abundancia de poblaciones de mamíferos. *Mastozoología Neotropical*, 7, 73-80.
- Weckel, M., Giuliano, W. y Silver, S. (2006). Jaguar (*Panthera onca*) feeding ecology: distribution of predator and prey through time and space. *Journal of Zoology*, 270, 25-30.
- Wilson, D. E., Rusell, F., Nichols, J. D., Rudran, R. y Foster, M. S. (Eds.). (1996). *Measuring*

- and Monitoring Biological Diversity, Standard Methods for Mammals.* Washington and London: Smithsonian Institution Press. 409 pp.
- Wilson, D. E. y Reeder, D. A. M. (Eds.). (2005). *Mammal Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference.* Third Edition. Baltimore: The Johns Hopkins University Press. 142 pp.
- Whittaker, R. H. (1972). Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21, (2/3), 213-251.
- Yasuda, M. (2004). Monitoring diversity and abundance of mammals with camera traps: a case study on Mount Tsukuba, central Japan. *Mammal Study*, 29, 37-46.
- Zar, J. H. (1999). *Biostatistical analysis.* Tercera edición. New Jersey: Prentice Hall. 988 pp.

Anexo 1. Mamíferos medianos y grandes registrados en la cuenca alta y media del río Bitá, Vichada, Colombia.

Disponible en línea: <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota/rt/suppFiles/578/0>

Federico Mosquera-Guerra
Fundación Omacha
Universidad Nacional de Colombia,
Laboratorio de Ecología del Paisaje y Modelación
de Ecosistemas
Bogotá, Colombia
federico.mosqueraguerra@gmail.com

Fernando Trujillo
Fundación Omacha
Bogotá, Colombia
fernando@omacha.org

Angélica P. Díaz-Pulido
Instituto de Investigación de Recursos Biológicos
Alexander von Humboldt
Villa de Leyva, Colombia
adiaz@humboldt.org.co

Hugo Mantilla-Meluk
Universidad del Quindío
Armenia, Colombia
hugo.mantillameluk@gmail.com

Diversidad, abundancia relativa y patrones de actividad de los mamíferos medianos y grandes, asociados a los bosques riparios del río Bitá, Vichada, Colombia

Citación del artículo: Mosquera-Guerra, F., Trujillo, F., Díaz-Pulido, A. P. y 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. DOI: 10.21068/c2018v19n01a13.

Recibido: 20 de abril de 2017

Aprobado: 20 de noviembre de 2017

Imantodes inornatus (Boulenger, 1886) (Squamata: Dipsadidae): expansion of known range and first records from the Magdalena River valley, Colombia

Imantodes inornatus (Boulenger, 1886) (Squamata: Dipsadidae): expansión del rango de la distribución conocida y primeros registros del valle del río Magdalena, Colombia

Román F. Díaz-Ayala, Julián A. Rojas-Morales, Juan C. Zuluaga-Isaza y Viviana A. Ramírez-Castaño

Abstract

The first report of the Speckled Blunt-headed Tree Snake (*Imantodes inornatus*) is presented for the Magdalena River valley, from the departments of Antioquia, Bolívar, Boyacá and Caldas in Colombia. Since these records correspond to the biogeographic Magdalena province, the known range for the species is expanded. In Colombia, this is a trans-Andean species found from the Pacific rainforests of the Chocó region, through the northern portion of the Western and Central Andean ranges, to the middle Magdalena River valley.

Keywords. Biogeographic provinces. Geography. Species distribution. Speckled Blunt-headed Tree Snake.

Resumen

Se registra por primera vez la serpiente de árbol cabeza moteada (*Imantodes inornatus*) en el valle del río Magdalena en los departamentos de Antioquia, Bolívar, Boyacá y Caldas, en Colombia. Estos registros corresponden a la provincia biogeográfica del Magdalena, lo que aumenta el área de distribución conocida. En Colombia, esta especie es un elemento transandino que cruza las selvas tropicales del Pacífico de la región chocona, a través de la porción septentrional de las cordilleras Occidental y Central hasta el valle medio del río Magdalena.

Palabras clave. Distribución de especies. Geografía. Provincias biogeográficas. Serpiente arborícola de cabeza roma moteada.

Introduction

Accurate information on species distribution and natural history is the basis for biodiversity management and conservation (González-Maya *et al.*, 2014), for it is a key attribute for assessing

the status of threatened species (IUCN, 2012). With over 270 snake species, Colombia is one of the richest countries in snake fauna in the world, surpassed only by Mexico and Brazil ([BIOTA COLOMBIANA 19 \(1\) - 2018](http://</p></div><div data-bbox=)

www.reptile-database.org, Lynch *et al.*, 2014). However, knowledge about biological aspects such as diversity patterns, distribution, natural history, and conservation status of Colombian snakes is still incipient and poorly represented in scientific literature. Although herpetological collections from the late nineteenth and early twentieth centuries have provided a large collection of snakes from almost all Colombian eco-regions (Lynch *et al.*, 2014), reviews have been made only on a few species (<10 %), generating major challenges in terms of snake conservation (Lynch, 2012, 2015).

The Neotropical Speckled Blunt-headed Tree Snake of the genus *Imantodes* (Linnaeus, 1758), are nocturnal and arboreal species. Eight nominal species of *Imantodes* are currently known. They are widely distributed from Central to South America (Myers, 1982; Torres-Carvajal *et al.*, 2012; Medina-Rangel *et al.*, 2018). These snakes have arboreal habits with morphological features adapted to this microhabitat, including thin bodies and enlarged heads with protuberant eyes, which differs significantly from the neck (Savage, 2002; Torres-Carvajal *et al.*, 2012). There are seven species of *Imantodes* in Colombia, which are: *I. cenchoa* (Linnaeus, 1758); *I. chocoensis* Torres-Carvajal *et al.* 2012; *I. gemmistratus* (Cope, 1861); *I. guane* Missassi & Prudente 2015; *I. inornatus* (Boulenger, 1896); *I. lentiferus* (Cope, 1894); *I. phantasma* Myers 1982 (Medina-Rangel *et al.*, 2018). The genus *Imantodes* is distributed throughout the country, from sea level to 2300 m of elevation, but certain eco-regions are poorly represented with few published data, such as the Orinoco savannas and the Amazonian rainforest (see Rojas-Morales *et al.*, 2014 for *I. cenchoa*), biogeographic provinces of Orinoquia, Guayana and Amazonia (*sensu* Hernandez-Camacho *et al.*, 1992).

Imantodes inornatus differs from its congeners by having yellowish dorsum and small black spots on the head, which often form very narrow crosslines, usually 1 preocular or rarely 2, fewer than 220 ventrals and fewer than 140 subcaudal scales (Myers, 1982; Savage, 2002). This species

ranges from Nicaragua in Central America, to Ecuador in northern South America, being an arboreal dwelling species in lowland wet forests, with some records in pre-montane wet forest (Myers, 1982; Savage, 2002; Köller, 2003). In Colombia, this species is known in the west (Pacific slope) of the Cordillera Occidental between 0-880 m of elevation, Chocó-Magdalena province (*sensu* Hernandez-Camacho *et al.*, 1992), in the departments of Chocó and Valle del Cauca (Sánchez-C. *et al.*, 1995; Castaño-Mora *et al.*, 2004; Castro-Herrera & Vargas-Salinas, 2008; Cardona-Botero *et al.*, 2013; Echavarría-R. *et al.*, 2016).

Based on individuals recently recorded in the field, review of scientific literature and data of herpetological collections, we present the first records of *I. inornatus* in the Magdalena River valley, which corresponds to the trans-Andean valley that separates Eastern and Central ranges (Cordillera Oriental and Cordillera Central) in central Colombia.

Materials and methods

Records of *I. inornatus* were taken from fieldwork completed in 2014, in the area of Miel I hydroelectric project. Also, we reviewed information and specimens from different herpetological collections and museums: AMNH (American Museum of Natural History, New York), MHN-UC (*Museo de Historia Natural Universidad de Caldas*, Manizales, Caldas), MHUA (*Museo de Herpetología Universidad de Antioquia*, Medellín, Antioquia), ICN (*Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional*, Bogotá, Cundinamarca), UIS (*Colección de Herpetología Universidad Industrial de Santander*, Bucaramanga, Santander), CD (*Colección docencia Universidad del Valle*, Cali, Valle del Cauca) y COL200CH-M (*Colección Científica de Referencia Zoológica de la Universidad Tecnológica del Chocó - Herpetología*, Quibdó, Chocó) (Table 1).

Table 1. List of the recorded localities of *Imantodes inornatus* in Colombia, based on literature, fieldwork and museum data. New records in bold. Sources: 1. Castaño-Mora *et al.* (2004), 2. *Sistema de Información de Biodiversidad* (SIB), 3. American Museum of Natural History (AMNH, New York), 4. *Museo de Herpetología Universidad de Antioquia* (MHUA-R), 5. *Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia*, Bogotá, Colombia (ICN), 6. *Universidad Industrial de Santander de Santander* (UIS-R), 7. *Colección docencia, Universidad del Valle* (CD), 8. Echavarría-R. *et al.* (2016) and 9. Cardona-Botero *et al.* (2013).

Department	Municipality	Locality	Latitude	Longitude	Elevation (m a.s.l)	Province	Museum voucher	Source
Antioquia	Anorí	Campamento Porce II, Quebrada San Benigno	6°59'6.00"N	75°5'22.92"W	875	Magdalena	MHUA-R 14540	2,4, Review
Antioquia	Guadalupe		6°49'0.59"N	75°14'38.30"W	1840	Magdalena	MHUA-R 14720	2,4, Review
Antioquia	San Carlos	Central Hidroeléctrica San Carlos, Embalse Punchiná	6°11'33.72"N	74°48'10.80"W	866	Magdalena		2, Review
Bolívar	Norosí		8°24'54.36"N	74°13'15.96"W	881	Magdalena	MHUA-R 14873	2,4, Review
Boyacá	Puerto Boyacá	Puerto Romero (Las Quinchas)	5°50'34.81"N	74°19'35.76"W	504	Magdalena	ICN 7919	5, Review
Caldas	Victoria	La Cantera	5°33'36.38"N	74°52'4.41"W	501	Magdalena	MHN-UC-0262	Field work
Caldas	Samaná	La Campiña	5°30'2.20"N	74°54'30.94"W	583	Magdalena		Field work
Caldas	Norcasia	Puente Hierro	5°34'15.90"N	74°52'36.87"W	401	Magdalena		Field work
Chocó	Condoto	Río Condoto	5°7'1.20"N	76°40'54.48"W	99	Chocó-Darién	AMNH_R4492	3
Chocó	Quibdó		5°41'33.71"N	76°40'18.48"W	39	Chocó-Darién	ICN-120	1,5
Chocó	Tadó	Salero	5°21'37.10"N	76°38'45.24"W	98	Chocó-Darién	COLZOOCH-H: 1499	8
Santander	Betulia	Vereda Los Mirabeles	7°3'29.88"N	73°22'45.12"W	290	Magdalena	UIS-R-3273	6, Review
Valle del Cauca	Dagua		3°36'57.96"N	76°51'28.80"W	555	Chocó-Darién	CD-4158	7
Valle del Cauca	Buenaventura	Río Calima, Campamento Cartón de Colombia	3°47'0.24"N	76°52'44.04"W	300	Chocó-Darién	ICN 398	1,5,9

Results and discussion

We obtained nine records of *I. inornatus*: three from the field and six from specimens in herpetological collections (Figure 1, Table 1). Fieldwork specimens: On 12 March 2014 at 19:17 h, an individual of *I. inornatus* (590 mm snout vent length [SVL], 213 mm tail length [TL], Figure 2A) was found moving across a bush of ferns 90 cm height from the ground, at “bosque La Campiña”, Confines village, municipality of Samaná, department of Caldas. A second specimen was observed on 19 July 2014 at 09:03 h, moving in riparian vegetation in “Puente Hierro” vereda La Quebra, Norcasia municipality, department of Caldas (Figure 2B). A third specimen (632 mm SVL, 231 mm TL, MHN-UC 0262, Figure

2C) was found on 31 October 2014 at 21:47 h in “La Cantera”, El Bosque village, municipality of Victoria, department of Caldas. This individual was observed on the base of a submerged plant in a pond border; it was collected under permit resolution number 164 of 2014, issued by CORPOCALDAS (Autonomous Regional Corporation of Caldas), and it was deposited in the Museo de Historia Natural of the Universidad de Caldas (MHN-UC 0262). This specimen presents 17-17-15 dorsal scales, 196 ventrals, 105 subcaudals, eight supralabials (3-5 contacting the orbit), nine infralabials (1-5 contacting shinshields), one preocular, and one postocular scales.

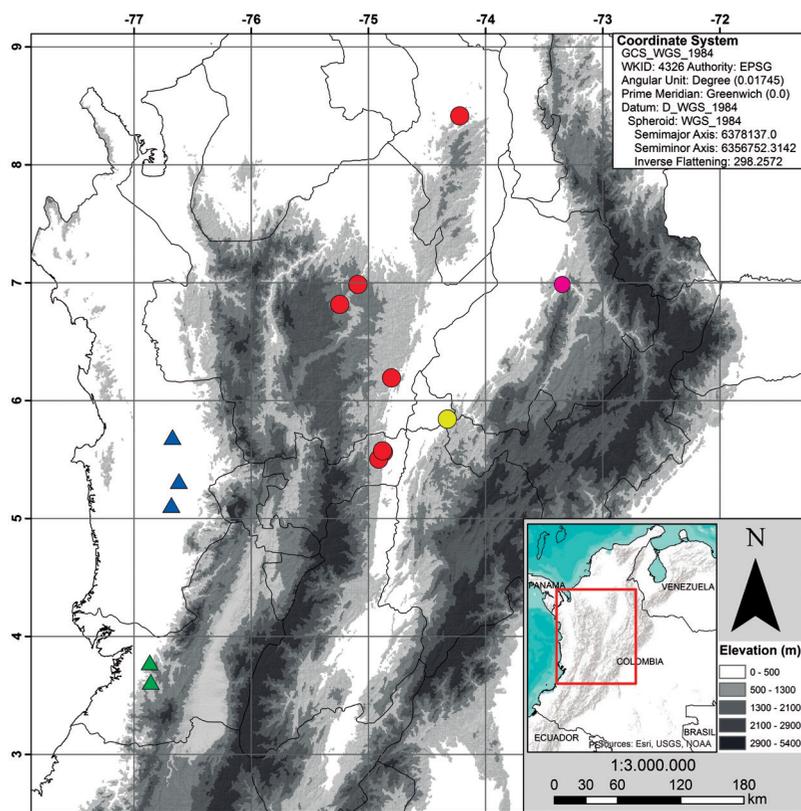


Figure 1. Known distribution of *Imantodes inornatus* in Colombia based on voucher specimens. Triangles depict the previous known records. Dots depict new records. The colors indicate districts into the Chocó-Magdalena biogeographic province *sensu* Hernandez-Camacho *et al* (1992): green triangles (Mikay district), blue triangles (Alto Atrato-San Juan district), red circles (Nechí district), yellow circles (Carare district), and violet circles (Lebrija district).

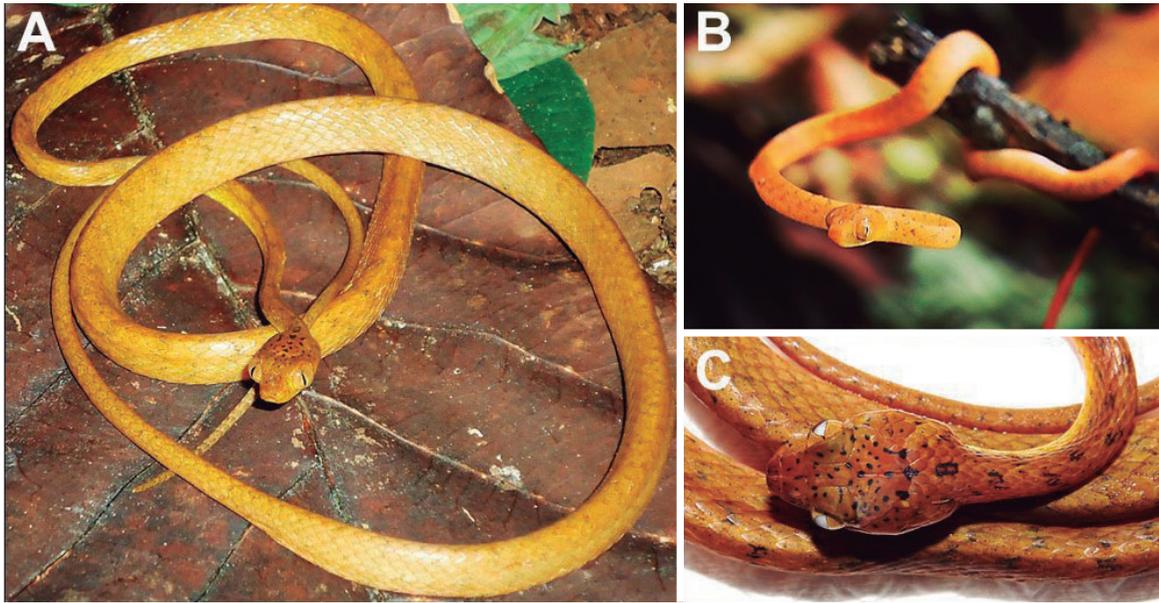


Figure 2. *Imantodes inornatus* from the middle Magdalena river valley, in the department of Caldas, Colombia. A) Live specimen (590 mm SVL, not collected) from “La Campiña”, Confines village, municipality of Norcasia. B) Live specimen (not collected) from “Puente Hierro”, La Queiebra village, municipality of Norcasia. C) Collected female (632 mm SVL, MHN-UC 0262) from “La Cantera” El Bosque village, municipality Victoria (Caldas, Colombia). Photographs: A) Román F. Díaz, B) Anyinson López, C) Julián Andrés Rojas.

The distribution of *Imantodes inornatus* corresponds to the region known as the *Chocó Biogeográfico* (Biogeographical Chocó) from the Northwest of Honduras, to Colombia and Ecuador in northern South America. Another reptile species of different lineages of Squamata show this distribution pattern (i. e. *Rhinobothryum bovalli* [Serpentes: Dipsadidae], *Diploglossus monotropis* [Sauria: Diploglossidae], *Tantilla reticulata* [Serpentes: Dipsadidae], *Ninia teresitae* [Serpentes: Dipsadidae]) (Savage, 2002; Castaño-Mora *et al.*, 2004; Rojas-Morales, 2012; Díaz-Ayala *et al.*, 2015; Angarita-Sierra & Lynch, 2017). The distribution of *I. inornatus* in the middle Magdalena River valley, particularly in the Nechí, Carare and Lebrija districts (Chocó-Magdalena biogeographic province), supports the known shared distribution of some amphibians and reptiles between the Pacific and middle Magdalena humid forests, as has been discussed by other authors (Hernandez-Camacho *et al.*,

1992; Acosta-Galvis *et al.*, 2006; Angarita-Sierra and Lynch, 2017; Gutiérrez-C. & Arredondo-S., 2007; Rojas-Morales, 2012; Díaz-Ayala *et al.*, 2015).

Accelerated habitat loss and degradation by different activities in the middle Magdalena River valley (i. e. cattle rising, illegal crops, and energy projects), have modified the natural landscape pattern. Monitoring wildlife populations that inhabit these areas, including rarely seen and poorly known species such as snakes, is very important.

Acknowledgements

We thank Universidad de Caldas and ISAGEN (contract 47/180) for partially funding fieldwork associated with this note. To Lauren Vonnahme and Margaret Arnold for providing information of specimens under their care (American Museum of Natural History). To Anyinson López, Elson

Meneses Pelayo, Andres Gómez Figueroa and Wilmar Bolívar for providing some records. José Rancés Caicedo-Portilla and two anonymous reviewers improved an earlier version of this manuscript.

Literature cited

- Acosta-Galvis, A. R., Huertas-Salgado, C. & Rada, M. (2006). Aproximación al conocimiento de los anfibios en una localidad del Magdalena medio (departamento de Caldas, Colombia). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencia Exactas, Físicas y Naturales*, 30, 291-303.
- Angarita-Sierra, T & Lynch, J. D. (2017). A new species of *Ninia* (Serpentes: Dipsadidae) from Chocó-Magdalena biogeographical province, western Colombia. *Zootaxa*, 4244, 478-492.
- Castaño-Mora, O.V., Cárdenas-Arévalo, G., Hernández-Ruiz, E. J. & Castro-Herrera, F. (2004). Catálogo de Reptiles en el Chocó Biogeográfico. In Rangel, J. O. (Ed.). *Colombia Diversidad Biótica IV. El Chocó Biogeográfico*. Pp: 615-631. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Castro-Herrera, F. & Vargas-Salinas, F. (2008). Anfibios y reptiles en el departamento del Valle del Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*, 9, 251-277.
- Cardona-Botero, V. E., Viáfara-Vega, R. A., Valencia-Zuleta, A., Echeverry-Bocanegra, A., Hernández-Córdoba, O. D., Jaramillo-Martínez, A. F., Galvis-Cruz, R., Gutiérrez, J. A. & Castro-Herrera, F. (2013). Diversidad de la herpetofauna en el Valle del Cauca (Colombia): Un enfoque basado en la distribución por ecorregiones, altura y zonas de vida. *Biota Colombiana*, 14, 157-234.
- Díaz-Ayala, R. F., Gutiérrez-C., P. D., Vásquez-Correa, A. M. & Caicedo-Portilla, J. R. (2015). New records of *Diploglossus monotropis* (Kuhl 1820) (Squamata: Anguillidae) from Urabá and Magdalena River valley, Colombia, with an updated geographic distribution map. *Checklist*, 11, 1-7.
- Echavarría-R., J. D., Rentería-M., L. E. & Rengifo-M., J.T. (2016). New record of *Imantodes chocoensis* (Squamata: Dipsadidae) in the biogeographic Choco Colombian. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 8, 14-19.
- González-Maya, J. F., Castañeda, F., González, R., Pacheco, J. & Ceballos, G. (2014). Distribution, range extension, and conservation of the endemic black-headed bushmaster (*Lachesis melanocephala*) in Costa Rica and Panama. *Herpetological Conservation Biology*, 9, 369-377.
- Gutiérrez-C., P. D. & Arredondo-S, J. C. (2007). *Leposoma southi* Ruthven and Gaige. 1924. A new record to the fauna of Antioquia (Colombia). *Herpetozoa*, 20, 77-79.
- Hernández-Camacho, J., Hurtado-Guerra, A., Ortiz-Quijano, R. & Walshburger, T. (1992). Unidades biogeográficas de Colombia. In Halfpeter, G. (Ed.). *La diversidad Biológica de Iberoamérica I*. México: Instituto de Ecología A.C. 204 pp.
- IUCN. (2012). Red List Categories and Criteria: Version 3.1. Second edition. Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 34 pp.
- Köller, G. (2003). *Reptiles de Centroamérica*. Offenbach, Germany: Herpeton, Verlag. 367 pp.
- Lynch, J. D. (2012). El contexto de las serpientes de Colombia con un análisis de las amenazas en contra de su conservación. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencia Exactas, Físicas y Naturales*, 36, 435-449.
- Lynch, J. D., Angarita-Sierra, T. & Ruiz-Gómez, F.A. (2014). *Programa Nacional para la Conservación de las Serpientes Presentes en Colombia*. Bogotá D.C., Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 128 pp.
- Lynch, J. D. (2015). The role of plantations of the african palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in the conservation of snakes in Colombia. *Caldasia*, 37, 169-182.
- Medina-Rangel, G. F., Cárdenas-Arévalo, G. & Rentería-M, L. E. (2018). Rediscovery and first

- record of the Phantasma Tree Snake, *Imantodes phantasma* Myers, 1982 (Serpentes, Colubridae), in Colombia. *Checklist*, 14(1), 237-242.
- Myers, C. M. (1982). Blunt-headed vine snakes (*Imantodes*) in Panama, Including a new species and other revisionary notes. *American Museum Novitates*, 1-50.
- Rojas-Morales, J. A. (2012). On the geographic distribution of the false coral snake, *Rhinobothryum bovallii* (Serpentes: Dipsadidae), in Colombia - a biogeographical perspective. *Salamandra*, 48, 243-248.
- Rojas-Morales, J. A., Arias-Monsalve, H. F. & Mendoza-Mendoza, I. (2014). Geographical distribution of *Imantodes cenchoa* (Serpentes: Dipsadidae) in Colombia: Filling gaps for the montane cloud forests of northern south America. *Herpetotropicos*, 10, 09-16.
- Sánchez-C., H., Castaño-M., O. & Cárdenas-A, G. (1995). Diversidad de los reptiles en Colombia. In Rangel-Ch., J. O. (Ed.). *Colombia Diversidad Biótica I*. Pp. 277-326. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional de Colombia-Inderena.
- Savage, J. M. (2002). *The Amphibians and Reptiles of Costa Rica: A Herpetofauna between Two Continents, between Two Seas*. Illinois, Chicago: The University of Chicago Press. 934 pp.
- Torres-Carvajal, O., Yáñez-Muñoz, M. H., Quirola, D., Smith, E. N. & Almendáriz, A. (2012). A new species of blunt-headed vine snake (Colubridae, *Imantodes*) from the Chocó region of Ecuador. *ZooKeys*, 244, 91-110.

Román F. Díaz-Ayala
 Universidad de Caldas,
 Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
 Manizales, Colombia
 romanfelipe_17@hotmail.com

Julián A. Rojas-Morales
 Natural Seeds Alliance
 Manizales, Colombia
 julian.herpetologia@gmail.com

Juan C. Zuluaga-Isaza
 Universidad de Caldas,
 Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
 Manizales, Colombia
 juan_ah25@hotmail.com

Viviana A. Ramírez-Castaño
 Universidad de Caldas,
 Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
 Manizales, Colombia
 vivianaramirez@gmail.com

Imantodes inornatus (Boulenger, 1886)
 (Squamata: Dipsadidae): expansion of known
 range and first records from the Magdalena
 River valley, Colombia

Citación del artículo: Díaz-Ayala, R. F., Rojas-Morales, J. A., Zuluaga-Isaza, J. C. y Ramírez-Castaño, V. A. (2018). *Imantodes inornatus* (Boulenger, 1886) (Squamata: Dipsadidae): expansion of known range and first records from the Magdalena River valley, Colombia. *Biota Colombiana*, 19(1), 219-225. DOI: 10.21068/c2018.v19n01a14.

Recibido: 15 de noviembre de 2017
 Aprobado: 12 de marzo de 2018

Escarabajos coprófagos de la cuenca alta y media del río Bitá, Vichada, Colombia

Dung beetles in the upper and middle basin of the Bitá River, Vichada, Colombia

Diego E. Martínez-Revelo, Carolina Castro-Moreno y Claudia A. Medina

Resumen

Se realizó la caracterización del ensamblaje de escarabajos coprófagos en la cuenca alta y media del río Bitá, en el marco de la alianza interinstitucional por el “Río Bitá, protegido”. Los escarabajos fueron recolectados con trampas de caída, en 4 localidades del departamento del Vichada, entre enero y junio de 2016. El conjunto de datos contiene 1904 registros procedentes de la revisión de 6253 especímenes, depositados en la colección del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (Instituto Humboldt). Un total de 17 géneros y 34 especies son reportadas para el río Bitá; 15 especies con epíteto específico completo y 19 especies con código único de morfoespecie (12 códigos previamente establecidos en la colección de referencia del Instituto Humboldt (CRECC) y 7 nuevas codificaciones, con base en el estudio de los caracteres morfológicos incluyendo la genitalia del macho). Hasta la fecha no se contaba con información sobre la riqueza de escarabajos coprófagos de la cuenca del río Bitá, por lo que estos resultados se consideran los primeros registros de este grupo taxonómico en el extremo nororiental del territorio nacional y aportan a la línea base para la declaratoria del río Bitá bajo la figura del primer río protegido de Colombia.

Palabras clave. Codificación de morfoespecies. Escudo Guayanés. Registro biológico. Río protegido. Riqueza.

Abstract

The dung beetle assemblage of the upper and middle basin of the Bitá River was characterized in the interinstitutional framework alliance of “Río Bitá, protegido (protected Bitá River)”. The beetles were collected with pitfall traps in 4 locations in the department of Vichada, Colombia between January and June 2016. The dataset contains 1904 records from the 6253 specimens inspected and deposited at the Research Institute of Biological Resources Alexander von Humboldt (IAvH). Seventeen genera and 34 species are reported for the Bitá River; 15 species with complete scientific names and 19 species with single morphospecies code identifier (12 codes previously established in the reference collection of IAvH (CRECC) and 7 new codifications, based on the study of morphological characters including male genitalia). To date, there was no information on the dung beetles richness in the Bitá River basin; these results are the first records of this taxonomic group in the northeastern part of the national territory, and thus contribute to the construction of the baseline for the declaration of the Bitá River as the first protected river of Colombia.

Keywords. Biological record. Guiana Shield. Morphospecies codification. Protected river. Richness.

Introducción

Los escarabajos coprófagos son ampliamente usados en evaluaciones de biodiversidad y se han muestreado ampliamente en Colombia (Medina *et al.*, 2001; Cultid-Medina *et al.*, 2014). El interés en el grupo se debe a su estrecha relación con el excremento de vertebrados y su sensibilidad a la fragmentación del hábitat y cambios en el uso del suelo, que los hace un buen grupo indicador del estado de salud de los ecosistemas; además, cumplen importantes funciones ecológicas que derivan en servicios ecosistémicos potencialmente benéficos para actividades productivas y de conservación en el país (Nichols *et al.*, 2007, 2008). A pesar de la tradición de muestreo de los escarabajos coprófagos en Colombia, en algunas regiones, como la Orinoquia, su conocimiento es deficiente, obteniéndose los mayores vacíos de información entre las regiones naturales de Colombia (Morales-Castaño y Medina, 2009).

El río Bitá hace parte de la macrocuenca del río Orinoco, nace en el municipio de La Primavera (Vichada) y en su longitud de 560 kilómetros cruza el municipio de Puerto Carreño hasta desembocar en el Orinoco, cubriendo una superficie aproximada de 8600 km² (Jaramillo y Rangel-Ch, 2014). El Bitá fue identificado como un río importante para la conservación debido a que presenta una baja densidad de población humana, bajo nivel de transformación y en gran medida por el aporte a la economía, la calidad de vida de la población y la protección de hábitats para el mantenimiento de la biodiversidad del departamento del Vichada (Lasso *et al.*, 2011). Hasta el momento, no se conocen registros ni caracterizaciones de escarabajos coprófagos publicados para la cuenca del río Bitá ni para los municipios que tienen jurisdicción en su territorio, solo dos localidades han sido caracterizadas en el departamento de Vichada: Parque Nacional Natural El Tuparro, sector noreste, municipio de Cumaribo (Quintero *et al.*, 2007) y la selva de Matavén (Higuera-Díaz y Ospina-Correa, 2009). A partir de estos muestreos y la revisión de la colección entomológica del Instituto Humboldt,

Medina y Pulido (2009) registraron 27 especies y 9 géneros de escarabajos coprófagos en el departamento, especies correspondientes a las planicies orinoquenses de influencia amazónica.

Debido al escaso conocimiento de los escarabajos coprófagos en el departamento del Vichada, la ausencia de estudios en el río Bitá y su proceso de declaratoria, el presente estudio tuvo como propósito efectuar un diagnóstico del estado de salud de la cuenca alta y media del río Bitá y reducir vacíos de información sobre la riqueza de escarabajos coprófagos como insumo para la elaboración de una estrategia de protección de la cuenca. El proyecto fue desarrollado por las siguientes instituciones: Gobernación del Vichada, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, World Wildlife Fund (WWF) y Fundación Omacha, las cuales buscan declarar al Río Bitá como un área protegida bajo la figura del primer río protegido de Colombia. Esto representa un enfoque novedoso dentro de los esfuerzos de conservación en el territorio nacional.

Descripción del proyecto

El proyecto propone construir una visión concertada que genere conexión de la sociedad local con la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos y lograr acuerdos, enfatizando en la importancia de mantener la integridad ecológica del sistema fluvial en toda la cuenca y la relación hombre-sociedad-naturaleza. En este sentido, se plantea este proyecto como alternativa de desarrollo regional que reconoce las particularidades de la región.

El objetivo específico del proyecto es generar un sistema de soporte para la toma de decisiones sobre la gestión de la biodiversidad y servicios ecosistémicos asociados al río Bitá, como modelo de río protegido. Esto incluye generación y gestión de la información, redes de trabajo y de conocimiento, estrategias de comunicación y movilización social.

Una de las actividades más importantes del proyecto está relacionada con el levantamiento de información que ayude a identificar el estado actual del río Bitá, inventario de ecosistemas terrestres y acuáticos, caracterización biológica y establecimiento de indicadores de estado y monitoreo de la biodiversidad, para medir la integridad ecológica de la cuenca.

Título. Desarrollo de un marco conceptual, metodológico y operativo para el establecimiento de una figura innovadora de Río Protegido en el río Bitá, departamento de Vichada.

Nombre. Carlos Lasso

Fuentes de financiación. Convenio No 15-14-322-304 CE celebrado entre el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (Instituto Humboldt) y la Fundación Omacha, el cual se realiza bajo el marco del convenio 14-322 suscrito entre la Gobernación del Vichada y el IAvH.

Descripción del área estudio. El río Bitá nace en el municipio de La Primavera (Vichada) y desemboca en el Orinoco en el municipio de Puerto Carreño. La cuenca tiene un área de 862742 ha e incluye 4 biomas con 22 ecosistemas. Se conoce que para 2006 el 92,24 % de su área estaba cubierta por ecosistemas naturales que hacen parte del corredor Bitá-Meta-Orinoco, el cual ha sido incluido como área prioritaria de conservación en el documento "Biodiversidad de la cuenca del Orinoco" (Lasso *et al.*, 2011). El nivel de conocimiento y esfuerzo de muestreo realizado en la región del Bitá es de los más bajos de la región, con grandes vacíos de información.

Cobertura taxonómica

Descripción. El conjunto de datos contiene 1904 registros de la subfamilia Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) correspondientes a 6253 especímenes depositados en la colección

entomológica del Instituto Humboldt (IAvH-E). Se registran 17 géneros y 34 especies; 15 determinadas con su epíteto específico, 11 identificadas con un código de morfoespecie previamente asignado en la colección de referencia de escarabajos coprófagos de Colombia del Instituto (CRECC) y 8 especies identificadas con un nuevo código de identificación único siguiendo la metodología descrita por González y Medina (2014). El total de los especímenes fueron determinados a nivel de género, el 27,9 % fueron identificados hasta el nivel taxonómico de especie y 72,1 % de los especímenes cuentan con un código único de morfoespecie. Los géneros encontrados fueron los siguientes:

Ateuchus (71 registros), *Canthon* (367 registros), *Uroxys* (419 registros), *Onthophagus* (280 registros), *Canthidium* (114 registros), *Coprophanaeus* (21 registros), *Deltochilum* (11 registros), *Dichotomius* (164 registros), *Digitonthophagus* (84 registros), *Eurysternus* (53 registros), *Malagoniella* (4 registros), *Ontherus* (190 registros), *Phanaeus* (9 registros), *Pseudocanthon* (103 registros), *Scybalocanthon* (3 registros), *Sulcophanaeus* (6 registros), *Diabroctis* (5 registros).

Los géneros con mayor riqueza fueron *Canthon* y *Dichotomius* con 8 y 5 especies respectivamente, los demás géneros tienen una representatividad baja inferior a 3 especies. El conjunto de datos representa el 32 % de las especies y 71 % de los géneros reportados para la Orinoquia colombiana (Medina y Pulido, 2009) y supera los valores registrados para el departamento del Vichada (Figura 1).

El atrayente más efectivo fue el excremento humano, donde se capturaron el 97 % de las especies; entre los atrayentes propios del área de estudio, el excremento de chigüiro fue el más efectivo capturando el 35 % de las especies, seguido de carroña, excremento de tortuga y huevos de iguana, mientras que el excremento de danta, sardinas en descomposición y excremento de nutria fueron los atrayentes que menos registros obtuvieron (Figura 2).

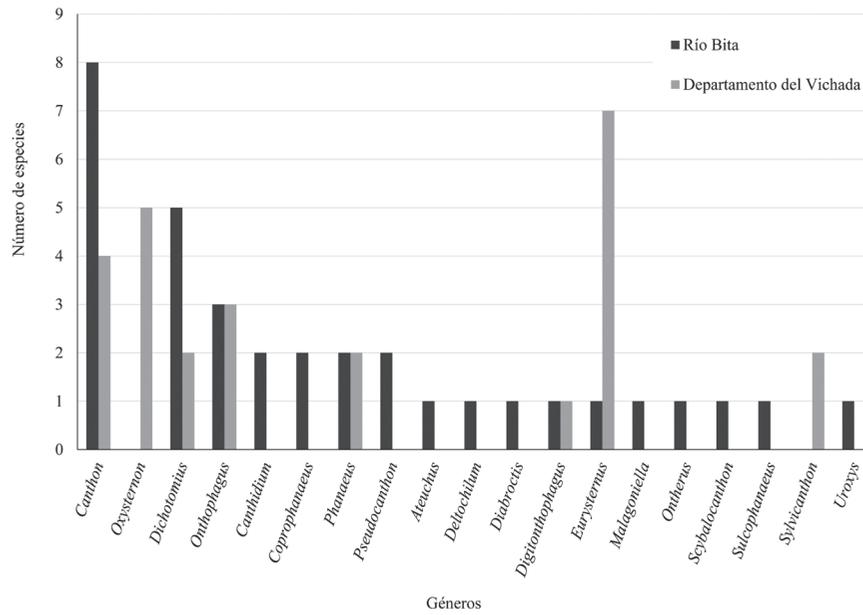


Figura 1. Comparación del número de géneros y especies de escarabajos coprófagos del río Bitá con los registros para el departamento del Vichada, Orinoquia colombiana (Medina y Pulido, 2009).

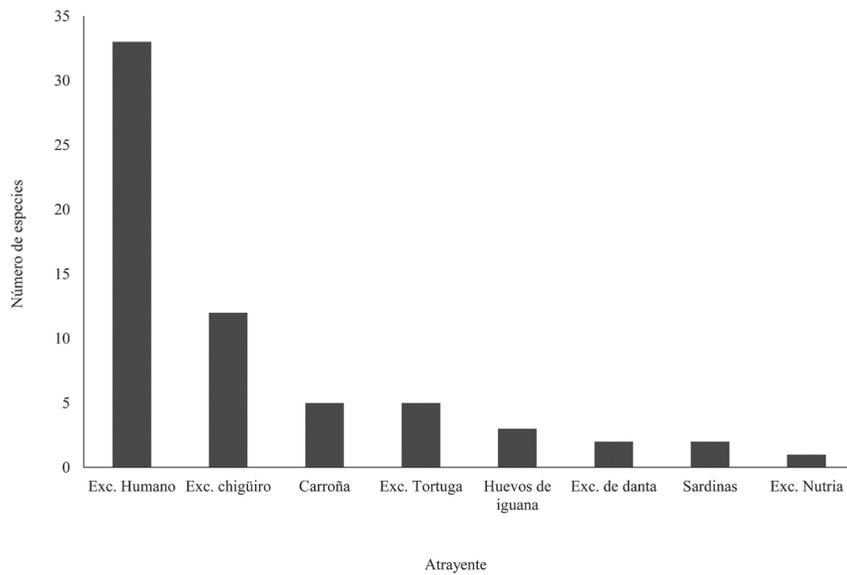


Figura 2. Número de especies de escarabajos coprófagos del río Bitá, capturadas con diferentes atrayentes.

Categorías

Orden. Coleoptera

Familia. Scarabaeidae

Subfamilia. Scarabaeinae

Género. *Ateuchus*, *Canthon*, *Uroxys*, *Onthophagus*, *Canthidium*, *Coprophanaeus*, *Deltochilum*, *Dichotomius*, *Digitonthophagus*, *Eurysternus*, *Malagoniella*, *Ontherus*, *Phanaeus*, *Pseudocanthon*, *Scybalocanthon*, *Sulcophanaeus*, *Diabroctis*.

Especies. *Ateuchus* sp. 05H, *Canthidium* sp. 24H, *Canthidium* sp. 25H, *Canthon juvenicus*, *Canthon semiopacus*, *Canthon* sp. 21H, *Canthon* sp. 23H, *Canthon* sp. 24H, *Canthon* sp. 25H, *Canthon* sp. 26H, *Canthon triangularis*, *Coprophanaeus gamezi*, *Coprophanaeus telamon*, *Deltochilum* sp. 12H, *Diabroctis mimas*, *Dichotomius nisus*, *Dichotomius* sp. 03H, *Dichotomius* sp. 05H, *Dichotomius* sp. 08H, *Dichotomius* sp. 11H, *Digitonthophagus gazella*, *Eurysternus caribaesus*, *Malagoniella astyanax*, *Ontherus appendiculatus*, *Onthophagus marginicollis*, *Onthophagus* sp. 01H, *Onthophagus* sp. 07H, *Phanaeus bispinus*, *Phanaeus haroldi*, *Pseudocanthon* sp. 01H, *Pseudocanthon* sp. 02H, *Scybalocanthon* sp. 01H, *Sulcophanaeus leander*, *Uroxys* sp. 04H

Cobertura geográfica

Descripción. Los registros provienen de la cuenca alta y media del río Bitá, afluente del río Orinoco, departamento del Vichada, Colombia. Tres localidades ubicadas en el municipio de Puerto Carreño y una localidad en el municipio de La Primavera que cubren una longitud de 82,7 kilómetros del río (Figura 3).

Las localidades muestreadas fueron las siguientes:

- Municipio La Primavera, finca La Florida, 73m (altitud), 05°46'50,7''N 068°51'50,3''O
- Municipio Puerto Carreño, Rampa Vieja, 77m (altitud), 05°44'49,2''N 068°28'33,9''O
- Municipio Puerto Carreño, Finca Anakay, 65m (altitud), 05°49'57,3''N 068°38'22,6''O

- Municipio Puerto Carreño, Finca Mi Familia, 59m (altitud), 05°52'16,7''N 068°08'05,2''O

Coordenadas. 5°43'12''N y 6°11'24''N Latitud; 69°10'12''O y 67°39'36''O Longitud

Cobertura temporal 13 de junio de 2016-16 de agosto de 2016

Datos de la colección

Nombre de la colección. Colección entomológica del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

Identificador de la colección. Registro Nacional de Colecciones: 003

Identificador de la colección parental. IAvH

Método de preservación de los especímenes. Montado en alfiler, sobre con algodón

Unidades curatoriales: 1796 con una incertidumbre de 0 (montado en alfiler)

Unidades curatoriales: 112 con una incertidumbre de 0 (sobre con algodón)

Materiales y métodos

Área de estudio. La cuenca del río Bitá se ubica en la jurisdicción del departamento del Vichada, fluye en sentido suroeste a noreste desde el municipio de La Primavera hasta desembocar en el río Orinoco, cruzando el municipio de Puerto Carreño. Tiene una longitud de 560 kilómetros y cubre 22 ecosistemas en una superficie aproximada de 8600 km². Su origen se relaciona con procesos de sedimentación desde los Andes, durante el Pleistoceno medio y tardío y junto con los ríos Inírida, Guaviare, Vichada, Tuparro, Tomo, Cinaruco y Meta, drenan el 50 % del área de la Orinoquia colombiana (Correa *et al.*, 2005; Jaramillo y Rangel-Ch., 2014).

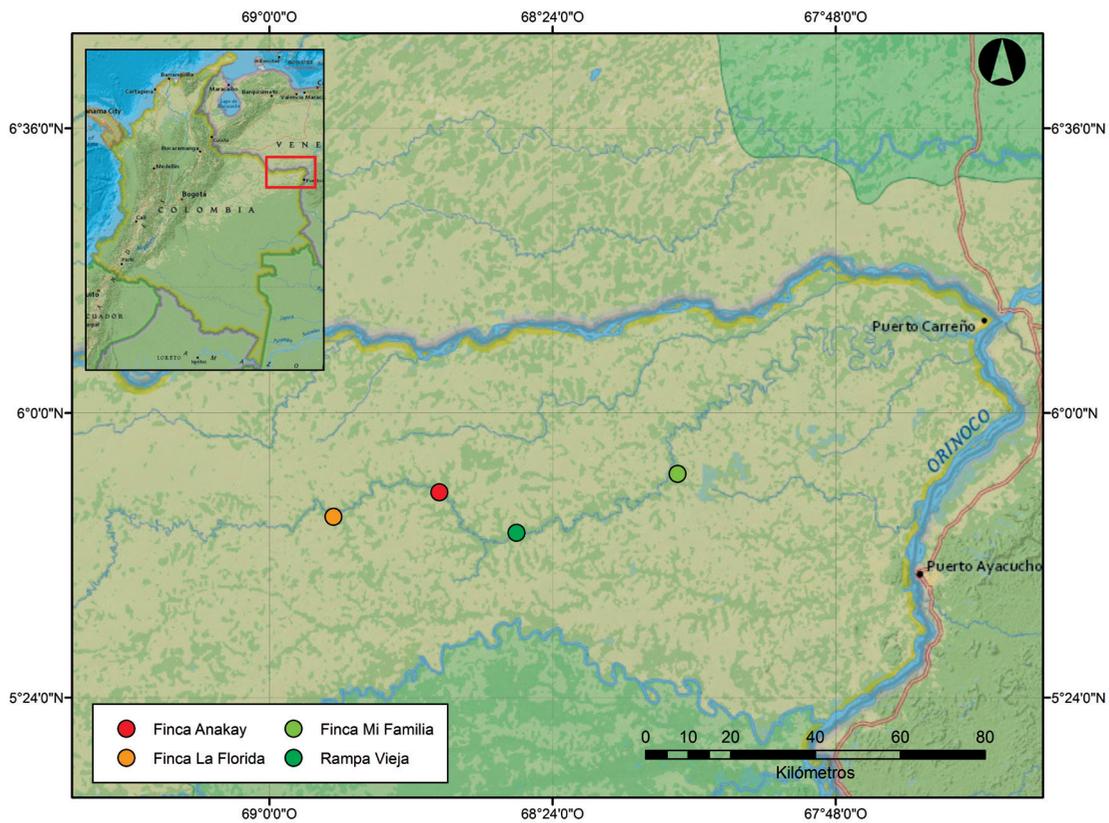


Figura 3. Cobertura geográfica de la caracterización de escarabajos coprófagos del río Bitá, Orinoquia colombiana.

Descripción del muestreo. Se realizaron dos expediciones entre los meses de enero, mayo y junio de 2016. La primera expedición se realizó en el sector medio de la cuenca, municipio de Puerto Carreño, fincas Anakay y Mi Familia, en época de baja precipitación. La segunda expedición cubrió dos municipios ubicados en el sector alto y medio de la cuenca, municipios de La Primavera y Puerto Carreño, ventanas “La Florida” y “Rampa Vieja” respectivamente, en una época de aguas en acenso. Se muestrearon las coberturas vegetales predominantes en el área de estudio: bosques de galería, morichales, sabanas con sustratos rocosos, sabanas inundables y cultivos de árboles maderables.

Se instalaron 91 trampas de caída separadas entre 50 a 100 metros entre sí, cada una georeferenciada y revisada a las 24, 48 y 72 horas, completando 172

trampas efectivas en las 4 ventanas de muestreo. Como cebo se usó principalmente excremento humano, adicionalmente en la primera expedición también se usó carroña, excremento de danta, nutria y tortuga. Como carroña se usaron vísceras de pollo, sardinas y los cuerpos de aves y murciélagos preparados en la expedición. Los ejemplares fueron limpiados en la estación de campo y se preservaron en bolsas tipo whirlpack con alcohol al 95 %.

Control de calidad. Las determinaciones a nivel de género se realizaron con base en el uso de claves taxonómicas para Colombia y el nuevo mundo (Medina y Lopera-Toro, 2000; Vaz de Mello *et al.*, 2011). Para la determinación de las especies se utilizaron las revisiones taxonómicas disponibles para los géneros *Coprophanaeus*, *Diabroctis*, *Eurysternus*, *Ontherus*, *Phanaeus* y *Sulcophanaeus*

(Arnaud, 2002; Edmonds, 1994, 2000; Edmonds y Zidek, 2010; Génier, 2009; González y Medina, 2015), el estatus taxonómico se validó consultando el sistema integrado de información taxonómica ITIS (<https://www.itis.gov/>).

Debido al impedimento taxonómico para la determinación de las especies en algunos géneros que carecen de revisiones actuales, se codificaron morfoespecies mediante la comparación morfológica externa de los especímenes y la morfología de la genitalia del macho con especímenes previamente codificados en la colección de referencia de escarabajos coprófagos de Colombia (CRECC). Cuando fue necesario se asignaron nuevos códigos únicos de morfoespecie siguiendo la metodología descrita por González y Medina (2014). La información geográfica de los registros se determinó teniendo en cuenta las coordenadas originales por trampa obtenidas en campo con un equipo de posicionamiento global garmin gpsmap 64s de ± 3 metros de precisión.

Descripción de la metodología paso a paso. La fase de campo consistió en dos expediciones que cubrieron la época de sequía y aguas en ascenso, en la primera expedición participaron dos investigadores principales y un investigador local, para la segunda expedición participó un investigador principal y un investigador local. Se visitaron cuatro localidades, en cada una se realizó un muestreo de tres días efectivos donde se instalaron trampas de caída que fueron revisadas cada 24 horas, cubriendo las diferentes coberturas vegetales predominantes, entre ellas: bosques de galería, morichales, sabanas con sustratos rocosos, sabanas inundables y cultivos de árboles maderables. En la primera localidad, finca Anakay se probaron diferentes tipos de atrayente (carroña, excremento de danta, nutria y tortuga), para las demás localidades solo se utilizó excremento humano. Los ejemplares recolectados se limpiaron en campo, se preservaron en bolsas tipo whirlpack con alcohol al 95 % y fueron transportados a las instalaciones del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt en Villa de Leyva, Boyacá, para su procesamiento.

Se procedió al secado del material, continuando con el montaje en alfiler entomológico de una serie de especímenes macho y hembra, mientras que los duplicados se preservaron en camas de algodón. Por último, se elaboraron las etiquetas con datos de campo.

La determinación taxonómica inició con la separación de morfoespecies mediante el estudio de la morfología externa, verificando su separación por medio del estudio de la genitalia del macho. Se identificaron las especies con ayuda de claves taxonómicas, y a las especies que no fue posible identificarlas se les asignó un código único de morfoespecie por comparación de los especímenes con la colección de referencia del Instituto Humboldt. Por último se realizó el proceso de catalogación elaborando los rótulos de determinación, asignando un número de catálogo con QR y se elaboró una tabla de datos en formato Darwin Core.

Resultados

Descripción del conjunto de datos

URL del recurso. Para acceder a la última versión del conjunto de datos:

IPT. http://ipt.biodiversidad.co/iavh/resource?r=rrbb_bita_coprofagos_2016

Portal SiB Colombia. <http://datos.biodiversidad.co/>

Portal GBIF. <https://www.gbif.org/dataset/bada53d0-6a74-45a6-9bfb-c038698e4b0f>

Nombre. Escarabajos coprófagos de la cuenca alta y media del río Bitá, Vichada (Colombia)

Idioma. Español

Codificación de caracteres. UTF-8

URL del archivo. Para acceder a la versión del conjunto de datos descrita en este artículo:

http://ipt.biodiversidad.co/biota/resource?r=rrbb_bita_coprofagos_2016

Formato del archivo. Darwin Core

Versión del formato del archivo. 1.0

Nivel de jerarquía. Dataset

Fecha de publicación de los datos. 2017-08-16

Idioma de los metadatos. Español

Fecha de creación de los metadatos. 2017-08-16

Licencia de uso. El publicador y propietario de los derechos de este trabajo es el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Este trabajo está licenciado bajo una licencia *Creative Commons* Atribución No Comercial (CC-BY-NC) 4.0.

Discusión

La presente caracterización proporciona un aporte significativo al conocimiento de la riqueza de los escarabajos coprófagos de la Orinoquia colombiana, superando los valores reportados en el departamento del Vichada (Medina y Pulido, 2009), donde los géneros *Canthidium*, *Coprophanaeus*, *Ateuchus*, *Deltochilum*, *Diabroctis*, *Malagoniella*, *Ontherus*, *Scybalocanthon*, *Sulcophanaeus* y *Uroxys* no estaban incluidos para departamento (Figura 1). De la misma manera, el número de géneros y especies registradas en el río Bitá supera los valores reportados en otras localidades del departamento del Vichada: en el Parque Nacional Natural el Tuparro, sector noreste, se reporta 14 géneros y 27 especies (Quintero *et al.*, 2007) y en la selva de Matavén, 12 géneros y 33 especies (Higuera-Díaz y Ospina-Correa, 2009).

La mayor riqueza de especies de los géneros *Canthon* y *Dichotomius* es consistente con lo reportado en estudios previos (Higuera-Díaz y Ospina-Correa, 2009; Quintero *et al.*, 2007); sin embargo, la ausencia de especies correspondientes a los géneros *Oxysternon*, *Sylvicanthon* y la escasa representatividad del género *Eurysternus* sugiere una diferencia de fauna entre el río Bitá ubicado en el escudo Guayanés con respecto a otras localidades anteriormente mencionadas (Tuparro

y Matavén) ubicadas en las planicies de influencia amazónica donde se reporta un mayor número de especies para estos géneros, siete especies en *Eurysternus*, cinco especies en *Oxysternon* y dos especies en *Sylvicanthon* (Medina y Pulido, 2009).

Las especies *Malagoniella astyanax* y *Coprophanaeus gamezi* se consideran nuevos registros para la Orinoquia, y, de la misma manera, las especies *Canthon juvencus*, *Coprophanaeus telamon*, *Diabroctis mimas*, *Dichotomius nisus*, *Ontherus appendiculatus*, *Phanaeus haroldi* y *Sulcophanaeus leander* se consideran nuevos registros para el departamento del Vichada. Estas cifras revelan la importancia del río Bitá como uno de los lugares con mayor riqueza de especies de escarabajos coprófagos en el escudo Guayanés colombiano.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Marcela Franco y Sindy Martínez de la fundación Omacha por la organización de las expediciones, al investigador local Euclides García por el acompañamiento en campo, a Jhon Cesar Neita y Edwin Torres por su apoyo en la colección entomológica del Instituto Alexander von Humboldt (IAvH-E), Villa de Leyva, Boyacá, y a la alianza interinstitucional por el “Río Bitá, protegido” entre el Instituto Humboldt, la Gobernación del Vichada y la Fundación Omacha.

Referencias

- Arnaud, P. (2002). *Phanaeini: Dendropaemon, Tetramereia, Homalotarsus, Megatharsis, Diabroctis, Coprophanaeus, Oxysternon, Phanaeus, Sulcophanaeus. Les Coleopteres du Monde*. Canterbury: Hillside Books. Vol. 28. 151 pp.
- Correa, H. D., Ruiz, S. L. y Arévalo, L. M. (2005). *Plan de acción en biodiversidad de la cuenca del Orinoco-Colombia/2005-2015*. (Propuesta técnica). Corporinoquia, Cormacarena, IAvH, Unitrópico, Fundación Omacha, Fundación Horizonte Verde, Universidad Javeriana, Unillanos, WWF-Colombia, GTZ-Colombia. 273pp.

- Cultid-Medina, C. A., Lobo, J. M., Medina, C. A., González, F. A., Escobar, F. y Chacón de Ulloa, P. (2014). Completitud del inventario de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en la Ecorregión del Eje Cafetero, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 40(1), 111-119.
- Edmonds, W. D. (1994). Revision of *Phanaeus* MacLeay, a new world genus of Scarabaeine dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae, Scarabaeinae). *Natural History Museum of Los Angeles County Contributions in Science*, 443(13), 1-105.
- Edmonds, W. D. (2000). Revision of the Neotropical dung beetle genus *Sulcophanaeus* (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Folia Heyrovskyana*, 6, 1-60.
- Edmonds, W. D. y Zidek, J. (2010). A taxonomic review of the neotropical genus *Coprophanaeus* Olsoufieff, 1924 (Coleoptera: Scarabaeidae, Scarabaeinae). *Insecta Mundi*, 129, 1-111.
- Génier, F. (2009). *Le Genre Eurysternus Dalman, 1824 (Scarabaeidae: Scarabaeinae: Oniticellini), Révision Taxonomique et Clés de Détermination Illustrées*. Sofia, Bulgaria: Sofia Pensoft Series Faunistica. 430pp. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- González, F. A. y Medina, C. A. (2014). Escarabajos coprófagos de la subfamilia Scarabaeinae. En Pizano, C. y García, H. (Eds.). *El bosque seco tropical en Colombia*. Pp: 195-213. Bogotá, D.C. Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).
- González, F. A. y Medina, C. A. (2015). The genus *Ontherus* Erichson 1847 (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae): description of a new species, and notes on the genus in Colombia. *Zootaxa*, 3949(1), 82-90. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3949.1.3> <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3949.1.3>
- Higuera-Díaz, M. y Ospina-Correa, M. (2009). Insectos. En Villarreal-Leal, H., Álvarez-Rebolledo, M., Higuera-Díaz, M., Aldana-Domínguez, J., Bogotá-Gregory, J. D., Villa-Navarro, F. A., Forero, F. (Eds.). *Caracterización de la biodiversidad de la selva de Matavén (sector centro-oriental) Vichada, Colombia*. Pp: 117-141. Bogotá, D. C., Colombia.
- Jaramillo, A. y Rangel-Ch, J. O. (2014). Los sistemas fluviales de la Orinoquia colombiana (llanura de inundación y altillanura). En Rangel-Ch, J. O. (Ed.) *Colombia diversidad biótica XIV. La región de la Orinoquia de Colombia*. Pp: 71-99.
- Lasso, C. A., Rial, A., Matallana, C., Ramírez, W., Señaris, J., Díaz-Pulido, A. y Machado-Allison, A. (2011). *Biodiversidad de la cuenca del Orinoco: II. Áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible*. Bogotá D. C., Colombia: 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 e Instituto de Estudios de la Orinoquia. <https://doi.org/978-958-8343-60-0>.
- Medina, C. A. y Lopera-Toro, A. (2000). Clave ilustrada para la identificación de géneros de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) de Colombia. *Caldasia*, 22 (2), 299-315.
- Medina, C. A., Lopera-Toro, A., Vítolo, A. y Gill, B. (2001). Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de Colombia. *Biota Colombiana*, 2 (2), 131-143.
- Medina, C. A. y Pulido, L. A. (2009). Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) de la Orinoquia colombiana. *Biota Colombiana*, 10(1 y 2), 179-207.
- Morales-Castaño, I. T. y Medina, C. A. (2009). Insectos de la Orinoquia colombiana: evaluación a partir de la Colección Entomológica del Instituto Alexander von Humboldt (IAvH). *Biota Colombiana*, 10(1), 179-207.
- Nichols, E., Larsen, T., Spector, S., Davis, A. L., Escobar, F., Favila, M. y Vulinec, K. (2007). Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: A quantitative

- literature review and meta-analysis. *Biological Conservation*, 137 (1), 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.01.023> <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.01.023>.
- Nichols, E., Spector, S., Louzada, J., Larsen, T., Amezcua, S. y Favila, M. E. (2008). Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation*, 141(6), 1461-1474. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.04.011>.
- Quintero, I., Osorio, P., Castillo, R. y Higuera, M. (2007). Insectos. En Villareal-Leal, H. y Maldonado-Ocampo, J. (Eds.). *Caracterización biológica del Parque Nacional Natural El Tuparro (sector noreste), Vichada, Colombia*. Pp. 87-113. Bogotá D. C., Colombia.
- Vaz de Mello, F. Z., Edmonds, W. D., Ocampo, F. C. y Schoolmeesters, P. (2011). A multilingual key to the genera and subgenera of the subfamily Scarabaeinae of the New World (Coleoptera: Scarabaeidae). *Zootaxa*, 2854, 1-73.

Diego E. Martínez-Revelo
(Autor de correspondencia)
Universidad Nacional de Colombia,
Sede Medellín
Medellín, Colombia
diemartinezre@unal.edu.co

Carolina Castro-Moreno
Instituto de Investigación de Recursos Biológicos
Alexander Von Humboldt
Bogotá, Colombia
acastro@humboldt.org.co

Claudia A. Medina
Instituto de Investigación de Recursos Biológicos
Alexander Von Humboldt,
Colecciones Biológicas
Villa de Leyva, Colombia
camedina@humboldt.org.co

Escarabajos coprófagos de la cuenca alta y media del río Bitá, Vichada, Colombia

Citación del artículo: Martínez-Revelo, D. E., Castro-Moreno, C. y Medina, C. A. (2018). Escarabajos coprófagos de la cuenca alta y media del río Bitá, Vichada, Colombia. *Biota Colombiana*, 19(1), 226-235. DOI: 10.21068/c2018.v19n01a15.

Recibido: 11 de junio de 2017
Aprobado: 20 de abril de 2018

Guía para autores

(<http://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota>)

Envío del manuscrito

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, y no deben exceder las 40 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.

Los trabajos deben ser entregados a través del portal en línea (<http://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota>) de la revista, siguiendo los pasos de registro como usuario. Todo el proceso editorial se desarrolla a través de esa plataforma.

Evaluación del manuscrito

Los manuscritos sometidos serán revisados por mínimo dos pares científicos calificados, cuya respuesta final de evaluación puede ser: a) *publicado sin ningún cambio* (se asume que no existe ningún cambio, omisión o adición al artículo, y que se recomienda su publicación en la forma actualmente presentada); b) *aceptación condicional* (se acepta y recomienda el artículo para su publicación solo si se realizan los cambios indicados por el evaluador, sean correcciones menores y no es necesaria una segunda re-

visión o correcciones mayores y sí es necesaria una segunda revisión); y c) *rechazo* (cuando el evaluador considera que los contenidos o forma de presentación del artículo no se ajustan a los requerimientos y estándares de calidad de *Biota Colombiana*). Para proseguir con el proceso editorial para publicación, el manuscrito debe haber sido aceptado por el mínimo de dos pares científicos.

Preparación del manuscrito

Para la elaboración de los textos del manuscrito se debe usar un procesador de palabras (preferiblemente Word); los listados (a manera de tabla) deben ser elaborados en una hoja de cálculo (preferiblemente Excel). Para someter un manuscrito es necesario además anexar una carta de intención en la que se indique claramente:

1. Nombre completo del (los) autor (es), afiliaciones institucionales y direcciones para envío de correspondencia (es indispensable suministrar una dirección de correo electrónico para comunicación directa).
2. Título completo del manuscrito.
3. Nombres, tamaños y tipos de archivos suministrados.
4. Explicación concisa y clara, que no sobrepase tres líneas, explicando por qué el manuscrito en cuestión es ideal para que sea publicado en una revista como *Biota Colombiana*.
5. Lista mínimo de cuatro revisores sugeridos que puedan evaluar el manuscrito, con sus respectivas direcciones electrónicas.

***Para información sobre la preparación de un artículo de datos, continúe a la sección "Particularidades de los artículos de datos" → Preparación de un artículo de datos" dentro de esta Guía de autores.*

Lenguaje del manuscrito

- Los manuscritos enviados a *Biota Colombiana* deben tener como requerimiento mínimo el uso adecuado del lenguaje en el que estén escritos, sea español, portugués o inglés, para asegurar la comunicación efectiva del artículo a los lectores.
- El estilo utilizado en el lenguaje del manuscrito enviado debe seguir las formalidades comúnmente aceptadas en escritos científicos y siempre buscar la claridad, concisión y cohesión en su expresión.
- Se sugiere utilizar guías de buena ortografía, redacción y estilo para el idioma en el que se escoja escribir.

Especificaciones de formato

- Para la presentación del manuscrito configure las páginas de la siguiente manera: hoja tamaño carta, márgenes de 2,5 cm en todos los lados, interlineado 1,5 y alineación hacia la izquierda (incluyendo título y bibliografía).
- Todas las páginas de texto deben numerarse en la parte inferior derecha de la hoja.
- Use letra Times New Roman o Arial, tamaño 12 puntos en todos los textos. Máximo 40 páginas, incluyendo tablas, figuras y anexos. Para tablas cambie el tamaño de la fuente a 10 puntos. Evite el uso de negritas o subrayados.
- Escriba los nombres científicos de géneros, especies y subespecies en *cursiva* (itálica). Proceda de la misma forma con los términos en latín (por ej. *sensu, et al.*). No subraye ninguna otra palabra o título. No utilice notas al pie de página.
- En cuanto a las abreviaturas y sistema métrico decimal, utilice las normas del Sistema Internacional de Unidades (SI) recordando que siempre se debe dejar un espacio libre entre el valor numérico y la unidad de medida (por ej. 16 km, 23 °C). Para medidas relativas como m/seg., use m.seg-1.
- Escriba los números del uno al diez siempre con letras, excepto cuando preceden a una unidad de medida (por ej. 9 cm) o si se utilizan como marcadores (por ej. parcela 2, muestra 7). Los números mayores a diez deben ser escritos con

los símbolos numéricos arábigos. Si en el mismo párrafo se utilizan cifras menores a diez y cifras mayores a diez, se deben unificar para dejar las cifras solo con símbolos numéricos arábigos.

- No utilice punto para separar los millares, millones, etc (por ej. 54000). Utilice la coma para separar en la cifra la parte entera de la decimal (por ej. 3,1416) cuando el texto es en español. En el caso del inglés, los decimales se separan con puntos (por ej. 3.1416). Enumere las horas del día de 0:00 a 24:00.
- Expresé los años con todas las cifras sin demarcadores de miles (por ej. 1996-1998). En español los nombres de los meses y días (enero, julio, sábado, lunes) siempre se escriben con la primera letra minúscula, en inglés se escriben con la primera letra mayúscula (January, July, Saturday, Monday).
- Los puntos cardinales (norte, sur, este y oeste) en español siempre deben ser escritos en minúscula, a excepción de sus abreviaturas N, S, E, O (en inglés W), y cuando son referidos como puntos o hacen parte de un nombre propio (p.e. cordillera Oriental). La indicación correcta de coordenadas geográficas es como sigue: 02°37'53"N-56°28'53"O. La altitud geográfica se citará como se expresa a continuación: 1180 m s.n.m. y en inglés 1180 m a.s.l.
- Las abreviaturas se deben explicar la primera vez que son usadas.
- Al citar las referencias en el texto, siga las normas APA (Manual de Publicaciones de la American Psychological Association, Sexta Edición). Incluya los apellidos de los autores en caso de que sean uno o dos, y el apellido del primero seguido por *et al.* (en cursiva) cuando sean tres o más. En el caso de dos autores, los apellidos deben ser separados por la palabra "y" (por ej. Cochran y Goin, 1970). En inglés, los apellidos deben estar separados por "&". Si menciona varias referencias, éstas deben ser ordenadas cronológicamente y separadas por punto y coma (por ej. Rojas, 1978; Bailey *et al.*, 1983; Sephton, 2001, 2001). Inserte una coma después de los nombres de los autores y antes del año de la referencia (Acevedo, 2009).

- Las referencias que son autoridad taxonómica de descripción no deben ser incluidas en la lista de referencias al final pero sí en el texto.
- Refiera las figuras (gráficas, diagramas, ilustraciones y fotografías) sin abreviación (por ej. Figura 3) al igual que las tablas (por ej. Tabla 1). Gráficos y figuras deben presentarse con tipo y tamaño de letra uniforme.
- Las figuras deben ser nítidas y de buena calidad, evitando complejidades innecesarias (por ej. tridimensionalidad en gráficos de barras, marcos o efectos tridimensionales); si es posible use solo colores sólidos en lugar de tramas. Las letras, números o símbolos de las figuras deben ser de un tamaño adecuado de manera que sean claramente legibles una vez reducidas.
- Cada figura debe estar insertada en el texto, y adicionalmente se debe enviar su archivo aparte en alta calidad en el paso de "Cargar los archivos complementarios". Para el caso de las fotografías y figuras digitales es necesario que estas sean guardadas como formato tiff, jpg o png con una resolución de 300 dpi.
- Las tablas y anexos deben ser simples en su estructura (marcos) y estar unificados. Haga las llamadas a pie de página de tabla con letras ubicadas como superíndice. Evite tablas grandes sobrecargadas de información y líneas divisorias o presentadas en forma compleja.

Secciones del manuscrito

*** Para información sobre las secciones de un artículo de datos, continúe a la sección "Particularidades de los artículos de datos" → Secciones de un artículo de datos" dentro de esta Guía de autores.*

- Los manuscritos deben llevar el siguiente orden: título, resumen y palabras clave, *abstract* y *keywords*, introducción, materiales y métodos, resultados, discusión, conclusiones (optativo), agradecimientos (optativo) y referencias. Seguidamente, presente una página con la lista de tablas, figuras y anexos.
- Las secciones del manuscrito en el texto deben ir en negrilla, con solo la primera letra en mayúscula. Si necesita agregar subtítulos a las secciones, estos

deben ir en la misma línea en la que comienza el texto del párrafo, separados por un punto del resto del texto, y en negrilla.

Título: conciso y explicativo, debe informar sobre el contenido del manuscrito.

Resumen: da un resumen de máximo 200 palabras sobre el manuscrito, en el que se debe incluir el objetivo, métodos, resultados y conclusiones principales del manuscrito. Si se presenta algo que sea novedoso o excepcional, se debe hacer mención aquí. El resumen se debe escribir en dos idiomas (español o portugués y abstract en inglés).

Palabras clave: máximo cinco palabras clave, complementarias al título del artículo, en español o portugués e inglés, separadas por un punto entre cada término. Deben presentarse en orden alfabético. Se sugiere el uso de tesauros temáticos para encontrar sinónimos y términos adecuados.

Introducción: presenta el tema y da el contexto necesario para el desarrollo del manuscrito. El propósito u objetivo principal del trabajo debe hacerse explícito en esta sección.

Materiales y métodos: hace una descripción detallada del procedimiento, incluyendo los materiales, lugar, fechas, métodos estadísticos, etc. que se utilizaron en el trabajo. Debe ser lo suficientemente completo para que otros investigadores puedan replicar el trabajo y si se usa una metodología novedosa debe explicarse y sustentarse.

Resultados: presenta los hallazgos del trabajo de manera organizada y con uso adecuado de figuras. Evitar la inclusión de tablas muy extensas en esta sección y más bien incluir como anexos si es el caso.

Discusión: se destacan los puntos más relevantes, polémicos o novedosos del trabajo y se explican los resultados principales en relación a la importancia o aportes del trabajo en su área.

Conclusiones: reflexiones finales sobre el trabajo con relación a su propósito y objetivos, frecuentemente direccionando hacia acciones e investigaciones futuras.

Agradecimientos: Párrafo sencillo y conciso entre el texto y la lista de referencias. Mencione fuentes

de financiación o apoyo que recibió el proyecto. Evite títulos como Dr., Lic., TSU, etc.

Referencias: La revista sigue las normas de citación APA (Manual de Publicaciones de la American Psychological Association, Sexta Edición). La lista de las referencias contiene únicamente aquellas citadas en el texto. Ordénalas alfabéticamente por autores y cronológicamente para un mismo autor. Si hay varias referencias de un mismo autor(es) en el mismo año, añada las letras a, b, c, etc. al año. No abrevie los nombres de las revistas. Incluya todos los autores de la referencia. Presente las referencias al final del manuscrito.

Ejemplos de citación

Artículo en revistas:

Antonelli, A., Nylander, J. A., Persson, C. y Sanmartín, I. (2009). Tracing the impact of the Andean uplift on Neotropical plant evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(24), 9749-9754.

Libros:

Gutiérrez, F. P. (2010). *Los recursos hidrobiológicos y pesqueros en Colombia*. Bogotá D. C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 118 pp.

Tesis:

Cipamocha, C. A. (2002). *Caracterización de especies y evaluación trófica de la subienda de peces en el raudal Chorro de Córdoba, bajo río Caquetá, Amazonas, Colombia*. (Trabajo de grado). Bogotá D. C.: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. 160 pp.

Informes técnicos:

Andrade, G. I. (2010). *Gestión del conocimiento para la gestión de la biodiversidad: bases conceptuales y propuesta programática para la reingeniería del Instituto Humboldt*. (Informe técnico). Bogotá D. C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 80 pp.

Capítulo en libro o en informe:

Fernández F., Palacio, E. E. y MacKay, W. P. (1996). Introducción al estudio de las hormigas

(Hymenoptera: Formicidae) de Colombia. En Amat, G. D., Andrade, G. y Fernández, F. (Eds.). *Insectos de Colombia*. Estudios Escogidos. Pp: 349-412. Bogotá D. C.: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y Centro Editorial Javeriano.

Resumen en congreso, simposio, talleres:

Señaris, J. C. (2001). Distribución geográfica y utilización del hábitat de las ranas de cristal (Anura; Centrolenidae) en Venezuela. Trabajo presentado en Programa y Libro de Resúmenes del IV Congreso Venezolano de Ecología, Mérida, Venezuela. p. 124.

Ley o Decreto:

Congreso de Colombia. (8 de febrero de 1994) Ley General de Educación. [Ley 115 de 1994]. DO: 41.214.

Páginas web:

No serán incluidas en la lista de referencias, sino que se señalan claramente en el texto al momento de mencionarlas.

Particularidades de los 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. Es un medio para generar reconocimiento académico y profesional adecuado a todas las personas que intervienen, de una manera u otra, en la gestión de información sobre biodiversidad, y además sirve para destacar la existencia y relevancia de los conjuntos de datos frente al resto de la comunidad científica.

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 (Chavan y Penev, 2011)¹. Lo novedoso y ventajoso de este mo-

¹ Chavan, V. y Penev, L. (2011). The data paper: The mechanism to incentivize data publishing in biodiversity science. *BMC Bioinformatics* 2011, 12(Sup. 15): S2

delo 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) como en el caso de:

- Observaciones de un proyecto particular
- Colecciones biológicas
- Listados de especies
- Datos genómicos
- Eventos de muestreo
- Inventarios
- Bases de datos
- Rasgos funcionales

Los conjuntos de datos que no cumplan estas características, no serán aceptados para publicación como artículo de datos. Tal es el caso de compilaciones de registros biológicos de fuentes secundarias (por ej., literatura).

Preparación de un artículo de datos (publicación de datos y creación del manuscrito)

Un artículo de datos busca describir todos los tipos de recursos de datos sobre biodiversidad. De esta manera, el artículo de datos siempre está enlazado al conjunto de datos que describe a través de una URL o DOI.

A continuación encontrará el procedimiento de cómo generar y someter un manuscrito para artículo de datos usando las herramientas y modelo de publicación del [SiB Colombia](#). Cabe resaltar que la revista también recibe artículos de datos que tengan conjuntos de datos publicados en otras plataformas reconocidas, siempre y cuando cuenten con los requisitos de ser repositorios confiables y tengan un enlace IPT disponible. Igualmente, las secciones de los manuscritos enviados deben seguir las enunciadas en la Tabla 1.

Los artículos de datos, como los demás tipos de manuscritos enviados a la revista, serán sometidos a evaluación por pares y deben cumplir las mismas especificaciones de formato, normas de citación y uso del lenguaje, además de incluir una carta de intención, como se menciona en esta *Guía de autores*. Adicionalmente, durante la evaluación del manuscrito, los datos descritos deben estar disponibles en línea de manera abierta en un repositorio público y con una licencia robusta de atribución y uso.

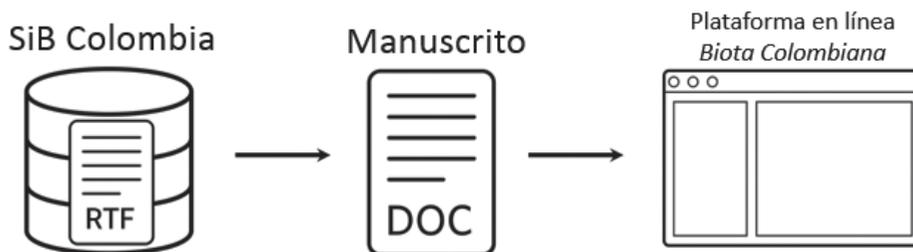


Figura 1. Proceso general de sometimiento de un artículo de datos desde el SiB Colombia a la revista *Biota Colombiana*.

Paso 1.**Publicación de los datos a través del SiB Colombia**

El SiB Colombia cuenta con un modelo de publicación de datos que hace uso del IPT como herramienta. Desde el IPT, es posible generar una primera versión del manuscrito a partir de los metadatos en formato de texto enriquecido (RTF), siempre y cuando el conjunto de datos respectivo ya haya sido indexado por el SiB Colombia y cuente con los metadatos suficientes (el proceso de publicación de datos a través del SiB Colombia puede ser consultado en <https://www.sibcolombia.net/>).

A. Registro de organización. Para poder publicar a través del SiB Colombia, es necesario que la organización esté registrada como socio publicador. Se puede comprobar en [este enlace](#) si ya es así. En caso contrario, es muy sencillo hacer parte de la red de socios, solo se debe diligenciar el [Formulario de Registro](#).

B. Estandarización de datos. Los datos se deben estructurar en una tabla plana haciendo uso del estándar [Darwin Core](#) (DwC). Para esto, se puede [descargar la plantilla](#) que se adapte a el tipo de datos o generar una plantilla a través del [Generador de Plantillas Excel](#).

C. Calidad de sus datos. Se debe verificar y mejorar la [calidad](#) de los datos haciendo uso de [herramientas](#) para identificar, limpiar y corregir posibles errores geográficos, taxonómicos o de formato, entre otros.

D. Cargar datos en línea. El IPT es una herramienta que facilita compartir diferentes tipos de datos relacionados con la biodiversidad siempre y cuando estos se encuentren estructurados según el estándar DwC. Para cargar datos en el IPT, debe contar con una cuenta de usuario en uno de los [IPT disponibles](#) por el SiB Colombia. Si aún no se tiene una cuenta, puede contactar al [Equipo Coordinador](#) del SiB Colombia (EC-SiB) y solicitarla a través del correo electrónico sib@humboldt.org.co.

E. Mapear datos. Una vez se haya cargado el conjunto de datos, se debe verificar que estén siendo leídos en correspondencia con los elementos DwC. El [manual de usuario](#) del IPT está disponible para más información o se puede contactar al EC-SiB.

F. Creación de metadatos. La estructura de los metadatos se parece en gran medida a un artículo de investigación tradicional. Estos metadatos mantienen la estructura general de un artículo de datos y facilitan la generación del mismo. En la sección Metadatos del IPT, se debe documentar toda la información que permite dar un contexto a los datos. En total hay 12 secciones para ingresar información que describe el conjunto de datos. El [manual de usuario](#) del IPT está disponible para más información o se puede contactar al EC-SiB.

G. Publicar el recurso y notificar al EC-SiB. Una vez completados los pasos anteriores, el IPT activará la opción 'Publicar'. Se debe hacer clic en este botón y enviar un correo a sib@humboldt.org.co para notificar al EC-SiB de su publicación. El correo debe tener como asunto "Recurso publicado" y contener:

- Nombre
- Nombre de organización
- Nombre del recurso publicado
- URL de la vista general del recurso después de publicado

En este punto los datos serán indexados por el SiB Colombia y GBIF, y contarán con un identificador persistente DOI.

Paso 2**Generación del manuscrito para artículo de datos usando el IPT**

El IPT en el cual ha sido publicado el conjunto de datos permite generar un manuscrito RTF que describe al conjunto de datos. El enlace al conjunto de datos aparecerá en el manuscrito bajo el título "*Data published through GBIF*". A continuación se describe el paso a paso para generar el manuscrito desde los metadatos del conjunto de datos publicado a través del SiB Colombia.

- En la [página principal](#) del recurso publicado a través del IPT, se debe hacer clic sobre el botón RTF para descargar una versión del manuscrito en texto enriquecido que se puede abrir en cualquier procesador de texto (por ej: Word) (Figura 2).

Escarabajos coprófagos de la cuenca alta y media del río Bitá, Vichada (Colombia)

Última versión Publicado por Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt en Aug 16, 2017 DOI [doi:10.15472/gegwzmz](https://doi.org/10.15472/gegwzmz)

Caracterización del ensamblaje de escarabajos coprófagos en la cuenca alta y media del río Bitá, en el marco de la alianza interinstitucional por el Bitá, río protegido. Los escarabajos fueron recolectados con trampas de caída, en cuatro localidades del departamento del Vichada, entre enero y junio de 2016. El conjunto de datos contiene 1904 registros procedentes de la revisión de 6253 especímenes, depositados en la colección del IAVH, Boyacá. Un total de 17 géneros y 34 especies son reportadas para el río Bitá; 15 especies con epíteto específico completo y 19 especies con código único de morfoespecie: 11 códigos previamente establecidos en la colección de referencia del instituto Alexander von Humboldt (CRECC) y ocho nuevas codificaciones, producto del estudio de los caracteres morfológicos incluyendo la genitalia del macho. Hasta la fecha no se contaba con información sobre la riqueza de escarabajos coprófagos de la cuenca del río Bitá, por tal razón los resultados de la caracterización se consideran los primeros registros de este grupo taxonómico en el extremo nororiental del territorio nacional, que aportan la línea base para la declaratoria del río Bitá bajo la figura del primer río protegido de Colombia.



Figura 2. Los metadatos de una conjunto de datos, pueden ser descargados del IPT como archivo RTF, la primera versión del manuscrito para someter a la revista.

- El manuscrito descargado se encuentra en inglés. Los ajustes necesarios de acuerdo a los lineamientos de la revista *Biota Colombiana* deben ser realizados y la plantilla para artículos de datos se puede [descargar aquí](#).
- Una vez ajustado el manuscrito con los textos adicionales, tablas y figuras, puede ser sometido a evaluación a través del [portal en línea](#) de la revista, siguiendo los pasos de registro como usuario. Todo el proceso editorial se desarrolla a través de esa plataforma.

Paso 3

Ajustes y correcciones del manuscrito para artículos de datos

Cuando el manuscrito ha sido sometido a evaluación, este se somete a revisión por pares evaluadores de acuerdo a los lineamientos establecidos por la revista para evaluadores de artículos de datos.

Después de evaluado, y en caso de ser aceptado, el manuscrito será devuelto al autor con los comentarios de los revisores y del editor de la revista con el objetivo de realizar las modificaciones

antes de publicar. Como autor, deberá realizar todas las correcciones o adiciones recomendadas directamente en los metadatos del IPT y no en el manuscrito del artículo de datos. De esta forma se mejoran también los metadatos del conjunto de datos sometido.

Una vez se hayan mejorado los metadatos en el IPT, se debe actualizar la publicación del recurso para que los cambios se vean reflejados. En la página principal del recurso publicado a través del IPT, ubique el botón RTF y haga clic sobre el mismo para descargar una versión mejorada del manuscrito en texto enriquecido que puede abrir nuevamente en cualquier procesador de texto (por ej. Word).

Después de la re-inserción manual de los textos adicionales y asegurarse que esta versión cumple con los requerimientos de la revista, el manuscrito debe ser enviado nuevamente a la revista.

Secciones de un artículo de datos

A diferencia de los otros tipos de manuscritos que pueden ser sometidos a la revista *Biota Colombiana*, los artículos de datos incluyen las secciones estipuladas en la tabla 1.

Tabla 1. Estructura del artículo de datos y su correspondencia con los elementos del GMP incorporados en el IPT.

Nombre de la sección	Correspondencia con los elementos del IPT
Título	Derivado del elemento <i>Título</i> . Centrado sin punto al final.
Autores	Derivado de los elementos <i>Creador del recurso</i> , <i>Proveedor de los metadatos</i> y <i>Partes asociadas</i> . De estos elementos, se deriva la combinación <i>nombre</i> y <i>apellido</i> separados por comas. Las afiliaciones de los autores se indican con números (1, 2, 3...) al final de cada apellido como superíndice. Centrado.
Afiliaciones	Derivado de los elementos <i>Creador del recurso</i> , <i>Proveedor de los metadatos</i> y <i>Partes asociadas</i> . De estos elementos, la combinación de <i>organización</i> , <i>dirección</i> , <i>código postal</i> , <i>ciudad</i> , <i>país</i> y <i>correo electrónico</i> , constituyen la afiliación. Si dos o más autores comparten la misma afiliación, se indica con el mismo número.
Autores de contacto	Derivado de los elementos <i>Creador del recurso</i> y <i>Proveedor de los metadatos</i> . De estos elementos, se deriva la combinación <i>nombre</i> , <i>apellido</i> y <i>correo electrónico</i> . Los correos electrónicos son escritos en paréntesis. Si hay más de un autor como contacto, estos van separados por comas. Si el <i>Creador del recurso</i> y <i>Proveedor de los metadatos</i> es el mismo autor, el <i>Creador del recurso</i> se refleja como el autor de contacto. Texto centrado.
Fechas de recibido, revisado, aceptado y publicado	Insertadas manualmente por el Editor Asistente de la revista para indicar las fechas de presentación original del manuscrito, revisión, aceptación y publicación como un artículos de datos en <i>Biota Colombiana</i> .
Resumen	Derivado del elemento <i>descripción</i> . El resumen debe incluirse tanto en español o portugués como inglés.
Palabras Clave	Derivadas del elemento <i>palabras claves</i> . Las palabras van separadas por comas. Las palabras deben estar escritas tanto en español o portugués como inglés.
Introducción	No se deriva de ningún elemento del GMP y debe ser adicionada manualmente.
Cobertura taxonómica	Derivada de los elementos de la sección cobertura taxonómica: <i>descripción</i> , <i>nombre científico</i> , <i>nombre común</i> y <i>categoría</i> .
Cobertura geográfica	Derivada de los elementos de la sección cobertura geográfica: <i>descripción</i> , <i>latitud mínima</i> , <i>latitud máxima</i> , <i>longitud mínima</i> , <i>longitud máxima</i> .
Cobertura temporal	Derivada de los elementos de la sección cobertura temporal: <i>fecha inicial</i> y <i>fecha final</i> .
Descripción del proyecto	Derivada de los elementos de la sección datos del proyecto: <i>título</i> , <i>persona del proyecto</i> , <i>fuentes de financiación</i> , <i>descripción del área de estudio</i> y <i>descripción del diseño</i> .
Descripción de la colección biológica	Derivada de los elementos de la sección datos de la colección: <i>nombre de la colección</i> , <i>identificador de la colección</i> , <i>identificador de la colección parental</i> , <i>método de preservación de los especímenes</i> y <i>unidades curatoriales</i> .
Materiales y métodos	Derivado de los elementos de la sección métodos de muestreo: <i>área de estudio</i> , <i>descripción del muestreo</i> , <i>control de calidad</i> , <i>descripción del paso metodológico</i> .
Resultados	---
Descripción de los datos	Derivado de los elementos de la sección enlaces externos entre otros: <i>nombre</i> , <i>conjunto de caracteres</i> , <i>URL del archivo</i> , <i>formato del archivo</i> , <i>versión del formato del archivo</i> , <i>fecha de publicación</i> , <i>idioma</i> , <i>derechos de propiedad intelectual</i> . Puede adicionar manualmente una descripción adicional de los datos como texto, figuras y tablas.
Información adicional	Derivado del elemento <i>información adicional</i> .
Discusión	No se deriva de ningún elemento del GMP y debe ser adicionada manualmente, enfocada en el potencial de uso de los datos en investigación, educación o toma de decisiones.
Agradecimientos	No se deriva de ningún elemento del GMP y debe ser adicionada manualmente.
Referencias	Derivado del elemento <i>referencia</i> en bibliografía.

Guidelines for authors

(<http://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota>)

Submitting a manuscript

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 entire responsibility of the author(s) and not the Research Institute of Biological Resources Alexander von Humboldt, or the journal and their editors.

Papers can be written in Spanish, English or Portuguese, and should not exceed the maximum length of 40 pages (with paragraph lines spaced at 1.5) including tables, figures and appendices. Of particular interest for this journal are descriptions of new species for 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.

Manuscripts must be submitted through the online platform of the journal (<http://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota>) as a registered user. The complete editorial process is developed in this platform.

Evaluation

Submitted manuscripts will be reviewed by at least two qualified scientific peers. Results of the peer revisions may include any of the following: a) *accepted* (in this case it is assumed that no change, omission or addition to the article is required and may be published as presented.); b) *conditional acceptance* (the article is accepted and recommended

for publication only if indicated corrections are made; corrections may be minor and a second evaluation is not necessary or major and a second evaluation is necessary); and c) *rejected* (reviewer considers that the contents and/or form of the paper are not in accordance with requirements of publication standards of *Biota Colombiana*). For a manuscript to continue its editorial process, it must have been accepted by at least two reviewers.

Preparation of Manuscript

Any word-processor program may be used to write the text of the manuscript (Word is recommended). Lists or any other type of table must be presented in spreadsheets (Excel is recommended). To submit a manuscript, a cover letter that clearly indicates the following must be sent:

1. Full names, institutional affiliations, and e-mail addresses of all authors. (Please note that email addresses are essential to direct communication)
2. Complete title of the article
3. Names, sizes and types of files provided.
4. Concise and clear sustentation of why the presented manuscript is in concordance with the type of articles published in the journal. Such explanation must not surpass a maximum of three lines.
5. List of the names and e-mail addresses of at least four peers who are qualified to review the manuscript.

***For information regarding the preparation of data papers, continue to "Details for Data Papers-> Preparation of Data Paper"*

Use of Language

- Manuscripts that are sent to *Biota Colombiana* have as a minimum requirement for consideration the appropriate use of language in writing, regardless if they are presented in Spanish, Portuguese or English.
- The style should follow the common formalities of scientific writing and be clear, concise and cohesive.
- The use of guides for correct spelling, grammar and style is recommended.
- to separate decimals (p. e. 3.1416). In Spanish, use commas to separate decimals (p. e. 3,1416). Hours should be represented in military time from 0:00 to 24:00.
- Years should be written without commas or periods (p. e. 1996-1998). In English months and days of the week are capitalized (January, July, Saturday, Monday), whereas in Spanish the first letter of months and days of the week are written with lower-case letters (enero, julio, sábado, lunes).

Format

- Texts must follow the format of standard letter size paper, with 2.5 cm margins on all sides, 1.5-spaced and left-aligned paragraphs (including title and bibliography).
- All pages must be numbered in the lower right corner.
- Font must be Times New Roman or Arial, size 12, in all parts of the text, except tables (size 10). Manuscript must not exceed a maximum length of 40 pages, including tables, figures and appendices. Avoid the use of bold or underlined font.
- Scientific names of genera, species and subspecies must be in italics, as well as Latin technical terms (*i.e. sensu, et al.*). Avoid underlining any word or title. Do not use footnotes.
- For abbreviations and the metric system, use the standards of the International System of Units (SI). Leave a space between the numeric value and the measure unit (p.e. 16 km, 23 °C). For relative measures such as m/sec, use m.sec-1.
- Write the numbers between one to ten in letters except when it precedes a measure unit (p.e. 9 cm) or is used as a marker (p.e. lot 2, sample 7). Numbers greater than ten must be written in Arabic numerals. If in the paragraph both numbers lesser than ten and greater than ten appear, all should be written in Arabic numerals.
- Thousands, millions, etc. should not be separated by commas nor periods (p. e. 54000). Use periods to separate decimals (p. e. 3.1416). In Spanish, use commas to separate decimals (p. e. 3,1416). Hours should be represented in military time from 0:00 to 24:00.
- Cardinal points (north, south, east and west) must be written in lower case letters, and only be capitalized if used in abbreviation N, S, E, W (O in Spanish) or as part of a proper name (p. e. North Carolina). Correct use of coordinates is: 02°37'53"N-56°28'53"W. Altitude should be expressed as 1180 m a.s.l. and 1180 m s.n.m. in Spanish.
- All abbreviations must be explained the first time they are used.
- When citing in-text references, follow APA citation norms (American Psychological Association Publications Manual, Sixth Edition). Include last names of authors if there are only one or two authors, or the first author followed by *et al.* (in italics) if there are three or more authors. In the case of two authors, last names must be separated by "&" (p. e. Cochran & Goin, 1970). In Spanish, last names of two authors must be separated by "y". If many references are cited, they must be ordered chronologically and separated by semicolons (p. e. Rojas, 1978; Bailey *et al.*, 1983; Sephton, 2001, 2001). Notice that a comma must be inserted after the authors and before the year (Acevedo, 2009).
- Taxonomic references must not be included in the final list of Literature cited, but they must appear in the text of the manuscript.
- Refer to all figures (graphs, diagrams, illustrations, photos) and tables without abbreviation (p. e. Figure 3, Table 1). All figures and tables should have uniformity in font and letter size.

- Figures must be clear and have a good quality. Unnecessary complexities (such as 3D effects, frames, etc.) should be avoided. If possible, only use solid colors instead of textures. Letters, numbers or symbols must be in legible sizes.
- All figures must be inserted in the text of the manuscript and sent in a separate file in high quality in the step of "Charge complementary files". For photos and digital figures, files must be in tiff, jpg or png format in a resolution not lower than 300 dpi.
- Tables and appendices must have a simple and uniform structure. Footnotes in tables must be as superscript letters. Avoid extensive tables with too much information and dividing lines.

Parts of the Manuscript

** For information about the parts of data papers, continue to "Details for Data Papers -> Parts of Data Paper".

- Submitted manuscripts must contain the following sections: title, abstract and keywords in English and Spanish, Introduction, Materials and methods, Results, Discussion, Conclusions (optional), Acknowledgements (optional) and Literature cited. At the end of the manuscript, include a list with the tables, figures and appendices.
- Sections subtitles must be written in bold, with only the first letter capitalized. If sections have subtitles, they must be written in bold in the first line of the paragraph, separated by a period from the beginning of the paragraph.

Title: concise and explanatory, must clearly communicate what will be found in the article.

Abstract: a summary of the article, with a maximum length of 200 words. It must include the objectives, methods, results and major conclusions of the study. If the article has a novel or extraordinary finding, it must be highlighted in this section. Abstracts must be written in two languages: Spanish or Portuguese, and English.

Keywords: up to five keywords. They must be complementary to the title (not repeated) and written in Spanish or Portuguese, and English. Words must be separated by periods and presented in alphabetical order. The use of thesaurus to find appropriate synonyms is recommended.

Introduction: presentation of the topic, with enough context to support the rest of the article. The main purpose or objective of the study must be made explicit in this section.

Materials and methods: a detailed description of the procedure, with materials, location, dates, statistics, etc. This description must be sufficiently detailed so that other researchers may replicate the study. If a novel procedure is used, it must be thoroughly explained.

Results: presents major findings in an organized and appropriate manner. Avoids the use of excessively long tables.

Discussion: most relevant, troublesome or novel points of the study are highlighted, and major results are explained in relation to the importance of the study and contributions to its field.

Conclusions: final reflections about the study, with a clear relation to its purpose and objectives, frequently pointing towards future actions and research.

Acknowledgements: Straightforward and short paragraph between text of manuscript and Literature cited. Mention funding or support of the project. Avoid titles such as Dr., Lic., etc.

Literature cited: Follow APA citation norms (American Psychological Association Publications Manual, Sixth Edition). List of references must only include those that are cited within the text. Order the references in alphabetical order, and chronologically in the case of a sole author. If there are many references of a same author (s) in the same year, add letters a, b, c, etc. to the year. Do not abbreviate names of journals. Include all authors. This section must be at the end of the manuscript.

Citation examples

Article in journals:

Antonelli, A., Nylander, J. A., Persson, C. & Sanmartín, I. (2009). Tracing the impact of the Andean uplift on Neotropical plant evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(24), 9749-9754.

Books:

Gutiérrez, F. P. (2010). *Los recursos hidrobiológicos y pesqueros en Colombia*. Bogotá D. C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 118 pp.

Thesis:

Cipamocha, C. A. (2002). *Caracterización de especies y evaluación trófica de la subienda de peces en el raudal Chorro de Córdoba, bajo río Caquetá, Amazonas, Colombia*. (Thesis). Bogotá D. C.: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología.

Technical reports:

Andrade, G. I. (2010). *Gestión del conocimiento para la gestión de la biodiversidad: bases conceptuales y propuesta programática para la reingeniería del Instituto Humboldt*. (Technical report). Bogotá D. C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 80 pp.

Book or report chapter:

Fernández F., Palacio, E. E. & MacKay, W. P. (1996). Introducción al estudio de las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de Colombia. In Amat, G. D., Andrade, G. & Fernández, F. (Eds.). *Insectos de Colombia*. Estudios Escogidos. Pp: 349-412. Bogotá D. C.: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales & Centro Editorial Javeriano.

Congress, symposium or workshop summary:

Señaris, J. C. (2001). Distribución geográfica y utilización del hábitat de las ranas de cristal (Anura; Centrolenidae) en Venezuela. Presented in Programa y Libro de Resúmenes del IV Congreso Venezolano de Ecología, Mérida, Venezuela. p. 124.

Law or decree:

Congreso de Colombia. (February 8th 1994) Ley General de Educación. [Ley 115 de 1994]. DO: 41.214.

Web pages:

Must be clearly included in the text of the manuscript, but not be included in Literature cited section.

Details for Data Papers

A Data Paper is a type of scientific publication that was designed to stimulate the publication of biodiversity data. Data Papers give academic and professional acknowledgement to those who intervene, in one way or another, in the management of information about biodiversity, as well as highlight the existence and importance of data sets to the rest of the scientific community.

As its name suggests, a Data Paper describes a primary data set. Although a Data Paper is not, strictly speaking, a scientific investigation, 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 (Chavan & Penev, 2011)¹. 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 be able to follow the Darwin Core (DwC) standard. Examples of such data sets include:

- Project observations
- Biological collections
- Species lists

¹ Chavan, V. y Penev, L. (2011). The data paper: The mechanism to incentivize data publishing in biodiversity science. *BMC Bioinformatics* 2011, 12(Sup. 15): S2

- Genomic data
- Samples
- Inventories
- Databases
- Functional traits

Data sets that do not comply with the characteristics mentioned above will not be accepted for publication as a Data Paper. Such is the case of compilations of biological records that come from secondary sources (p. e. from published literature).

Preparation of Data Paper (publication of data and creation of manuscript)

Since the purpose of a Data Paper is to describe all available data resources regarding biodiversity, it must always be linked to the data set it describes through an URL or DOI.

Information about how to generate and submit a manuscript in order for it to be considered as a Data Paper by using the tools and publication model of SiB Colombia is found below. It must be noted, however, that *Biota Colombiana* also accepts Data Papers that link to data sets published in other known platforms as long as it is linked to a trustworthy repository and has an IPT link. The parts of a Data Paper manuscript are described in Table 1.

As other types of manuscripts that are submitted to the journal, Data Papers will be reviewed by peers and must comply with the same format specifications, citation norms and use of language. Similarly, Data Papers must also be presented with a cover letter, as mentioned in the present Guidelines for authors. Have in mind that as soon as the manuscript is submitted and under evaluation, described data must be available in a public online repository with an adequate license of use and attribution.

Step 1

Data publication in SiB Colombia

SiB Colombia uses a publication model based on the IPT as its working tool. Using the IPT, the first version of the manuscript may be generated in rich text format (RTF), based on its associated metadata. This tool is available as long as the data set has been indexed by SiB Colombia and sufficient metadata are linked (more information on publication process of SiB Colombia may be consulted in <https://www.sibcolombia.net/>).

A. Registration of organisation. To publish through SiB Colombia, your organisation must be registered as a publishing partner. Consult this link to find already registered organisations. If your organisation is not registered, adding an organisation is easy through the Registration Format.

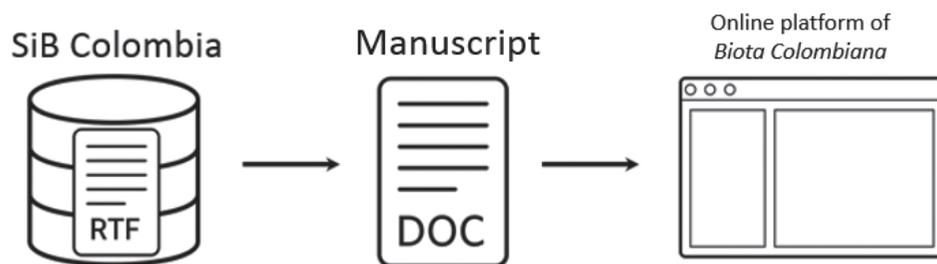


Figura 1. General process to submit a Data Paper from SiB Colombia to the journal *Biota Colombiana*.

B. Data standardization. Data must be structured in a table using the [Darwin Core](#) (DwC) standard. [Download](#) respective template that is appropriate for type of data or [generate your template](#).

C. Data quality. Data [quality](#) must be verified and improved using available [tools](#) to identify and correct possible geographical, taxonomic or format errors, among others.

D. Online upload of data. IPT is a tool that shares different types of biodiversity data as long as data is structured using DwC standard. To upload data to the IPT, you must have an existing user account in the [available IPT](#) of SiB Colombia. If you do not have an account, you may contact the SiB Colombia [Coordinating Team](#) (EC-SiB) and request an account to the email address sib@humboldt.org.co.

E. Data mapping. Once the data set is uploaded, verify that it follows DwC elements. For more information, consult the [IPT User Manual](#) or contact EC-SiB.

F. Creation of metadata. Metadata structure is similar to that of a traditional research article. In this way, metadata has the same general structure of a Data Paper and thus facilitate the generation of the manuscript. In the metadata section of the IPT, all information that broadens the context of data must be included. There is a total of 12 sections to add information as metadata to describe the data set. For more information, consult the [IPT User Manual](#) or contact EC-SiB.

G. Publish resource and notify EC-SiB. Once all previous instructions are completed, IPT will be activate the “Publish” option. Click on the button and send an e-mail to sib@humboldt.org.co in order to notify EC-SiB about your publication. The e-mail must have as subject “Published resource” and include:

- Name
- Name of organisation
- Name of published resource

- URL of general view of resource after publication

Now data are indexed by SiB Colombia and GBIF, and have a digital object identifier, DOI.

Step 2

Creation of manuscript for submission as Data Paper through IPT

The IPT used for publishing the data set generates a RTF manuscript that describes the data set. The link to the data set in the manuscript appears under the title “Data published through GBIF”. Here you will find step by step information about how to generate a manuscript based on the data set metadata published in SiB Colombia.

- On the [resource homepage](#) published in IPT, click on the RTF button to download the first version of the manuscript in rich text format, which may be opened in any text processor (p. e. Word) (Figure 2).
- Downloaded manuscript is in English. Necessary corrections to follow *Biota Colombiana* guidelines must be completed on the template. Data Papers template may be [downloaded here](#).
- Once the manuscript is adjusted with additional text, tables and figures, it may be submitted to the journal *Biota Colombiana* through its [online platform](#), following steps of registry as a user. The complete editorial process is developed through this platform.

Step 3

Adjustments and corrections of manuscript for data paper

When a manuscript is submitted as a Data Paper, it will go through the same peer review process as other articles of the journal, with specifications for Data Paper evaluation.

After evaluation, and if the manuscript is accepted, it will be returned to the author with the comments of reviewers and the journal’s Editor so that respective modifications may be incorporated.

Escarabajos coprófagos de la cuenca alta y media del río Bitá, Vichada (Colombia)

Última versión Publicado por Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt en Aug 16, 2017 DOI doi:10.15472/gegwmz

Caracterización del ensamblaje de escarabajos coprófagos en la cuenca alta y media del río Bitá, en el marco de la alianza interinstitucional por el Bitá, río protegido. Los escarabajos fueron recolectados con trampas de caída, en cuatro localidades del departamento del Vichada, entre enero y junio de 2016. El conjunto de datos contiene 1904 registros procedentes de la revisión de 6253 especímenes, depositados en la colección del IAvH, Boyacá. Un total de 17 géneros y 34 especies son reportadas para el río Bitá; 15 especies con epíteto específico completo y 19 especies con código único de morfoespecie: 11 códigos previamente establecidos en la colección de referencia del instituto Alexander von Humboldt (CRECC) y ocho nuevas codificaciones, producto del estudio de los caracteres morfológicos incluyendo la genitalia del macho. Hasta la fecha no se contaba con información sobre la riqueza de escarabajos coprófagos de la cuenca del río Bitá, por tal razón los resultados de la caracterización se consideran los primeros registros de este grupo taxonómico en el extremo nororiental del territorio nacional, que aportan la línea base para la declaratoria del río Bitá bajo la figura del primer río protegido de Colombia.



Figure 2. Metadata of a data set may be downloaded from the IPT as a RTF file, giving the first version of the manuscript that will be submitted to the journal.

As the author, you should do all corrections or modifications directly on the [IPT metadata](#) and not on the manuscript. In this way, the metadata of the linked data set are also improved by the peer review and editorial comments.

Once metadata in the IPT are improved, the resource publication must be updated so the changes are reflected. On the [resource homepage](#) of the published resource, click on the RTF button to download the improved version of the manuscript in rich text format that may be opened in any type of text processor (p. e. Word).

After the manual changes of additional text, figures and tables, and the corroboration that the manuscript follows all of the journal's requirements, it must be sent again through the online platform of *Biota Colombiana*.

Parts of a Data Paper

Data Papers differ from other articles that are published in the journal *Biota Colombiana* in the sections it should include and are mentioned in Table 1.

Table 1. Structure of a Data Paper and correspondence with GMP elements of IPT.

<i>Name of section</i>	<i>Correspondence with IPT elements</i>
Title	Derived from the element <i>Title</i> . Centered and without period at the end.
Authors	Derived from the elements <i>Resource creators</i> , <i>Metadata providers</i> and <i>Associated Parties</i> . From the elements, the combination of name and last name, separated by a coma, is created. Author affiliations are indicated with numbers (1, 2, 3...) at the end of each last name with a superscript. Centered.
Affiliations	Derived from the elements <i>Resource creators</i> , <i>Metadata providers</i> and <i>Associated Parties</i> . From these elements, the combination of organisation, address, postal code, city, country and email address constitute the complete affiliation. If one or more authors share the same affiliation, it is represented with the same number.
Contact	Derived from the elements <i>Resource creators</i> and <i>Metadata providers</i> . From the elements, the combination of name, last name, and email address is created. Email addresses are inside parentheses. If there is more than one author as contact, authors are separated by comas. If the <i>Resource creator</i> and <i>Metadata provider</i> is the same author, the <i>Resource creator</i> is assumed to be the contact. Text is centered.
Dates of received, revised, accepted and published	Manually incorporated by the editorial assistant of the journal to indicate respective dates of when the manuscript was received, revised, accepted and published as a Data Paper in <i>Biota Colombiana</i> .
Abstract	Derived from the element <i>description</i> . Abstract must be included in Spanish or Portuguese, and English.
Keywords	Derived from the element <i>keywords</i> . Words are separated by comas. Keywords must be written in Spanish or Portuguese, and English.
Introduction	Not derived and must be added by the authors manually.
Taxonomic coverage	Derived from section of taxonomic coverage: <i>description</i> , <i>scientific names</i> , <i>common names</i> and <i>category</i> .
Geographic coverage	Derived from section of geographic coverage: <i>description</i> , <i>minimum latitude</i> , <i>maximum latitude</i> , <i>minimum longitude</i> , <i>maximum longitude</i> .
Temporal coverage	Derived from section of temporal coverage: <i>description</i> , <i>start date</i> , <i>end date</i> .
Project description	Derived from section of project data: <i>title</i> , <i>project personnel</i> , <i>funding</i> , <i>study area description</i> , <i>design description</i> .
Collection data	Derived from section of collection data: <i>name of collection</i> , <i>collection identifier</i> , <i>parental collection identifier</i> , <i>specimen preservation methods</i> , <i>curatorial units</i> .
Materials and methods	Derived from section of sampling methods: <i>study extent</i> , <i>study description</i> , <i>quality control</i> , <i>step description</i> .
Results	---
Data description	Derived from external links, among others: <i>name</i> , <i>file URL</i> , <i>file format</i> , <i>version of file format</i> , <i>publication date</i> , <i>language</i> , <i>copyright</i> . An additional description of data such as text, figures and tables may be added.
Additional information	Derived from element of <i>additional information</i> .
Discussion	Not derived and must be added by the authors manually.
Acknowledgements	Not derived and must be added by the authors manually.
Literature cited	Derived from element of <i>citations</i> .

TABLA DE CONTENIDO/ TABLE OF CONTENTS

Editorial	1
¿Existe un efecto de borde sobre la estructura vegetal y el potencial de regeneración en fragmentos de bosque seco tropical? Is there an edge effect on the vegetation structure and regeneration potential of tropical dry forest fragments? <i>Natalia Henao, Alba M. Torres, Juan C. Tafur y Leonardo Guevara</i>	3
Patrones espaciales en un herbazal halófilo: suelos, comunidades vegetales y plasticidad fenotípica de <i>Sporobolus virginicus</i> (L.) Kunth, Révis. Gramin. 1: 67 (1829) en el Estado Miranda, Venezuela. Spatial patterns in a halophyte grassland: soils, plant communities and phenotypic plasticity of <i>Sporobolus virginicus</i> (L.) Kunth, Révis. Gramin. 1: 67 (1829) in Miranda state, Venezuela. <i>Yamilex Avendaño, Irene C. Fedón, Eduardo M. Barreto-Pittol, María de los Ángeles Marrero, María B. Barreto y Lourdes M. Suárez-Villasmil</i>	21
Fauna asociada a la palma de vino <i>Attalea butyracea</i> (Mutis ex L.f.) Wess.Boer (1988) (Arecales: Arecaceae) en un agroecosistema de Galeras, Sucre, Colombia. Fauna associated with the Wine Palm <i>Attalea butyracea</i> (Mutis ex L.f.) Wess.Boer (1988) (Arecales: Arecaceae) in an agroecosystem of Galeras, Sucre, Colombia. <i>Gerson A. Salcedo-Rivera, Fran Y. Herazo-Vitola, Juan F. Cruz y Oscar Sierra-Serrano</i>	39
Circunscripción morfológica, diversidad, patrones de distribución y catálogo de la familia neotropical Marcgraviaceae (Ericales). Morphological circumscription, diversity, distribution patterns, and checklist of the Neotropical family Marcgraviaceae (Ericales). <i>Diego Giraldo-Cañas</i>	49
Distribución espacial y temporal de dípteros acuáticos (Insecta: Diptera) en la cuenca del río Alvarado, Tolima, Colombia. Spatial and temporal distribution of aquatic Diptera (Insecta: Diptera) in the Alvarado River basin, Tolima, Colombia. <i>Laura D. Rojas-Sandino, Gladys Reinoso-Flórez y Jesús M. Vásquez-Ramos</i>	70
Dípteros asociados a la floración del aguacate <i>Persea americana</i> Mill cv. Hass en Cauca, Colombia. Dipterans associated to the flowering of the avocado <i>Persea americana</i> Mill cv. Hass in Cauca, Colombia. <i>Diana Carabali-Banguero, James Montoya-Lerma y Arturo Carabali-Muñoz</i>	92
Variación morfológica poblacional de una especie invasora: el caracol gigante africano, <i>Achatina fulica</i> (Bowdich, 1822) (Mollusca: Gastropoda-Achatinidae) en el departamento del Valle del Cauca, Colombia. Morphological variation in the populations of an invasive species: the Giant African Snail <i>Achatina fulica</i> (Bowdich, 1822) (Mollusca: Gastropoda-Achatinidae) in the department of Valle del Cauca, Colombia. <i>Angie Patiño-Montoya, Oscar Murillo y Alan Giraldo</i>	112
Lista de especies de peces en estadio larval en Bahía Portete (alta Guajira), Caribe colombiano. Checklist of larval fish species in Bahía Portete (Alta Guajira), Colombian Caribbean. <i>Juan J. Gallego, Andrés Cuellar y Alan Giraldo</i>	123
Parámetros poblacionales de la rana dorada, <i>Phylllobates terribilis</i> (Myers <i>et al.</i> , 1978) (Dendrobatidae), en una localidad de Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia. Population parameters of the Golden Poison Frog, <i>Phylllobates terribilis</i> (Myers <i>et al.</i> , 1978) (Dendrobatidae), in a location of Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia. <i>Stefhania Alzate-Lozano, Rodrigo Lozano-Osorio y Carlos Galvis</i>	133
Conservación y tráfico de la tortuga matamata, <i>Chelus fimbriata</i> (Schneider, 1783) en Colombia: un ejemplo del trabajo conjunto entre el Sistema Nacional Ambiental, ONG y academia. Conservation and trafficking of the Matamata Turtle, <i>Chelus fimbriata</i> (Schneider, 1783) in Colombia: an example of joint efforts of the National Environmental System, one NGO, and academia. <i>Carlos A. Lasso, Fernando Trujillo, Monica A. Morales-Betancourt, Laura Amaya, Susana Caballero y Beiker Castañeda</i>	147
Aves del departamento de Cundinamarca, Colombia: conocimiento, nuevos registros y vacíos de información. Birds of the department of Cundinamarca, Colombia: state of knowledge, new records and gaps of information. <i>Sergio Chaparro-Herrera, Andrea Lopera-Salazar y F. Gary Stiles</i>	160
Caracterización de la comunidad de aves asociada a los humedales de zonas bajas del departamento del Tolima, Colombia. Characterization of the bird community associated with the lowland wetlands of Tolima, Colombia. <i>Gustavo F. Pacheco-Vargas, Jessica N. Sánchez-Guzmán y Sergio Losada-Prado</i>	190
Diversidad, abundancia relativa y patrones de actividad de los mamíferos medianos y grandes, asociados a los bosques riparios del río Bita, Vichada, Colombia. Diversity, relative abundance and activity patterns for medium and large mammals of the riparian forests of the Bita River, Vichada, Colombia. <i>Federico Mosquera-Guerra, Fernando Trujillo, Angélica P. Diaz-Pulido y Hugo Mantilla-Meluk</i>	202
Nota	
<i>Imantodes inornatus</i> (Boulenger, 1886) (Squamata: Dipsadidae): expansion of known range and first records from the Magdalena River valley, Colombia. <i>Imantodes inornatus</i> (Boulenger, 1886) (Squamata: Dipsadidae): expansión del rango de la distribución conocida y primeros registros del valle del río Magdalena, Colombia. <i>Román F. Díaz-Ayala, Julián A. Rojas-Morales, Juan C. Zuluaga-Isaza y Viviana A. Ramírez-Castaño</i>	219
Artículo de datos	
Escarabajos coprófagos de la cuenca alta y media del río Bita, Vichada, Colombia. Dung beetles in the upper and middle basin of the Bita River, Vichada, Colombia. <i>Diego E. Martínez-Revelo, Carolina Castro-Moreno y Claudia A. Medina</i>	226
Guía para autores. Guidelines for authors	236