

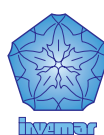
BIOTA COLOMBIANA

ISSN 0124-5376

Volumen 15 • Suplemento 1 • 2014



Los páramos y bosques altoandinos del pantano de Monquentiva o pantano de Mart
(Guatavita, Cundinamarca): caracterización ecológica y estado de conservación
Evaluación de algunos marcadores de exposición a contaminantes en tres especies
de bagres colombianos (Pisces: Siluriformes) - Geographic distributio
quebra
Distrib
de Met
ictica e
colomb
rayado
- Aná
en el
conser
Caribb
(Dumé
colomb
interm
Distrib
inunda
- Avifa
Colom
manatí
Santan
aguase
Pimelodidae) - Evaluación de algunos marcadores de exposición a contaminantes e
tres especies de bagres colombianos (Pisces: Siluriformes) - Geographic distributio



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, published every six months period, evaluated by external reviewers which publish 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. Sending a manuscript, implies a 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 Alexander von Humboldt Institute for Research on Biological Resources, or the journal and their editors.

Biota Colombiana also includes the Notes and Comments Section, Reviews and Bibliographic News where you can comment or update the articles already published. Or disclose information of general interest such as recent publications, catalogues or monographs that involves topics related with neotropical biodiversity.

Biota Colombiana es indexada en Pubindex (Categoría B), Redalyc, Latindex, Biosis: Zoological Record, Ulrich's y Ebsco.

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

Biota Colombiana es una publicación semestral. Para mayor información contáctenos / **Biota Colombiana** is published two times a year. For further information please contact us.

Información

www.humboldt.org.co/biota
biotacol@humboldt.org.co
www.sibcolombia.net

Comité Directivo / Steering Committee

Brigitte L. G. Baptiste	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
Germán I. Andrade	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
Germán D. Amat García	Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Colombia
Francisco A. Arias Isaza	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andrés" - Invemar
Charlotte Taylor	Missouri Botanical Garden

Editor / Editor

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
---------------	--

Coordinación y asistencia editorial

Coordination and Editorial assistance

Susana Rudas LL.	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
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
Juan A. Sánchez	Universidad de los Andes, Colombia
Martha Patricia Ramírez	Universidad Industrial de Santander, Colombia
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
Sven Zea	Universidad Nacional de Colombia - Invemar

Impreso por JAVEGRAF

Impreso en Colombia / Printed in Colombia

Revista *Biota Colombiana*
 Instituto de Investigación de Recursos Biológicos
 Alexander von Humboldt
 Teléfono / Phone (+57-1) 320 2767
 Calle 28A # 15 - 09 - Bogotá D.C., Colombia

Presentación

Construyendo una estrategia en biodiversidad desde la industria petrolera: aportes a la conservación

Durante el 2007 y 2009 Ecopetrol realizó un gran esfuerzo para la definición de una estrategia ambiental que no respondiera a las necesidades del día a día de la Empresa, sino que realmente le permitiera posicionarse como una organización empresarial de clase mundial, reconocida, entre otros, por el compromiso con el cuidado del medio ambiente.

Es así como a través de talleres con expertos del sector ambiental y petrolero y profesionales de la Empresa, se redefinió la estrategia ambiental de Ecopetrol y se identificó a la biodiversidad como una de las cuatro líneas estratégicas para la gestión ambiental, enmarcada dentro de su direccionamiento de responsabilidad empresarial.

Pero ¿cómo podría una empresa del sector de hidrocarburos, inmersa en un proceso dispendioso de cambio de naturaleza jurídica y con antecedentes de “dudosa gestión ambiental”, gestionar la biodiversidad? Eso era algo en lo que debíamos empezar a trabajar. Afortunadamente, otras empresas del sector tenían prácticas exitosas que eran ejemplos a seguir en este nuevo camino y había una visión muy clara: ¡trabajar con los que saben!

Es así como nacen las líneas de trabajo del pilar de biodiversidad de Ecopetrol.

Alineada con la Política Nacional para la Gestión de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos, Ecopetrol definió una línea de trabajo para el conocimiento de nuestra biodiversidad y desarrollo de acciones de conservación de la misma. En orden de ideas se destaca la Convocatoria Nacional a la Biodiversidad.

Desarrollada por primera vez en 2009 y con frecuencia bianual, la Convocatoria Nacional a la Biodiversidad es una práctica que se lleva a cabo con el apoyo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS, con el objeto de cofinanciar proyectos dirigidos al conocimiento, uso sostenible y conservación de los ecosistemas estratégicos de nuestro país.

En sus dos primeras emisiones, la Convocatoria se enfocó en humedales altoandinos, del Magdalena Medio y los Llanos Orientales, dedicándose esta publicación de *Biota Colombiana* a los resultados de algunos de los proyectos ganadores de la Convocatoria Nacional a la Biodiversidad 2011.

En la convocatoria 2011 participaron entidades sin ánimo de lucro colombianas dedicadas a la investigación en el tema de diversidad biológica y cultural, autoridades ambientales nacionales y regionales, institutos y centros de investigación, así como Universidades y grupos de investigación reconocidos por Colciencias.

El número especial que hoy tengo el honor de presentar recoge además otras investigaciones relacionadas con la temática de la Convocatoria, que complementan sin duda alguna, el trabajo que venimos realizando. Por último, quiero agradecer a las autoridades científicas del Instituto Humboldt Brigitte L. G. Baptiste, Germán Andrade y a Carlos A. Lasso, todo su apoyo para que este proyecto sea un ejemplo para el país.

Ana María Moncaleano D.

Profesional de Direccionamiento en Biodiversidad
Ecopetrol S. A.

Los páramos y bosques altoandinos del pantano de Monquentiva o pantano de Martos (Guatavita, Cundinamarca, Colombia): caracterización ecológica y estado de conservación

Ecological characterization and conservation status of the páramos (moors) and high Andean forests of the Monquentiva and Martos wetlands (Guatavita, Cundinamarca)

Andrés Avella-M., Selene Torres-R., Wilsón Gómez-A. y Marco Pardo-P.

Resumen

Se realizó la caracterización florística y de la estructura de los bosques altoandinos y páramos de una futura área protegida regional en el páramo de Monquentiva (pantano de Martos) en el municipio de Guatavita (Cundinamarca, Colombia). Las grandes formaciones diferenciadas incluyen a los bosques altoandinos de *Weinmannia balbisiana* y *Clusia multiflora*, que incluye a los bosques de *Brunellia colombiana* y *Weinmannia rotatii* y a los bosques de *Drimys granadensis* y *Weinmannia tomentosa*. En los páramos se caracterizaron los matorrales de *Arcytophyllum nitidum-Diplostephium phyllicoides* y *Aragoa abietina-Puya goudotiana*, los chuscales de *Chusquea tessellata* y *Aragoa abietina*, los frailejonales de *Oreobolus goeppingeri-Espeletia grandiflora*, *Castratella pilloselloides-Espeletia barclayana* y *Arcytophyllum nitidum-Espeletia argétea*, los pajonales de *Paepalanthus columbiensis-Calamagrostis effusa*, la turbera con un mosaico de frailejonales, pajonales, matorrales y humedales. Se realizó un análisis de estado de conservación a partir de algunos atributos ecológicos claves basados en rangos encontrados para algunos ecosistemas bien conservados en áreas protegidas cercanas. Los siete tipos de vegetación asociados a los ecosistemas presentaron un buen estado de conservación, lo cual implica que el área protegida se encuentra en un estado deseable. Se sugiere que las acciones de manejo deberían enfocarse en continuar la disminución de los tensionantes, la recuperación natural y el monitoreo participativo del proceso.

Palabras clave. Guatavita. Turberas altoandinas. Río Lagunero. Áreas protegidas.

Abstract

A floral and structural characterization of High Andean Forests and Paramos was conducted in a future protected regional area in the Paramo of Monquentiva (Martos swamp) in the Guatavita municipality (Cundinamarca, Colombia). The largest plant formations differentiated include the High Andean forests of *Weinmannia balbisiana* and *Clusia multiflora* that contain forests of *Brunellia colombiana* y *Weinmannia rotatii* and forests of *Drimys granadensis* and *Weinmannia tomentosa*. In the paramos were characterized the scrublands of *Arcytophyllum nitidum-Diplostephium phyllicoides* and *Aragoa abietina-Puya goudotiana*, the chuscales of *Chusquea tessellata* and *Aragoa abietina*, the frailejonales of *Oreobolus goeppingeri-Espeletia grandiflora*, *Castratella pilloselloides-Espeletia barclayana* and *Arcytophyllum nitidum-Espeletia argétea*, the pajonales (grasslands) of *Paepalanthus columbiensis-Calamagrostis effusa*, the peatland with a mosaic of frailejonales, grasslands, scrublands and wetlands. An analysis of the conservation state was carried out using some key ecological attributes based on ranks found for well-conserved ecosystems in nearby protected areas. The seven plant formations associated with the ecosystems, had good conservation statuses, which implies that the protected area is in a desirable state. It is suggested that management actions focus on continuing the decrease in stressors, natural recuperation and participatory monitoring of the process.

Key words. Guatavita. Andean peatlands. Río Lagunero. Protected areas.

Introducción

Los ecosistemas de alta montaña se ubican desde los 2800 metros de altitud y comprenden los bosques altoandinos entre los 3200 m y 3400 m y el páramo que va hasta los 4700 m. De acuerdo con Rangel (2002), en la región paramuna de Colombia la franja con mayor expresión de la riqueza es la transición altoandino-subpáramo con 2385 especies de 487 géneros y 115 familias. Se consideran como los ambientes de montaña más ricos en especies y géneros del mundo en comparación con otras floras de alta montaña (Cleef 1979, Luteyn *et al.* 1992), y presentan en general una disminución en la riqueza y diversidad a medida que aumenta el gradiente altitudinal. Estos ecosistemas proporcionan bienestar y vivienda a una buena parte de la población y son cruciales en la regulación de los ciclos hídricos y de los caudales de las corrientes (Pedraza-Peñalosa 2005). Aunque a nivel nacional se reconoce la importancia de los páramos por los servicios ecosistémicos que prestan a la sociedad, el crecimiento acelerado de las grandes ciudades, el incremento de la población y la ampliación de la frontera agropecuaria amenazan con perturbar el equilibrio dinámico del ciclo hídrico en estos ecosistemas (Mora-Osejo 2002).

De acuerdo con Rangel y Ariza (2000), uno de los núcleos más interesantes de páramo en la cordillera Oriental se localiza en los alrededores de la Sabana de Bogotá y comprende desde el macizo de Chingaza al nororiente hasta el macizo de Sumapaz al suroccidente. Entre los principales trabajos de vegetación realizados en esta región están los de Guhl (1982), Lozano y Schnetterr (1976), Cleef (1981), Vargas y Zuluaga (1980; 1985). Específicamente para la vegetación del páramo de Chingaza se encuentran los estudios de Rangel y Ariza (2000), Sturn y Rangel (1985), Vargas y Rivera (1990) y Vargas y Pedraza (2003).

Dentro del complejo de páramos de Chingaza, en el municipio de Guatavita se encuentra el páramo de Monquentiva (pantano de Martos) en una franja altitudinal que va desde los 2900 m hasta los 3500 m s.n.m. y alberga bosques altoandinos y matorrales, frailejonales, chuscales, pajonales y prados y turberas. Debido a su importancia biológica y cultural, esta

zona se encuentra en proceso de declaratoria como Parque Natural Regional (Sguerra *et al.* 2011, Cleef 2012).

De acuerdo con Gómez y Rubio (2003), la transformación de la antigua laguna que cubría el actual pantano de Martos empezó hace 400 años, seguida de una historia de transformaciones ecosistémicas para el establecimiento de sistemas agropecuarios y la explotación de maderas finas. En la década de los 90 la Gobernación de Cundinamarca, al reconocer la importancia de estos ecosistemas como múltiples prestadores de servicios ambientales para las comunidades rurales y urbanas, especialmente el servicio de regulación hídrica, adquirió este territorio con el fin de dedicarlo a su preservación y restauración.

Teniendo en cuenta los servicios ambientales que prestan los ecosistemas de alta montaña, su alto valor de existencia y la amenaza por degradación antropogénica, los estudios sobre el estado de conservación basados en el análisis de los atributos de composición, estructura y función se constituyen en una herramienta útil para identificar cuándo un sistema ecológico es viable y puede soportar y recuperarse de las perturbaciones. Sin embargo, en aquellos ecosistemas que han sido afectados por la intervención antropogénica pero que aún conservan ciertas funciones que permiten la prestación de servicios ecosistémicos claves para la sociedad, este tipo de análisis ecológicos toman más urgencia toda vez que bajo procesos de restauración ecológica tienen el potencial de mejorar sus atributos y servicios ambientales asociados. En el presente estudio se caracterizaron, a partir de un enfoque florístico estructural, los principales tipos de vegetación del pantano de Monquentiva y con base en sus principales características ecológicas, se definió el estado de conservación para orientar procesos de gestión, conservación y restauración.

Área de estudio

El páramo de Monquentiva (pantano de Martos) se ubica en las coordenadas geográficas 73°44'23,843"O y 4°54'40,05" N, en jurisdicción del municipio de

Guatavita, departamento de Cundinamarca, Colombia (Figura 1). La precipitación es de tipo unimodal-bimodal con un periodo de lluvia fuerte entre los meses de marzo y agosto. La época seca va de diciembre a febrero y en promedio la precipitación media anual es de 2000 mm (CAR 2000). Su condición hidrológica hace parte de la zona de recarga hídrica de la microcuenca del río Lagunero, la cual hace parte de la gran cuenca del río Orinoco. El área de estudio tiene 10.258 ha, en el polígono de la futura área protegida definida por Sguerra *et al.* (2011), y comprende las formaciones vegetales de páramo y turberas, bosques altoandinos y prados tremedales azonales (Figura 2).

Gómez y Rubio (2003) presentan una síntesis del proceso de intervención que ha tenido la zona de estudio a lo largo de los últimos 400 años, dividida en tres etapas: época prehispánica, intervenciones durante La Colonia y la tercera referente a la historia de transformación durante los últimos 60 años. Durante la época prehispánica el área de estudio era un sitio de culto religioso con una extensa laguna alimentada por numerosas quebradas y una planicie lacustre rodeada por bosque de niebla y vegetación de páramo. La segunda etapa inicia con la intervención de Don Gonzalo de Martos, quien en 1630 realizó una brecha en su costado oriental al igual que varios

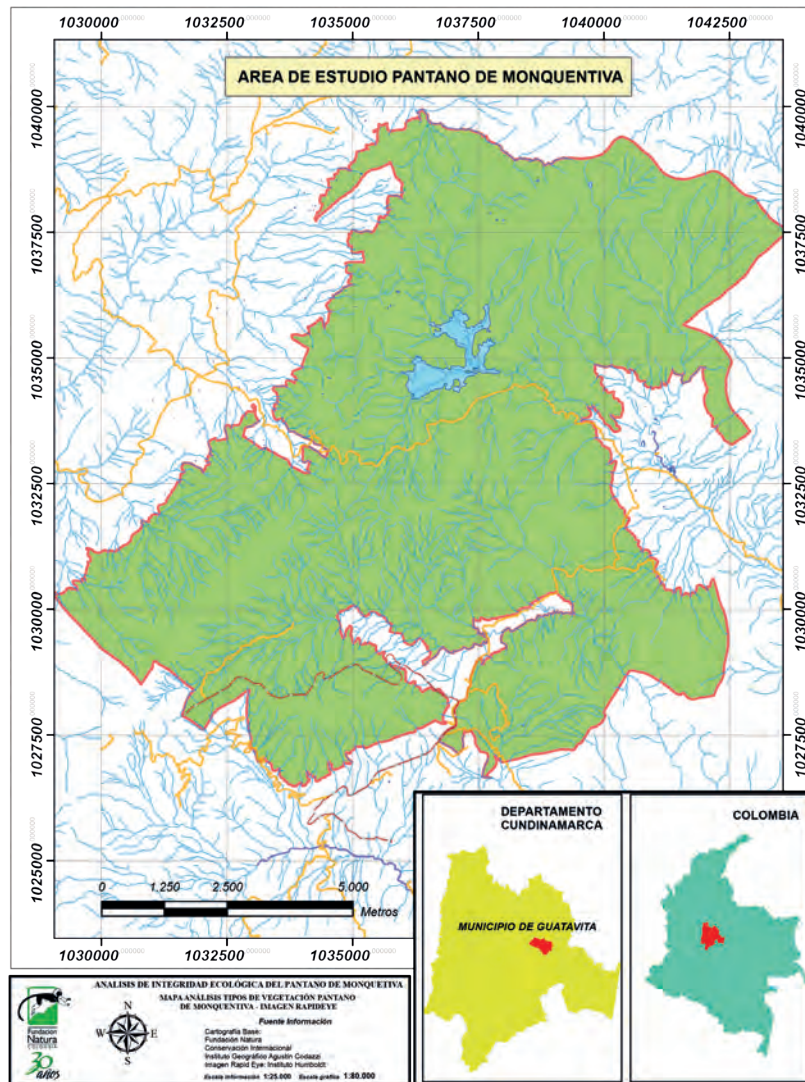


Figura 1. Ubicación geográfica del páramo de Monquentiva o pantano de Martos (Guatavita, Cundinamarca, Colombia).



Figura 2. Vista panorámica del pantano de Martos y los bosques altoandinos del sector de Monquentiva.

canales de desagüe, y la laguna perdió parte de su nivel convirtiéndose en un humedal de poca profundidad y recuperando su extensión original solo durante las épocas de invierno.

En la tercera etapa durante las décadas 50 al 70, el pantano de Martos sufrió nuevas transformaciones, donde sus propietarios hicieron excavar canales para desecarlo y adaptarlo para labores pecuarias, a la vez que se incrementaba la explotación de maderas finas en los bosques naturales cercanos. Los trabajos de adecuación de terrenos incluyeron la construcción de una extensa red de zanjás, un canal perimetral para desviar las aguas de la vertiente sur fuera del pantano, y la rectificación del río Lagunero al cual se le eliminaron sus meandros, con lo cual la planicie fue prácticamente desecada, desapareciendo el cuerpo de agua que en ella se formaba y transformando por completo el paisaje de la zona. A partir de los años 90 la Gobernación de Cundinamarca inició la compra de los predios aledaños al pantano y desde ese momento se mantiene un proceso de recuperación natural.

Material y métodos

Caracterización ecológica

La caracterización espacial de las condiciones ecológicas del pantano de Monquentiva se realizó mediante una clasificación automatizada y un ajuste a través de una interpretación visual en pantalla. Se implementó una clasificación supervisada de una imagen multiespectral del sensor Rapideye del 13 de febrero de 2010. A través del software *Erdas Image* se realizó una identificación preliminar de las áreas de entrenamiento para obtener información estadística sobre la separabilidad espectral de las coberturas. Una vez identificadas y validadas estadísticamente las muestras espectrales, se realizó la clasificación supervisada de las coberturas generales y se ajustó mediante interpretación visual para lograr separar unidades de cobertura con similitud espectral pero con diferencias ecológicas y espectrales como la textura y patrón espacial de la cobertura (Posada *et al.* 2012). Posteriormente se realizó la verificación de campo para validación y ajustes de las coberturas obtenidas.

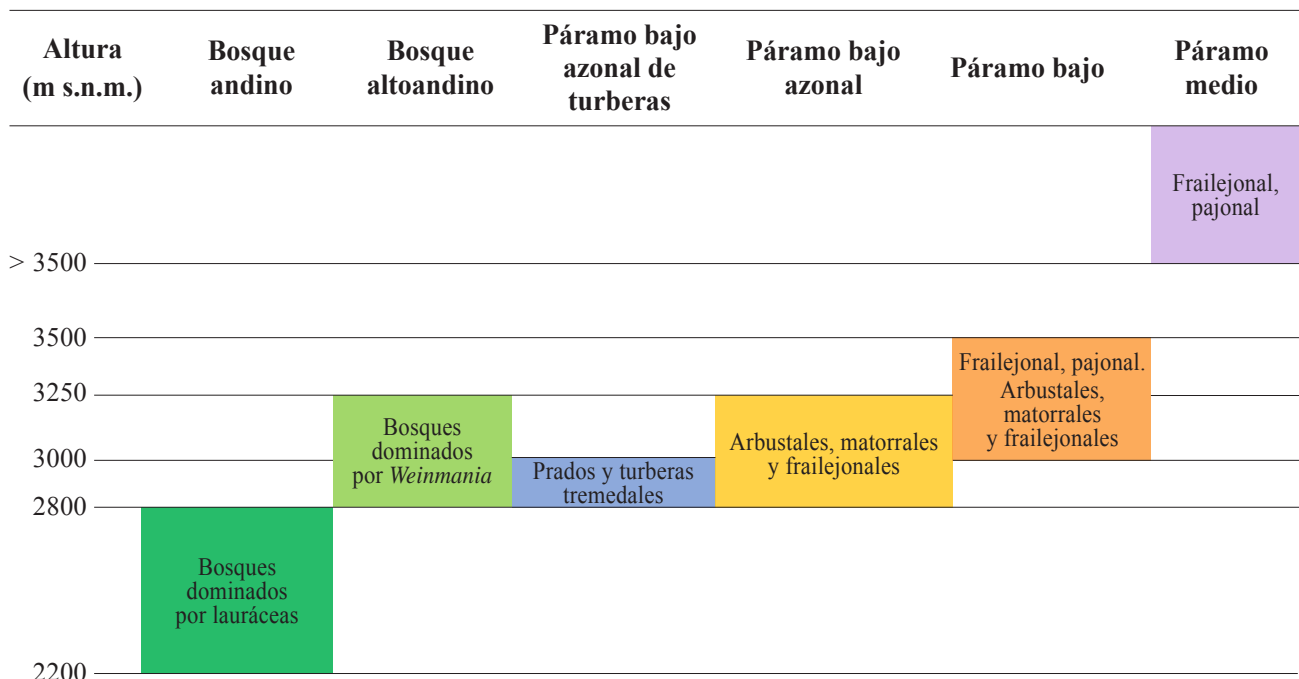
Con base en la clasificación de las coberturas obtenidas y de acuerdo con la caracterización de biotipos de vegetación en páramos descrita por Rangel (2000), se estableció la leyenda temática para definir las categorías de vegetación. El mapa de ecosistemas actuales se generó a escala 1: 25.000 de acuerdo con las unidades ecológicas propuestas por Cuatrecasas (1958), los ajustes realizados por Rangel (2000) y la validación en campo (Tabla 1). Para diferenciar las condiciones potenciales de páramo azonal y el bosque altoandino entre los rangos altitudinales desde los 3000 a 3250 m, se establecieron, además del gradiente altitudinal, las variables de pendiente y geoforma.

La clasificación de unidades de vegetación se realizó con base en la combinación del enfoque fitosociológico de la Escuela Sigmatista (Braun-Blanquet 1979) y el método estructural seguido por escuelas forestales en el cual se hace énfasis en las especies de los estratos dominantes (Cantillo y Rangel 2011, Avella y Rangel 2014). La caracterización florística y estructural para las coberturas boscosas y las de páramo se realizaron de acuerdo a la propuesta de Rangel y Velásquez (1997). En el bosque en cada

levantamiento se censaron todos los individuos con $DAP \geq 2,5$ cm y se estimaron las variables altura total, altura de fuste y cobertura. Para cada levantamiento se organizó la información según el estrato al que pertenece, diferenciando los estratos según la altura que alcanza la planta (Rangel y Lozano, 1986), así: Arbóreo superior (As) >25 m; Arbóreo inferior (Ai) 25-12 m; Arbolitos (Ar) 12-5 m; Arbustivo (ar) 5-1,5 m; Herbáceo (H) 1,5-0,25 m; Rasante (R) <0,25 m.

A través del método cuantitativo TWISPAN de los programas PC-ORD® y JUICE® (Mc. Cune y Mefford 1997), se construyeron tablas globales de vegetación, que fueron luego trabajadas de manera manual hasta obtener una diferenciación aceptable y acorde con las características observadas en el campo (Rangel y Velásquez 1997). Para el análisis estructural se procesó la información con base en el establecimiento de categorías de acuerdo con los valores máximos y mínimos de cada parámetro y con el número de individuos; los intervalos de clase o categorías se establecieron de acuerdo a Rangel y Velásquez (op. cit.). Para cada individuo se calculó el área basal (AB), cobertura relativa (Cobrel).

Tabla 1. Intervalos altitudinales aproximados para la zonificación ecológica ajustados para la zona de estudio.



Así mismo se calculó el índice de predominio fisionómico (IPF) y el índice de valor de importancia (IVI) para todas de acuerdo a las propuestas de (Rangel y Garzón 1994, Rangel y Velásquez 1997, Cantillo *et al.* 2004). En los bosques se realizaron nueve (9) levantamientos de 500 m², en los tipos de vegetación del páramo (arbustales, frailejonales y bosques achaparrados) se realizaron 14 levantamientos de 100 m², en los pajonales tres (3) levantamientos de 25 m² y en las turberas cinco (5) levantamientos de 25m².

Evaluación del estado de conservación

La integridad ecológica es la habilidad de un sistema ecológico para soportar y mantener una comunidad de organismos que tiene una composición de especies, diversidad y una organización funcional comparable a aquellos hábitats naturales dentro de una región. Un sistema ecológico tiene integridad o es viable cuando sus características ecológicas dominantes (elementos de composición, estructura y función-procesos ecológicos) ocurren dentro de sus rangos naturales de variación y pueden soportar y recuperarse de la mayores perturbaciones impuestas por la dinámica natural o humana (Parrish *et al.* 2003). Para el análisis de estado de conservación se realizó una adaptación de la metodología de evaluación de integridad ecológica (Parrish *et al.* 2003, Josse 2010), basada en la evaluación del estado de atributos ecológicos claves de la estructura y la composición de los páramos y bosques altoandinos del pantano de Monquentiva, con base en una comparación con ecosistemas de referencia regionales que funcionan dentro de regímenes de disturbio naturales o históricos. Con base en las propuestas de Parrish *et al.* (2003), Zambrano *et al.* (2007) y Josse (2010), la evaluación del estado de conservación se realizó a partir de las siguientes fases:

Identificación de un número limitado de atributos ecológicos claves para cada formación vegetal

Debido a que la formación de páramo contiene un variado número de tipos de vegetación como turberas y tremedales, matorrales, chuscales, prados, frailejonales, pajonales y bosques achaparrados (Rangel 2000, Vargas 2003), fue necesario establecer atributos ecológicos claves para cada uno de los tipos fisionómicos identificados en el pantano

de Monquentiva. Los atributos de estructura y composición florística seleccionados fueron: número total de especies en cada hábitat o comunidad (diversidad alpha α), presencia de especies diagnósticas o características de estados sucesionales avanzados, valores de cobertura relativa y número de comunidades de páramos presentes (atributo relacionado con β diversidad).

Para los bosques altoandinos los atributos ecológicos estructurales seleccionados fueron la altura promedio del dosel, la altura máxima de los individuos arbóreos, la cobertura relativa de los estratos arbóreos y subarbóreos, la presencia de abundante epifitismo, la presencia de juveniles de especies del dosel en el sotobosque, el número de clases diamétricas y su tipo de distribución, el número promedio de individuos por 0,1 ha. Como atributos ecológicos relacionados con la composición florística se definió el número total de especies, la presencia de especies diagnósticas o características de estados sucesionales avanzados y el número de comunidades de bosques altoandinos presentes (atributo relacionado con β diversidad).

Evaluación del estado de conservación de cada atributo ecológico clave

El estado actual de cada atributo ecológico es evaluado a partir de la comparación con su equivalente en el estado natural de los sistemas de referencia o rangos de variación natural. Según Zambrano *et al.* (2007) y Josse (2010) la calificación puede hacerse a través de una evaluación cualitativa en la cual se asignan calificación de estado excelente (valor de 5), bueno (valor de 3,73), regular (2,5) y pobre (1).

La calificación de excelente se asignó cuando el ecosistema evaluado cumplía con más del 75 % de las características del sistema de referencia. La calificación de buen estado cuando el sistema evaluado tenía más del 50 % de las características de la referencia pero no alcanza al 75 %. La calificación de regular se asignó cuando el sistema evaluado cumplía con al menos el 25 % de las características descritas para la referencia pero no alcanzaba el 50 % de éstas. Finalmente, cuando el sistema evaluado no alcanza el 25 % de las características descritas

para la referencia se le asignó una calificación de pobre (1)). Se definieron como intervalos aceptables de variación los registrados para tres sistemas ecológicos cercanos al páramo de Monquentiva y que son considerados como referentes de buen estado de conservación. Los intervalos de variación aceptables del páramo se tomaron de los estudios ecológicos realizados para el Parque Nacional Natural Chingaza (Rangel y Ariza 2000, Vargas y Pedraza 2003) y los rangos de variación aceptables para los bosques altoandinos se tomaron de los estudios realizados para la Reserva Forestal Cárpatos (Cantillo *et al.* 2004, Cantillo *et al.* 2012) y la Reserva Carpanta (Gentry 1993, Andrade 1993).

Resultados

Caracterización ecológica de los páramos y bosques de Monquentiva

El área de estudio del pantano de Monquentiva está representada por cinco formaciones vegetales: i) bosque altoandino, ii) páramo bajo, iii) páramo medio, iv) páramo bajo azonal y v) turberas-prados-tremedales azonales. Aunque la formación vegetal con mayor representatividad es el bosque altoandino (76 %), esta ha tenido el mayor grado de intervención antropogénica y por procesos de paramización actualmente se encuentran en estas áreas frailejonales-pajonales (5 %) y matorrales (15 %). La segunda formación con mayor representatividad es el páramo bajo (20 %) dominado principalmente por frailejonales-pajonales (7 %), matorrales (10 %) y bosques achaparrados (4 %). Las formaciones de menor representatividad son el páramo medio (0,6 %) y las formaciones azonales del páramo bajo y la turbera- prados-tremedales (3 %) ubicadas en la zona denominada pantano de Martos.

El pantano de Monquentiva presenta transformación de 1578 ha (15 %) producto de actividades pecuarias, agrícolas y forestales concentradas principalmente en las periferias del área de estudio. A pesar de la transformación se observa la recuperación de zonas intervenidas por la presencia de frailejonales, pajonales, matorrales y bosques achaparrados. De

acuerdo con McIntyre y Hobbs (1999) el paisaje del pantano de Monquentiva es variegado con un grado de destrucción moderado del hábitat, donde se conserva un 85 % del área en vegetación natural con ciertos grados de disturbio y degradación de los ecosistemas. A pesar de ello se identifica gran número de fragmentos de las formaciones vegetales de mayor extensión (bosque altoandino y páramo bajo), condición que evidencia tanto el proceso histórico de intervención como el proceso de regeneración natural que se ha dado gracias a la compra de predios por parte del Gobernación de Cundinamarca para su conservación. A continuación se describen los tipos de vegetación encontrados en función del gradiente altitudinal.

Los bosques andinos del pantano de Monquentiva

Estos bosques pertenecen a la gran formación *Weinmannia balbisiana* y *Clusia multiflora*, la cual en esta localidad se encuentra conformada por dos subtipos de bosques, los de *Brunellia colombiana* y *Weinmannia rolotii*, y los de *Drimys granadensis* y *Weinmannia tomentosa* (Figura 3) (Anexo 1). Se encontraron 58 especies pertenecientes a 40 géneros y 28 familias, siendo las familias más diversas Melastomataceae (10) seguida por Cunnoniaceae, Ericaceae y Lauraceae cada una con cuatro especies y Simplicaceae (3).

Gran formación de bosques de *Weinmannia balbisiana* y *Clusia multiflora*

Composición florística. Entre las especies diagnósticas se encuentran *Weinmannia balbisiana*, *Brunellia colombiana*, *Clusia multiflora*, *Hedyosmum bonplandiamun*, *Drimys granadensis* y *Tersntroemia meridionalis*. Se encontraron 56 especies distribuidas en 28 familias y 40 géneros. La familia con mayor número de especies es Melastomataceae (10), seguida por Cunnoniaceae, Ericaceae y Lauraceae cada una con cuatro especies y Simplicaceae (3). Los géneros con mayor número de especies es *Weinmannia* (4), *Miconia* (4) y *Symplocos* (3). Estos bosques altoandinos se encuentran entre los 2800 y 3300 metros de altitud y ya se habían descrito por Cantillo *et al.* (2012) para la Reserva Forestal de Cárpatos.



Figura 3. Bosque andino dominado por *Weinmannia balbisiana* y *Clusia multiflora*.

Fisionomía. Domina el estrato arbóreo inferior (Ai) con una cobertura relativa promedio de 77 %, seguido por el estrato arbolito (Ar) con 46 %, el estrato arbóreo superior (As) con 43 % y el estrato arbustivo (ar) con 12 % (Figura 4). En el estrato arbóreo inferior (Ai) sobresalen *Clusia multiflora* (7%), *Tibouchina lepidota* (6 %), *Centronia mutabilis* (7 %), *Brunellia colombiana* (5 %) y *Axinaea macrophylla* (5 %). En el estrato arbolito (Ar) sobresalen *Clusia multiflora* (3 %), *Brunellia colombiana* (2 %), *Weinmannia tomentosa* (2 %) y *Myrsine pellucida* (2 %). En el estrato arbóreo superior (As) sobresalen *Podocarpus oleifolius* y *Clusia multiflora* cada una con 12 %. En el estrato arbustivo (ar) sobresalen *Hedyosmum bonplandiamun* (4 %) y *Weinmannia balbisiana* (3 %).

Se diferenciaron XI clases de altura, donde la clase II (2,8-5,5 m) agrupa el 24 % de los individuos y la clase III (5,6-8,3 m) el 19 % (Figura 5).

Se encontraron XI clases diamétricas, donde la clase I (0,9-30,9) el 11 %. El 92 % de los individuos se agrupan en las tres primeras clases diamétricas (0,79-41 cm) y las categorías diamétricas VII y

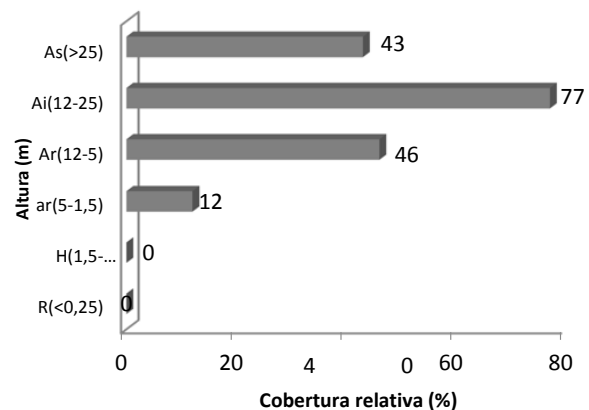


Figura 4. Cobertura relativa (%) promedio por estratos en los bosques altoandinos de *Weinmannia balbisiana* y *Clusia multiflora*. Rasante (R), herbáceo (H), arbustivo (ar), arbolito (Ar), arboreo inferior (Ai), arbóreo superior (As).

IX no presentan individuos (Figura 6). La baja presencia de individuos con DAP mayor a 41 cm es debido a la fuerte entresaca que ocurrió durante años, donde las comunidades locales sobreexplotaron las especies de importancia maderable como *Podocarpus oleifolius*, especies del género *Weinmannia* y *Nectandra*, entre otras.

Índices estructurales. La especie con mayor IVI (%) fue *Weinmannia balbisiana* (37 %), seguido por *Brunellia colombiana* (34 %), *Clusia multiflora* (31 %) y *Hediosmum bonplandianum* (25 %). Se encontraron un total de 872 individuos y 59 especies (Figura 7). La relación del cociente de mezcla fue de 14:1.

Bosques de *Brunellia colombiana* y *Weinmannia rototii*

Composición florística. Las especies características son *Weinmannia balbisiana*, *Brunellia colombiana*, *Hediosmum bonplandianum*, *Drimys granadensis*, *Clusia multiflora*, *Tibouchina lepidota*, *Weinmannia rototii* y *Weinmannia pinnata*. Se encontraron 28 especies distribuidas en 17 familias y 21 géneros. Las familias con mayor número de especies son Cunoniaceae (4) y Melastomataceae (4) y Simplicaceae (3). Los géneros con mayor número de especies son *Weinmannia* (4) y *Symplocos* (3). Se distribuyen entre los 2893 y 2978 metros de altitud.

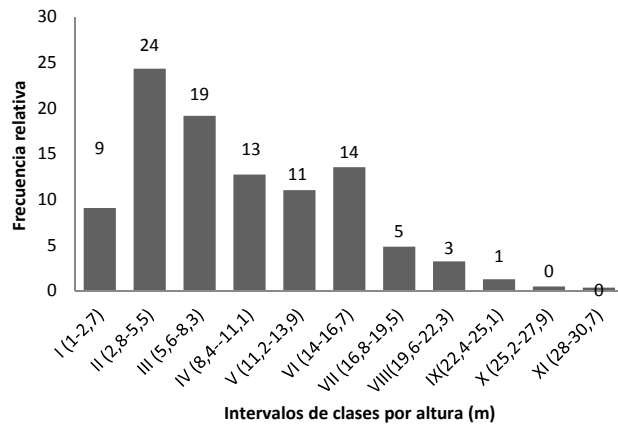


Figura 5. Frecuencia relativa (%) de alturas en los bosques altoandinos de *Weinmannia balbisiana* y *Clusia multiflora*.

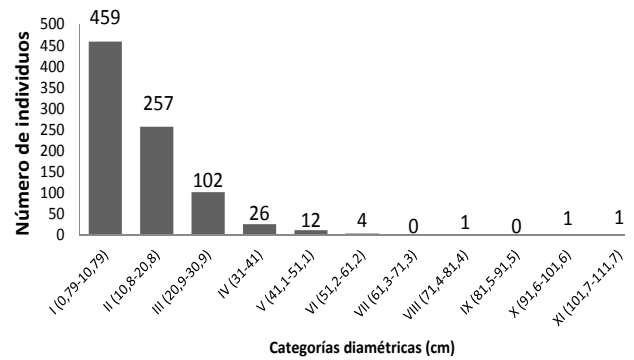


Figura 6. Frecuencia relativa (%) de DAP en los bosques altoandinos de *Weinmannia balbisiana* y *Clusia multiflora*.

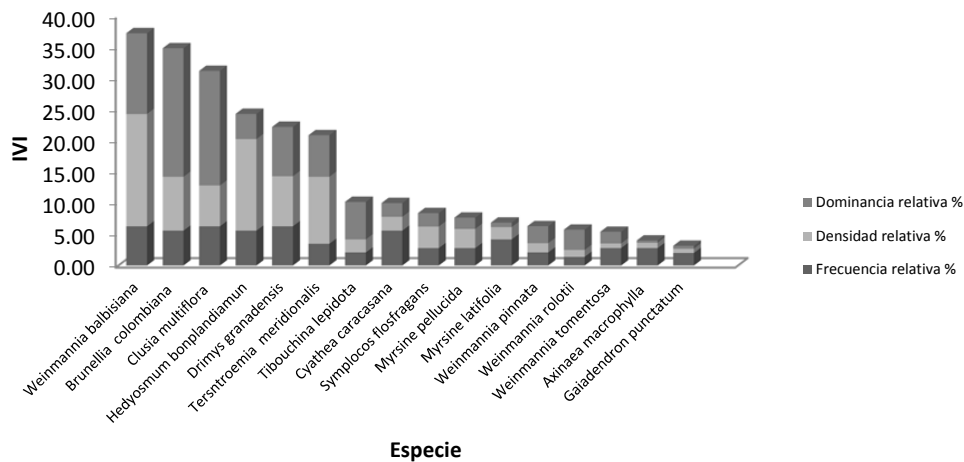


Figura 7. IVI relativo (%) para las especies que ocupan el 80 % del IVI en los bosques altoandinos de *Weinmannia balbisiana* y *Clusia multiflora*.

Cortes (2008), describió bosques altoandinos con una composición florística similar para la parte alta de la Sabana de Bogotá.

Fisionomía. Domina el estrato arbóreo inferior (Ai) con una cobertura relativa promedio de 55 %, seguido por el estrato arbolito (Ar) con 24 % y el estrato arbustivo (ar) con 5 % (Figura 8). En el estrato arbóreo inferior (Ai) sobresalen *Clusia multiflora* (8 %), *Tibouchina lepidota* (6 %), *Centronia mutabilis* (6 %) y *Weinmannia rolotii* (4 %). En el estrato arbolito (Ar) sobresale *Clusia multiflora* (3 %), *Tibouchina lepidota* (2 %), *Brunellia colombiana* (2 %) y *Miconia cundinamarcensis* (2 %). En el estrato arbustivo (ar) sobresalen *Chusquea scandens* (2%) y *Cyathea caracasana* (1%). El estrato arbóreo superior (As) está ausente.

Se diferenciaron IX clases de altura, donde la clase II (4,1-6 m) agrupa el 18 % de los individuos y las clase IV (8,1-10 m) y V (10,1-12 m) el 31 % (Figura 9). Se encontraron IX clases diamétricas, donde la clase I (03-9,3cm) agrupa el 34 %, la clase II (9,4-15,6) el 30 %, y las categorías diamétricas IV (22-28,2) y V (28,3-34,5) el 23 %. El 87 % de los individuos se agrupan en las tres primeras clases diamétricas (0,79-41 cm) y la categoría diamétrica VIII no presenta individuos (Figura 10). La baja presencia de individuos con DAP mayor a 41 cm es debido a la fuerte entresaca que ocurrió durante años, donde las comunidades locales sobreexplotaron las especies de importancia maderable como *Podocarpus oleifolius* y especies del género *Weinmannia* y *Nectandra*, entre otras.

Índices estructurales. La especie con mayor IVI (%) fue *Weinmannia balbisiana* (36 %), seguida por *Brunellia colombiana* (33 %), *Hediosmum bonplandianum* (32 %) y *Weinmannia rolotii* (21 %). Se encontraron un total de 262 individuos y 28 especies (Figura 11). La relación del cociente de mezcla fue de 9:1.

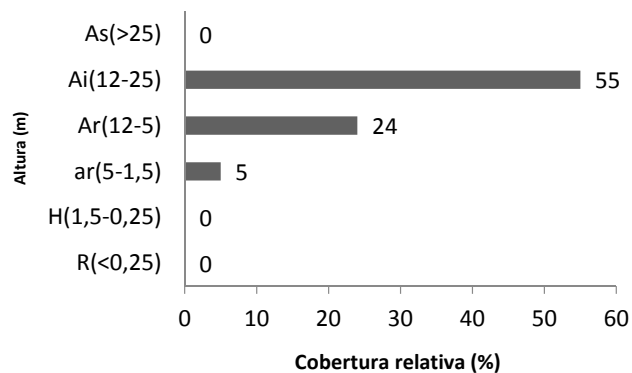


Figura 8. Cobertura relativa (%) promedio por estratos en los bosques altoandinos de *Brunellia colombiana* y *Weinmannia rolotii*. Rasante (R), herbáceo (H), arbustivo (ar), arbolito (Ar), arboreo inferior (Ai), arbóreo superior (As).

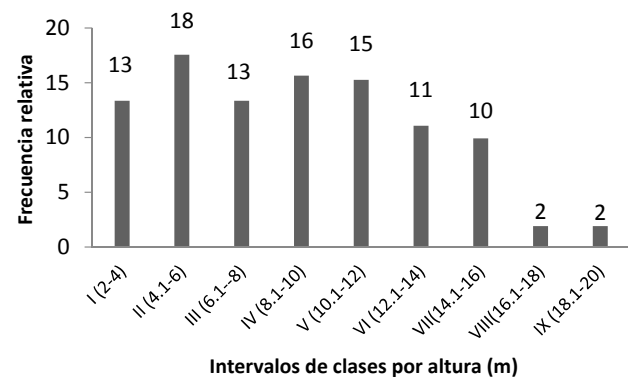


Figura 9. Frecuencia relativa (%) de alturas en los bosques altoandinos de *Brunellia colombiana* y *Weinmannia rolotii*.

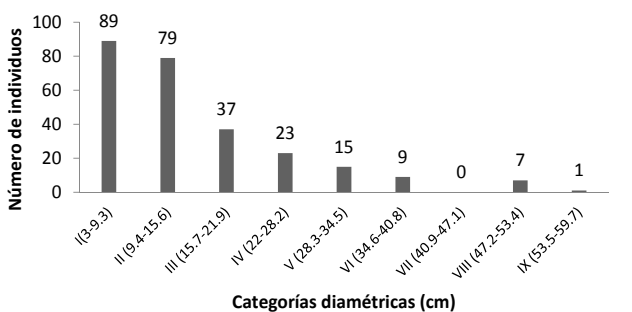


Figura 10. Frecuencia relativa (%) de DAP en los bosques altoandinos de *Brunellia colombiana* y *Weinmannia rolotii*.

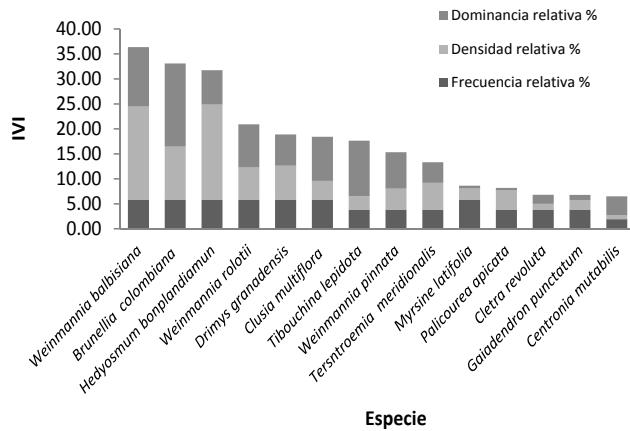


Figura 11. IVI relativo (%) para las especies que ocupan el 80 % del IVI en los bosques altoandinos de *Brunellia colombiana* y *Weinmannia rolotii*.

Bosques de *Drimys granadensis* y *Weinmannia tomentosa*

Composición florística. Las especies características son *Clusia multiflora*, *Brunellia colombiana*, *Tersntroemia meridionalis*, *Drimys granadensis*, *Hedyosmum bonplandianum*, *Symplocos flosfragans* y *Weinmannia balbisiana*. Se encontraron 53 especies distribuidas en 28 familias y 39 géneros. La familia con mayor número de especies es Melastomataceae (10), seguida por Cunoniaceae, Ericaceae y Lauraceae cada una con cuatro especies y Simplicaceae (3). Los géneros con mayor número de especies son *Weinmannia* (4), *Miconia* (3) y *Symplocos* (3). Estos bosques se encuentran entre los 2893 y 3098 metros de altitud. Cortés (2008), describió bosques altoandinos con una composición florística similar para la parte alta de la Sabana de Bogotá.

Fisionomía. Domina el estrato arbóreo inferior (Ai) con una cobertura relativa promedio de 53 %, seguido por el arbóreo superior (As) con 43 %, el estrato arbolito (Ar) con 31 % y el estrato arbustivo (ar) con 10 % (Figura 12). En el estrato arbóreo inferior (Ai) sobresalen *Brunellia colombiana* (8 %), *Clusia multiflora* (7 %), *Weinmannia tomentosa* (6 %) y *Weinmannia balbisiana* (6 %). En el estrato arbóreo superior (As) sobresalen *Podocarpus oleifolius* (12 %) y *Clusia multiflora* (12 %). En el estrato arbolito

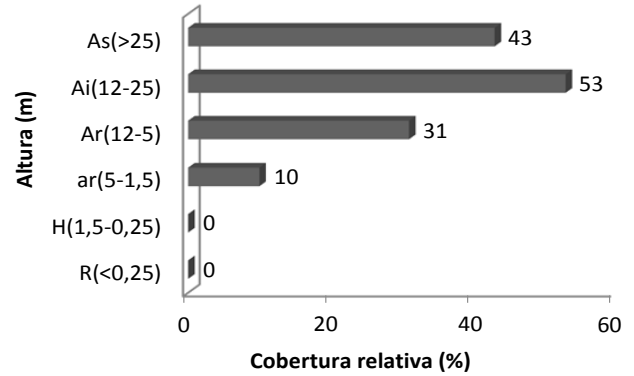


Figura 12. Cobertura relativa (%) promedio por estratos en los bosques altoandinos de *Drimys granadensis* y *Weinmannia tomentosa*. Rasante (R), herbáceo (H), arbustivo (ar), arbolito (Ar), arboreo inferior (Ai), arbóreo superior (As).

(Ar) sobresalen *Myrsine pellucida* (4 %), *Viburnum lehmani* (3,2 %) y *Brunellia colombiana* (3 %). En el estrato arbustivo (ar) sobresalen *Cyathea caracasana* (2 %), *Clusia multiflora* (2 %) y *Myrsine latifolia* (1 %).

Se diferenciaron X clases de altura, donde las clases I (1-3), II (3,1-6m) y III (6,1-9m) agrupan el 64 % de los individuos (Figura 13). Se encontraron X clases diamétricas, donde la clase I (0,79-11,89 cm) agrupa el 67 % y la clase II (11,9-22,9) el 21 %. El 97 % de los individuos se agrupan en las tres primeras clases diamétricas (0,79-34,9 cm) y las categorías diamétrica VI y VII no presentan individuos (Figura 14). La baja presencia de individuos con DAP mayor a 41 cm es debido a la fuerte entresaca que ocurrió durante años, donde las comunidades locales sobreexplotaron las especies de importancia maderable como *Podocarpus oleifolius* y especies del género *Weinmannia* y *Nectandra*, entre otras

Índices estructurales. La especie con mayor IVI (%) fue *Clusia multiflora* (41 %) *Brunellia colombiana* (36 %) y *Tersntroemia meridionalis* (33 %). Se encontraron un total de 435 individuos y 28 especies (Figura 15). La relación del cociente de mezcla fue de 15:1.

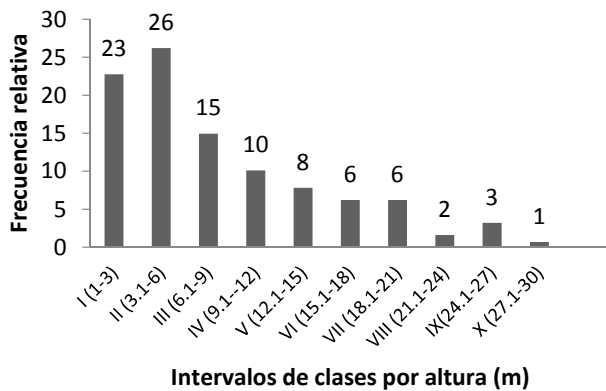


Figura 13. Frecuencia relativa (%) de alturas en los bosques altoandinos de *Drimys granadensis* y *Weinmannia tomentosa*.

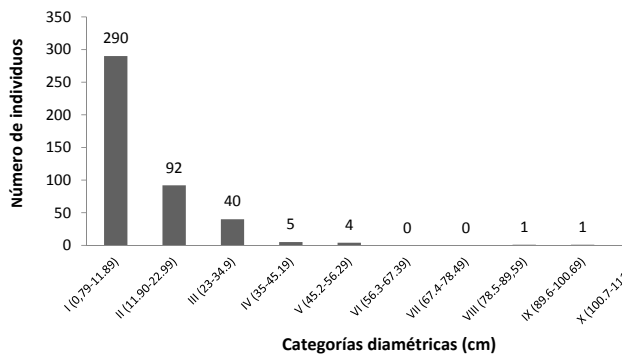


Figura 14. Frecuencia relativa (%) de DAP en los bosques altoandinos de *Drimys granadensis* y *Weinmannia tomentosa*.

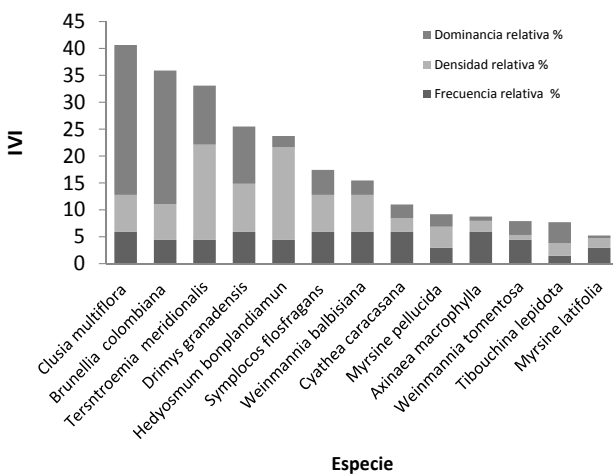


Figura 15. IVI relativo (%) para las especies que ocupan el 80 % del IVI en los bosques altoandinos de *Drimys granadensis* y *Weinmannia tomentosa*.

La vegetación del páramo en el pantano de Monquentiva

Se encontraron 116 especies pertenecientes a 85 géneros y 38 familias, siendo las familias más diversas Ericaceae (11), Asteraceae (11), Melastomataceae (7) y Rosaceae (5) (Anexo 2). Respecto a lo reportado por Rangel, (2000) en el PNN Chingaza, la flora encontrada en el pantano de Monquentiva representa el 50 % de las 38 familias, 34 % de los 85 géneros y 21 % de las 534 especies encontradas en el PNN Chingaza lo cual indica una baja riqueza pero también indicios de regeneración natural al presentar la mayoría de especies claves en cada tipo de vegetación encontrada.

Para la vegetación de las franjas altoandina del pantano de Monquentiva se observan los bosques de *Drimys granadensis* y *Weinmannia microphylla*; en el subpáramo se observan cuatro tipos de vegetación de matorrales agrupados en la gran formación de *Arcytophyllum nitidum* y *Diplostegium phyllicoides*, cuatro de frailejonales mixtos, uno de chuscales, dos de pajonales y dos de turberas y tremedales. Estos tipos de vegetación ya han sido descritos por Rangel y Ariza-N (2000) para el Parque Nacional Natural Chingaza.

De acuerdo con Cleef (2012) y con el trabajo de campo realizado, estos tipos de vegetación se distribuyen a modo de mosaico en el paisaje entre los 2950 y 3500 metros de altitud y algunas de ellas corresponden a estados sucesionales producto de procesos de paramización por una larga historia de intervención antrópica. De acuerdo con Vargas *et al.* (2003) en el páramo del PNN Chingaza las comunidades de la vegetación abierta que alcanzan su máximo desarrollo bajo las condiciones climáticas regionales (vegetación zonal) son los frailejonales, pajonales y chuscales, los cuales se mezclan a lo largo de toda la región dando origen a tipos de vegetación mixta como es el caso del frailejonal-pajonal y frailejonal-chuscal.

De acuerdo con el autor las comunidades de la vegetación cerrada corresponden a los llamados bosques achaparrados como los bosques de encenillo donde dominan varias especies de *Weinmannia*, bosques de rodamonte dominados por *Escallonia myrtilloides* y bosques de colorado dominados por *Polylepis quadrijuga*.

Bosques achaparrados de *Drimys granadensis* y *Weinmannia microphylla*

En estos bosques las especies características son *Drimys granadensis*, *Weinmannia rollottii*, *Aragoa abietina*, *Cyathea chimboracensis* y *Gaultheria anastomosans*. Estos bosques están conformados por 32 especies, 29 géneros y 19 familias. Sobresale el estrato arbustivo (ar) con 100 % seguido por el herbáceo (Hr) con 38 %. En el estrato arbustivo (ar) domina *Drimys granadensis* con 9 % y *Weinmannia rollottii* con 8 % con alturas hasta de 3 m. El estrato herbáceo está dominado por *Aragoa abietina* con 12 %, *Cyathea chimboracensis* con 10 % y *Gaultheria anastomosans* con 5 %. El estrato rasante tiene solo el 2 % y está dominado por *Gaultheria erecta* y algunas bromelias. Se encontraron un total de 240 individuos. Este tipo de vegetación está distribuido entre los 3137 y 3185 m de altitud.

La riqueza de este tipo de vegetación está dentro de los rangos reportados por Rangel y Ariza-N (2000) que varía entre 19 y 37. De acuerdo con los autores los elementos importantes son *Weinmannia microphylla* (Ar) y *Drimys granadensis* (Ar), que alcanzan hasta 15m de altura, sin embargo estas dos especies en el pantano de Monquetiva alcanzan alturas máximas de 3m. En el pantano de Martos no aparece *Persea ferruginea* y dominan matorrales de *Escallonia myrtilloides* pero desde un límite de distribución inferior (2956m) al reportado por los autores (3500-3600 m). Lo anterior indica un estado sucesional menos avanzado que el reportado en el PNN Chingaza dado la intensa historia de degradación antropogénica y el reciente aislamiento de estos tensionantes.

No se encuentran los bosques de colorados descritos por Vargas *et al.* (2003) en el PNN Chingaza, que corresponden a relictos que se establecen en los valles abrigados, en las laderas con inclinación intermedia, en los afloramientos rocosos y en los sitios turbosos. En estos bosques la especie dominante es *Polylepis quadrijuga* (comunidad de *P. quadrijuga*), un arbolito muy característico por su tronco retorcido de corteza rojiza y desprendible y por sus hojas verde-grisáceo. Este tipo de vegetación está fuertemente amenazada por la extracción de *P. quadrijuga* para leña y postes de cercas.

Matorrales

Los matorrales están presentes en todo el páramo y especialmente en el subpáramo donde se encontró la gran formación de *Arcytophyllum nitidum*-*Diplostephium phylicoides* que contienen los matorrales de *Aragoa abietina*-*Puya goudotiana* y los de *Hypericum goyanessi* (Figura 16). Esta vegetación ya ha sido descrita por Rangel y Ariza-N (2000) en el PNN Chingaza donde reportan tres tipos de matorrales: i) matorrales de *Arcytophyllum nitidum*, alianza *Diplostephio phylicoidis*-*Arcytophyllion nitidi* con cuatro asociaciones (*Gaylussacio buxifoliae*-*Vaccinietum*, *floribundi*, *Espeletio argenteae*-*Arcytophyllietum nitidi*, *Diplostephio phylicoidis*-*Espeletietum grandiflorae* *Castratello piloselloidis*-*Arcytophyllietum nitidi*), ii) *Hypericetum goyanessi* con la alianza *Geranio siboldioidis*-*Hypericion goyanessi* y las asociaciones (*Noticastro marginati*-*Hypericetum goyanessi* y *Pernettyo prostratae*-*Pentacalietum Nitidae*) y iii) matorrales de *Aragoa abietina* con dos comunidades (*Aragoa abietinae*-*Puyetum santosi* y *Aragoa abietinae*-*Arcytophyllietum nitidi*).

Gran formación de matorrales de *Arcytophyllum nitidum* y *Diplostephium phylicoides*

Las especies características son *Diplostephium phylicoides*, *Hypericum goyanesii*, *Baccharis vacciniifolia*, *Clethra fimbriata*, *Arcytophyllum nitidum* y *Weinmannia rollottii* Se encontraron 86 especies pertenecientes a 65 géneros y 31 familias. Las familias más diversas son Ericaceae y Asteraceae cada una con 11 especies, seguidas por Melastomataceae con siete y Rosaceae con cinco. Sobresalen los estratos estrato arbustivo (ar) y rasante (Ra) con 100 % cada uno. En el estrato arbustivo (ar) sobresalen *Diplostephium phylicoides* (10 %), seguido por *Macrocarpaea glabra* (9 %), *Hypericum goyanesii*, *Baccharis vacciniifolia*, *Clethra fimbriata* y *Weinmannia rollottii* cada una con 6 %. En el estrato rasante (Ra) domina *Blechnum schomburgkii* (16 %), seguido por *Paepalanthus columbiensis* (12 %) e *Hydrocotyle* sp. (10 %). El estrato herbáceo ocupa el 51 % y está dominado por *Espeletia argentea* (26 %) y *Espeletia argentea* con 25 %. Se encontraron un total de 2 737 individuos, distribuidos entre los 3016-3389 metros de altitud.



Figura 16. Matorrales de subpáramo dominado por *Diplostegium phyllicoides*.

Dentro de esta gran formación se encuentra *Vaccinium floribundum* -*Gaultheria anastomosans* que presenta 27 especies, 25 géneros y 16 familias. Domina el estrato arbustivo con 70%, seguido por el herbáceo (60 %) y el rasante ocupa el 3 %. En el estrato arbustivo sobresalen *Macrocarpaea glabra* (20 %), seguida por *Gaultheria anastomosans* (5%) y *Drimys granadensis* (3 %). En el estrato herbáceo sobresalen *Aragoa abietina* (12 %) y *Gaultheria anastomosans* (6 %). En el estrato rasante sobresalen *Lachemilla orbiculata* (1 %) y *Gaultheria erecta* (1 %).

En los matorrales de *Aragoa abietina* y *Puya goudotiana* se encontraron 39 especies pertenecientes a 31 géneros y 15 familias. Sobresalen los estratos herbáceo (Hr) con 100 % y el arbustivo (ar) con 93 %. En el estrato herbáceo sobresalen *Puya goudotiana* (18 %), *Calamagrostis effusa* (16 %) y *Tibouchina grossa* (10 %). En el estrato arbustivo (ar) sobresalen *Gaultheria anastomosans* (38 %) seguido por *Hypericum goyanesii* (18 %). El estrato rasante ocupa el 64 % y sobresalen *Blechnum schomburgkii* (22 %), seguido por *Paepalanthus columbiensis* e

Hydrocotyle sp. con 10 % cada una. Se encontraron un total de 724 individuos, distribuidos entre los 3220-3376 metros de altitud.

Sánchez y Rangel (1990) describieron la asociación Aragoo abietinae-Puyetum santosi de los páramos de San Cayetano y de Guargua. Rangel y Ariza-N (2000) diferencian esta asociación del sintaxon de Chingaza, en donde aparece *Chusquea tessellata* al igual que en el pantano de Monquentiva y la asocian como una vegetación muy parecida en su composición florística a la asociación Aragoetum abietinae de Cleef (1981), que comparte con el pantano de Monquentiva especies características como *Puya santosii*, *Vaccinium floribundum*, *Paepalanthus karstenii*, *Sphagnum magellanicum*, *Pernettya prostrata* y *Geranium sibbaldiioides* (*Geranium multiceps*). En los matorrales de *Hypericum goyanesii* dominan *Hypericum goyanesii* con un 80 %. De acuerdo con Rangel y Ariza-N (2000), una característica importante en esta vegetación es la ausencia de *Chusquea tessellata*, la disminución en cobertura de *Calamagrostis effusa* y una marcada dominancia de *H. goyanesii*. Así como

ocurre en el PNN Chingaza, aparecen como especies características *Hypericum goyanesii* y *Geranium multiceps*.

Chuscales

En este tipo de vegetación las especies características son *Chusquea teassellata* y *Aragoa abietina*, pero dominada *Chusquea tessellata*, una bambusoide conocida como chusque o bambú de páramo. Se desarrollan en suelos especialmente húmedos y encharcados, siendo mucho más abundantes en los páramos húmedos. Se encontraron 17 especies donde domina el estrato arbustivo con 70 %, donde *Chusquea teassellata* ocupa el 50 % y *Aragoa abietina* el 20 %. La altura promedio de 1,5 m y las especies dominantes indicadoras son *Paepalanthus columbiensis*, *Gaiadendron punctatum*, *Pernettya prostrata*, *Pentacallia pulchella*, *Buchetia glutinosa*, *Calamagrostis effusa*, *Espeletia argétea*.

Rangel y Ariza-N. (2000) los definen como matorrales dominados ampliamente por *Aragoa abietina* en el estrato arbustivo (45% de cobertura promedio), en el estrato herbáceo, se disponen las cañas de

Chusquea tesellata (8% de cobertura promedio), junto con *Blechnum loxense* y *Calamagrostis effusa* y en el rasante aparecen *Paepalanthus karstenii* y *Arcytophyllum muticum*. También se registran lugares completamente dominados por *Chusquea tesellata*, cuya abundancia puede ser usada como un indicador del potencial hídrico de una región, ya que el contenido de agua de sus suelos es tres veces mayor que el de un frailejónal (Rangel- Ch. 1995).

Frailejónales

Vegetación con un estrato arbustivo emergente conformado por las caulirósulas de *Espeletia*. Este tipo de vegetación se encuentra en regeneración desde hace 15 años y no presenta disturbio actual. Se encuentra en toda la franja desde los 2956 hasta los 3498 metros de altitud (Figura 17). Se identificaron dos tipos de vegetación de frailejónal pajonal indicadoras de buen estado de conservación (*Oreobolus goeppingeri*-*Espeletia grandiflora* y *Castratella pilloselloides*-*Espeletia barclayana*) y dos de frailejónal arbustal, indicadoras de regeneración natural (*Puya goudotiana*-*Espeletopsis corymbosa* y *Arcytophyllum nitidum*-*Espeletia argétea*).



Figura 17. Frailejónal dominado por *Oreobolus goeppingeri* y *Espeletia grandiflora*.

Oreobolus goeppingeri y *Espeletia grandiflora*: Conformada por 39 especies, 32 géneros y 18 familias. Sobresale el estrato herbáceo (Hr) con 100 % y el rasante (Ra) con 40 %. El estrato herbáceo está dominado por *Espeletiopsis corymbosa* (28 %), *Espeletia grandiflora* (22 %), *Gaultheria anastomosans* (10%). El estrato rasante está dominado por *Paepalanthus columbiensis* (13 %) y *Castratella piloselloides* (12 %). El estrato arbustivo (ar) tiene una cobertura de 16 % y dominan *Arcytophyllum muticatum*, *Cavendishia bracteata* y *Symplocos theiformis*, cada una con 3 %. Se encontraron un total de 1294 individuos. Distribuidos entre los 3075-3389 metros de altitud, Rangel y Ariza-N (2000) describen las comunidades de Diplostephio phylcooidis-Espeletietum Grandiflorae, donde en el estrato arbustivo domina ampliamente *Espeletia grandiflora* (30 % de cobertura promedio) y en el herbáceo *Calamagrostis effusa* (40 % de cobertura promedio).

Castratella piloselloides y *Espeletia barclayana*: Conformada por 11 especies, 22 géneros y 10 familias. Sobresale el estrato herbáceo (Hr) con 100 % seguido por el arbustivo (ar) con 30%. El estrato herbáceo está dominado por *Aragoa abietina* (40 %) y *Calamagrostis effusa* (30 %). El estrato rasante tiene una cobertura de 25 % y está dominado por *Lachemilla orbiculata* (20%). El estrato arbustivo (ar) obtuvo una cobertura relativa de 30 % donde domina exclusivamente *Espeletia barclayana* con individuos con alturas entre 0,2 y 3 m. Se encontraron un total de 149 individuos. Este tipo de vegetación solo sobre los 3498 metros de altura (páramo propiamente dicho).

Puya goudotiana y *Espeletiopsis corymbosa*: Conformada por 32 especies, 28 géneros y 17 familias. Sobresale el estrato herbáceo (Hr) con 100 %, seguido por el arbustivo (ar) con 72 %. El estrato herbáceo está dominado por *Espeletiopsis corymbosa* (34%), seguido por *Calamagrostis effusa* (23 %) y *Puya goudotiana* (11 %). En el estrato arbustivo (ar) dominan *Gaultheria anastomosans* (30 %) e *Hypericum goyanesii* (28 %). El estrato rasante tiene una cobertura de 21 % y está dominado por *Paepalanthus columbiensis* (10 %), y *Blechnum schomburgkii* y *Lachemilla orbiculata* con 3 % cada una. Se encontraron un total de 684 individuos y se distribuyen entre los 3230 y 3376 metros de altitud.

Arcytophyllum nitidum y *Espeletia argentea*: este tipo de vegetación se encuentra alrededor del pantano de Martos, en áreas que fueron fuertemente perturbadas por actividades antrópicas como quema y pastoreo, y se han ido regenerando desde hace aproximadamente 15 años. Domina *Espeletia argentea* (80 %) y 260 individuos en 25 m²; en algunas zona se encuentra junto con *Lachemilla orbiculata* y *Arcytophyllum nitidum* y en otras zonas junto con *Espeletiopsis corymbosa* y *Calamagrostis effusa*. Distribuido a los 3017 metros de altitud.

De acuerdo con Rangel y Ariza-N. (2000) este tipo de vegetación es frecuente en sitios donde inicialmente se quema y luego se cultiva y es bastante pobre en especies dominantes del páramo como *Calamagrostis effusa* y *Espeletia grandiflora*. En Cruz Verde, Lozano y Schnetter (1976) registraron a *Espeletia argentea* en varias fitocenosis, en áreas anteriormente cultivadas con papa, y las describieron como fases del proceso de sucesión, aunque también la encontraron en vertientes escarpadas, en sitios húmedos y en áreas erosionadas, por lo cual le asignaron un papel importante en el proceso de colonización y de sucesión. Vargas *et al.* (2003) definen su carácter secundario relacionado con actividades agropecuarias.

Pajonales

Vegetación herbácea dominada por macollas de gramíneas y especialmente por el género *Calamagrostis*. Este tipo de vegetación está presente en el subpáramo. Las comunidades identificadas fueron *Paepalanthus columbiensis-Calamagrostis effusa* (60 %) con 16 especies y *Chusquea tessellata - Calamagrostis effusa* (70 %) con 10 especies. Las especies indicadoras son *Bartsia* sp., *Rynchospora macrocaeta*, *Halenia* sp., *Calamagrostis effusa*, *Jamesonia imbricata*, *Paepalanthus columbiensis* y *Chusquea tessellata*. Distribuidos entre los 3300 y 3500 metros de altitud.

Turberas

La turbera está situada en el pantano de Martos (antigua laguna) y está conformada por diferentes tipos de vegetación distribuidos a modos de mosaico (Figura 18). Dentro de la turbera se encuentran pequeños humedales dominados en los bordes por



Figura 18. Turberas del actual pantano de Martos.

Sphagnum magellanicum y *Oreobolus goeppingeri*, evidencia de la antigua laguna que cubría la actual turbera. En las zonas terrizadas se encuentran diferentes tipos de vegetación como frailejonales de *Espeletia grandiflora*, *Espeletiopsis corymbosa* y *Espeletia argentea* con *Puya goudotiana*, pajonales de *Calamagrostis effusa* y parches de *Valeriana pilosa*. En el borde del pantano, colindando con la carretera, se encuentran matorrales de *Hypericum goyanesii*, *Hypericum juniperinum*, *Diplostephium phylloides*, *Baccharis vacciniifolia* e individuos de *Escallonia myrtilloides*. Está conformada por 29 especies, 17 géneros y 10 familias.

Sobresale el estrato herbáceo (Hr) con 100 % seguido por el rasante (Ra) con 84 %. El estrato herbáceo está dominado por *Espeletia argentea* (29 %), *Puya goudotiana* (14 %), *Hypericum goyanesii* (9 %), *Espeletiopsis corymbosa* (7 %). El estrato rasante está dominado por *Blechnum schomburgkii* (40 %), seguido por *Hydrocotyle* sp. (30 %), *Sphagnum magellanicum* (12 %) y *Azorella* sp. (6 %). El estrato arbustivo (ar) obtuvo una cobertura relativa de

10 % donde domina *Symplocos theiformis* (4 %) y *Monochaetum myrtoideum* (3 %). Se encontraron un total de 957 individuos, distribuidos entre los 2956 hasta los 3075 metros de altitud.

Dentro de las turberas encontramos dos tipos de vegetación de prados que se distribuyen a los 2956 m. Vegetación con predominio del estrato rasante y generalmente presente en turberas o bordes de lagunas y entre los elementos típicos están los cojines de *Geranium sibbaldioides*, *Plantago* sp. y *Azorella* sp., *Rynchospora ruiziana* y *Muhlenbergia cleefii*. Allí abundan los musgos (*Sphagnum*) y las plantas que crecen con forma de cojines o tapetes. Se encontraron dos tipos de vegetación de prados distribuidas a los 2956 m s.n.m.: i) *Rynchospora ruiziana*-*Geranium sibbaldioides* como prados de diez especies, de 40 - 50 cm de altura con tapetes de musgo, y ii) *Rynchospora oroboloidea*-*Muhlenbergia cleefii* como cojines con cinco especies dominados por especies de ciperáceas. De acuerdo con Vargas *et al.* (2003) los prados son un tipo de vegetación con predominio del estrato rasante que se encuentra en zonas perturbadas (*Lachemilla*

orbiculata) o en áreas con un alto contenido de agua en el suelo (comunidad de *Campylopus cavifolius*), y en las turberas figuran los pajonales de pantano dominados por *Calamagrostis ligulata* y varias especies de musgos.

Análisis de estado de conservación de los ecosistemas del páramo de Monquentiva

Para la definición de los intervalos aceptables de variación de cada atributo ecológico clave es importante tener en cuenta que en la región andina colombiana, históricamente los ecosistemas naturales han sufrido una intensa transformación debido a que esta parte del territorio nacional ha sido el lugar donde se ha asentado la mayor parte de la población humana (Etter 2006). Lastimosamente no se cuenta con información sistematizada sobre los intervalos de variación natural de los ecosistemas. En este sentido Parrish *et al.* (2003) recomiendan que en estas áreas que han sido afectadas por la intervención humana en diversos tipos y magnitudes, las comparaciones con otros sistemas pudieran ser especialmente informativas sobre si los límites de variación actuales podrían estar debajo de lo que se considera como riesgo de permanencia para las metas o rango aceptable de variación. En la tabla 2 se presentan los atributos ecológicos y los rangos naturales de variación de los bosques altoandinos y páramos definidos como sistemas de referencia y los atributos ecológicos de los páramos y bosques altoandinos de Monquentiva. Finalmente se evalúa el estado actual de cada atributo ecológico. En el Anexo 3 se presentan las calificaciones de cada formación de vegetación del páramo de Monquentiva de acuerdo a su comparación con los sistemas de referencia y a la escala de calificaciones descritas en la metodología.

Para el caso del pantano de Monquentiva el promedio de las calificaciones que obtuvieron los siete tipos de vegetación (metas focales de conservación) fue de 3,75 (valor que corresponde a la categoría de Bueno), lo cual significa que el área protegida se encuentra en un estado deseable de conservación (Tabla 3). Las turberas y tremedales fue el único que obtuvo una calificación mayor a 4,5, es decir la única que se considera con un excelente estado de conservación en términos de composición y estructura. Los bosques

altoandinos, los matorrales, los frailejonales y los pajonales presentaron una condición de buen estado (3,75-,17). Sin embargo, es importante resaltar que tanto los chuscales como los bosques achaparrados son unidades de vegetación que deberían considerarse como las unidades que aún deben continuar en la recuperación de atributos de composición florística y de la estructura.

Consideraciones finales

Para el caso del pantano de Monquentiva, los siete tipos de vegetación asociados a las formaciones de bosque altoandino y páramos presentaron un buen estado de conservación (promedio 3,75). De acuerdo a lo sugerido por Zambrano *et al.* (2007) y Josse (2010) un buen estado de conservación implica que el área protegida se encuentra en un estado deseable, pero es preciso mejorar los esquemas de manejo para evitar que algunos valores objeto de conservación se mantengan en riesgo, para este caso específicamente los bosques achaparrados y los chuscales. Los ecosistemas presentes y sus subtipos de vegetación no son de las mejores muestras a nivel regional, ni actual ni históricamente, sin embargo presentan características favorables con respecto a los atributos ecológicos principales y de resiliencia ante cambio antropogénico negativo. La estructura y composición de la vegetación y los tipos de comunidades vegetales presentes, así como los suelos y la hidrología están funcionando dentro de rangos aceptables de variación, se presentan especies de plantas y animales claves y las especies exóticas e invasoras están presentes en poca cantidad y tienen un impacto mínimo. Sin embargo, para completar el análisis de estado de conservación y evaluar la integridad ecológica de los páramos y bosques del pantano de Monquentiva es necesario incluir dentro de los atributos ecológicos las dimensiones de paisaje y la comparación de la configuración actual del paisaje con un modelo de la vegetación potencial. Así mismo, un reto mayor consiste en la inclusión de algunos atributos ecológicos claves desde el punto de vista funcional, derivados del análisis de diversidad funcional que se realizó para estos ecosistemas.

Tabla 2. Evaluación de cada atributo ecológico de los bosques altoandinos del páramo de Monquentiva.

Meta focal de conservación	Nombre del atributo	Descripción del estado ideal de los tipos de bosques altoandinos	Descripción del estado actual de los tipos de bosques altoandinos
Bosque altoandino dominado por <i>Weinmannia balbisiana</i> y <i>Clusia multiflora</i>	Estructura de la vegetación	Presencia de árboles con alturas máximas de 32 m formando una cobertura del dosel mayor al 90%	Subdosel (Ar y ar) con cobertura de 58 %
		Subdosel (Ar y ar) con cobertura >70%	Presencia de solo un árbol con altura máxima de 30 m. La cobertura relativa del dosel (As + Ai) del 100 %
		Presencia de juveniles de especies del dosel	Presencia de juveniles de especies del dosel de 41 de las 54 especies
		139 ind. con DAP>10 cm en 0,1 ha	96 ind. con DAP>10 cm en 0,1 ha 180 ind. con DAP>2.5 cm en 0,1 ha
		280 ind. con DAP>2,5 cm (en Carpanta)	
		J invertida en la distribución de clases diamétricas. 12 clases diamétricas	J invertida en la distribución de clases diamétricas. 11 clases diamétricas
		Abundante presencia de epífitas	Abundante presencia de epífitas
		Se encuentran ubicadas en las cimas de las montañas o en laderas altas. Suelos de textura Far y Ar. extremadamente ácidos pH 4,1. CIC alta	En las cimas y parte media de las montañas o en laderas altas. Suelos de textura A. Extremadamente ácidos pH 3,2. CIC alta (92,6)
	Composición de la vegetación	Riqueza: 47 sp. (2700 - 2920) DAP ≥ 10cm (Cárpatos)	Riqueza: 39 sp. (2893-3098) DAP ≥ 10 cm
		Riqueza: 46 sp. (2800 - 2900). DAP ≥ 2,5 cm (Carpanta)	Riqueza: 53 sp. (2893-3098) DAP ≥ 2,5 cm
	Número total de especies y presencia de especies clave	Nueve especies de Lauraceae	Cuatro especies de Lauraceae
		Especies diagnósticas y clave	Especies diagnósticas y clave
<i>Drymis granandensis</i>		<i>Drymis granandensis</i>	
<i>Gordonia fruticosa</i>		<i>Tersntroemia meridionalis</i>	
<i>Ceroxylon andicola</i> (Cárpatos y Carpanta)		<i>Axinaea macrophylla</i>	
<i>Weinmannia tomentosa</i>		<i>Weinmannia tomentosa</i>	
<i>Weinmannia balbisiana</i> (Cárpatos y Carpanta)		<i>Weinmannia balbisiana</i>	
<i>Drymis granandensis</i>		<i>Drymis granandensis</i>	
<i>Persea mutisi</i>		<i>Persea mutisi</i>	
<i>Hedyosmum bonplandianum</i> (Cárpatos y Carpanta)		<i>Nectandra laurel</i>	
<i>Brunellia colombiana</i> (Cárpatos y Carpanta)	<i>Nectandra reticulata</i>		
<i>Geonoma weberbaueri</i> (Cárpatos y Carpanta)	<i>Blakea cuatreacsii</i>		
<i>Clusia ducu</i>	<i>Hedyosmum bonplandianum</i>		

Cont. **Tabla 2.** Evaluación de cada atributo ecológico de los bosques altoandinos del páramo de Monquentiva.

Meta focal de conservación	Nombre del atributo	Descripción del estado ideal de los tipos de bosques altoandinos	Descripción del estado actual de los tipos de bosques altoandinos
Bosque altoandino dominado por <i>Weinmannia balbisiana</i> y <i>Clusia multiflora</i>	Número total de especies y presencia de especies clave	<i>Nectandra mollis</i> <i>Palicourea linealiflora</i> <i>Beilschmiedia pendula</i> <i>Podocarpus oleifolius</i> <i>Styloceras laurifolium</i> <i>Axinaea macrophylla</i> <i>Ocotea calophylla</i> <i>Aiouea dubia</i>	<i>Brunellia colombiana</i> <i>Clusia multiflora</i> <i>Palicourea vaginata</i> <i>Palicourea apicata</i> <i>Styloceras laurifolium</i> <i>Symplocos flosfragans</i> <i>Podocarpus oleifolius</i> <i>Ocotea calophylla</i>
	Comunidades identificadas en los bosques altoandinos	<p>Bosque altoandino que corresponde al <i>Weinmannion</i> de Cuatrecasas (1934)</p> <p>En Cárpatos una alianza y dos asociaciones</p> <p>Alianza <i>Hedyosmo bomplandiani</i> - <i>Weinmannion pinnatae</i></p> <p><i>Ocotea calophyllae</i>-<i>Weinmannietum pinnatae</i></p> <p><i>Clusia multiflora</i>- <i>Weinmannietum balbisianae</i></p> <p>En Bogotá dos asociaciones (EcoAndes - Sumapaz):</p> <p><i>Drimys granadensis</i> - <i>Weinmannia tomentosa</i> (S. Cortés)</p> <p><i>Brunellio colombiano</i> - <i>Weinmannietum rollotii</i> (S. Cortés)</p>	<p>Bosque altoandino que corresponde al <i>Weinmannion</i> de Cuatrecasas (1934)</p> <p>Una gran formación de <i>Weinmannia balbisiana</i> y <i>Clusia multiflora</i></p> <p>Bosques de <i>Drimys granadensis</i> - <i>Weinmannia tomentosa</i></p> <p>Bosques de <i>Brunellia colombiana</i> <i>Weinmannia rollotii</i></p>

Tabla 3. Síntesis de la calificación de cada atributo ecológico de los bosques altoandinos y los tipos de vegetación de los páramos del área protegida.

Tipo de vegetación	Nombre del atributo	Estado de conservación
Páramo - frailejones	Estructura de la vegetación	Regular
	Composición de la vegetación	Bueno
	Número de comunidades identificadas	Excelente
	Total condición biótica frailejones	Bueno
Páramo - pajonales	Estructura de la vegetación	Bueno
	Composición de la vegetación	Bueno
	Número de comunidades identificadas	Bueno
	Total condición biótica pajonales	Bueno

Cont. **Tabla 3.** Síntesis de la calificación de cada atributo ecológico de los bosques altoandinos y los tipos de vegetación de los páramos del área protegida.

Tipo de vegetación	Nombre del atributo	Estado de conservación
Páramo - chuscales	Estructura de la vegetación	Bueno
	Composición de la vegetación	Bueno
	Número de comunidades identificadas	Regular
	Total condición biótica chuscales	Regular
Páramo - turberas y tremedales	Estructura de la vegetación	Excelente
	Composición de la vegetación	Bueno
	Número de comunidades identificadas	Excelente
	Total condición biótica turberas y tremedales	Excelente
Páramo - matorrales	Estructura de la vegetación	Bueno
	Composición de la vegetación	Bueno
	Número de comunidades identificadas	Bueno
	Total condición biótica matorrales	Bueno
Páramo - bosques achaparrados	Estructura de la vegetación	Regular
	Composición de la vegetación	Bueno
	Número de comunidades identificadas	Regular
	Total condición biótica bosques achaparrados	Regular
Bosque altoandino de <i>Weinmannia balbisiana</i>	Estructura de la vegetación	Bueno
	Composición de la vegetación	Bueno
	Número de comunidades identificadas	Excelente
	Total condición biótica bosques altoandinos	Bueno

Los resultados del análisis de conservación y la historia de transformación del área estudio se resalta la capacidad de recuperación de estos ecosistemas. Luego de 15 años y con intervenciones basadas en la eliminación o reducción de los efectos tensionantes que degradaban los ecosistemas, ha sido posible recuperar entre un 50 y 75 % de las características florísticas y estructurales de los páramos y bosques altoandinos presentes en las áreas protegidas de PNN Chingaza y Reserva Forestal Cárpatos. Resultados similares se han encontrado en los páramos de Venezuela

por Sarmiento *et al.* (2002). Teniendo en cuenta las trayectorias deseables de recuperación que están siguiendo estos ecosistemas, es posible sugerir que las acciones de manejo del área protegida en lo referente a los procesos de conservación y restauración ecológica deberían enfocarse en continuar con el detenimiento de efectos tensionantes, la recuperación de algunos atributos funcionales de los bosques altoandinos y los bosques achaparrados, y el monitoreo del proceso de recuperación natural. Otro aspecto fundamental para desarrollar en la gestión del área protegida debe ser

la vinculación activa de las comunidades rurales, a través de programas de monitoreo participativo, educación ambiental y promoción de estrategias de ecoturismo que les generen beneficios económicos y apropiación social.

Agradecimientos

Agradecemos a Ecopetrol que aportó los recursos financieros para ejecutar el proyecto “Análisis de los servicios ecosistémicos del pantano de Martos a partir de la integridad ecológica de los ecosistemas como línea base para orientar procesos de conservación y restauración ecológica”, en el marco de la Segunda Convocatoria Nacional a la Biodiversidad (2011); a la Fundación Natura por la cofinanciación y el apoyo técnico; al Instituto Alexander von Humboldt y a la CAR por la cooperación en el intercambio de información relevante para el proyecto; al señor Luis Enrique Peña por el apoyo en campo y los conocimientos compartidos; a los botánicos Astrid Milena Caro, Diego Cabrera y Francisco Fajardo, a Paula Guerrero por el apoyo en el trabajo comunitario.

Bibliografía

Andrade, G. I. 1993. Paisaje y biodiversidad en las selvas de los Andes. Pp. 31-48. *En*: Andrade, G. I. (Ed.). *Carpanta: selva nublada y páramo*. Fundación Natura Colombia. 256 pp.

Avella, A. y J. O. Rangel-Ch. 2014. Oak forests types of *Quercus humboldtii* and their sustainable use and conservation in the Guantiva-La Rusia-Iguaque corridor (Santander-Boyacá, Colombia). *Colombia Forestal* 17 (1): 100-116.

Braun-Blanquet, J. 1979. *Fitosociología* (bases para el estudio de las comunidades vegetales). Editorial Blume, Madrid. 820 pp.

Cantillo, E., K. J. Rodríguez y A. Avella. 2004. Caracterización florística, estructural, diversidad y ordenación de la vegetación en la reserva forestal Cárpatos, Guasca (Cundinamarca). Tesis de grado. Facultad de Ingeniería Forestal. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. 150 pp.

Cantillo, E. y J. O. Rangel. 2011. La estructura y el patrón de la riqueza de la vegetación del Parque Nacional Natural Los Nevados. Pp. 69-125. *En*: J. O. Rangel. (Ed.). *Colombia Diversidad Biótica XI. Patrones de la estructura y de la riqueza de la vegetación en Colombia*.

Universidad Nacional de Colombia-Instituto de Ciencias Naturales. Bogotá D.C.

- Cleef, A. M. 1979. The phytogeographical position of the neotropical vascular paramo flora with special reference to the Colombian Cordillera Oriental. Pp. 175-184. *En*: Larsen K. y Holm-Nielsen L. B. (Eds.). 1979. *Tropical Botany*. Academic Press, New York, Estados Unidos.
- Cleef, A. M. 1981. The vegetation of the paramos of the Colombian Cordillera Oriental. *Dissertationes Botanicae* 61: 1-321.
- Cleef, A. M. 2012. Field information Colombia: Andean mires. Institute of Botany and Landscape Ecology, Grimmerstr, Germany. *International Mire Conservation Group Newsletter* 1: 7-10.
- Cortés, S. P. 2008. La vegetación boscosa y arbustiva de la cuenca alta del río Bogotá. Pp. 130 – 145. *En*: T. Van der Hammen (Ed.) 2008. *Estudios de Ecosistemas Tropandinos - La cordillera Oriental colombiana, transecto Sumapaz, Ecoandes 7*. J. Cramer, Berlín-Stuttgart.
- CAR - Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. 2000. *Esquema de Ordenamiento Territorial Guatavita-Cundinamarca*. Bogotá, Colombia. 101 pp.
- Cuatrecasas, J. 1934. Observaciones geobotánicas en Colombia. *Trabajos del Museo Nacional Ciencias Naturales, Serie Botánica* 27. Madrid. 144 pp.
- Cuatrecasas, J. 1958. Aspectos de la vegetación natural de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas* 10 (40): 221-268.
- Etter, A., C. MacAlpine, D. Pullar y H. Possingham. 2006. Modelling the conversion of Colombian lowland ecosystems since 1940: Drivers, patterns and rates. *Journal of Environmental Management* 79: 74-87.
- Gentry, A. H. 1993. Vistazo general a los bosques nublados andinos y a la flora de Carpanta. Pp.67-79. *En*: Andrade G. (Ed.). *Carpanta: selva nublada y páramo - Ecología y conservación de un ecosistema altoandino*. Fundación Natura Colombia.
- Gómez, C. L. y D. Rubio. 2003. El pantano de Martos: estudio histórico, cultural y geográfico. Academia de Historia de Cundinamarca y Secretaria del Medio Ambiente del departamento de Cundinamarca. 103 pp.
- Guhl, E. 1982. Los páramos circundantes de la Sabana de Bogotá. Segunda Edición. Fondo FEN Colombia, Bogotá D. C., Colombia. 127 pp.
- Josse, C. 2010. Indicadores de integridad ecológica en bosques de roble. Documento interno de trabajo NatureServe. 44 pp.
- Lozano-C., G y R. Schnetter. 1976. Estudios ecológicos en el páramo de Cruz Verde, Colombia II. Las comunidades vegetales. *Caldasia* 12 (54): 53-68.

- Luteyn J. L., A. M. Cleef y J. O. Rangel. 1992. Plant Diversity in Paramo: Towards a checklist of paramo and a generic flora in paramo. Pp. 71-84. *En*: Balslev, H. y J. L. Luteyn (Eds.). 1992. Paramo: An Andean ecosystem under human influence. Academic Press, San Diego, Estados Unidos.
- McGarigal, K. y B. Marks. 1994. Fragstats - Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Oregon, State. 122 pp.
- McIntyre, S y Hobbs, R. 1999. A framework for conceptualizing human effects on landscapes and its relevance to management and research models. *Conservation Biology* 13 (6): 1282-1292.
- Mora-Osejo, L. E. 2002. La necesidad urgente de mantener el equilibrio dinámico del ciclo hídrico. Pp. 271-276. *En*: R. Jaramillo, C. Uribe, F. Hincapié, J. Rodríguez y C. Durán (Eds.). Memorias Congreso Mundial de Páramos. Vol. 1.
- Parrish, J. D., D. P. Braun y R. S. Unnasch. 2003. Are we conserving what we say we are? Measuring ecological integrity within protected areas. *BioScience* 53: 851-860.
- Pedraza-Peñalosa, P., J. Betancur y P. Franco- Rosselli. 2005. Chisacá, un recorrido por los páramos andinos. Segunda edición. Instituto de Ciencias Naturales e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 340 pp.
- Rangel, J. O. 1995. Consideraciones sobre la diversidad y la vegetación de alta montaña en Colombia. Pp. 33-60. *En*: Lozano, J. A. y J. D. Pabón (Eds.). Memorias del seminario-taller sobre alta montaña colombiana. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Editorial Guadalupe. Bogotá.
- Rangel, J. O. (Ed.) 2000. Colombia Diversidad Biótica III: la región de vida paramuna. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales, Bogotá D.C. 902 pp.
- Rangel, J. O. 2002. Biodiversidad en la región del páramo: con especial referencia a Colombia. Pp. 168-200. *En*: Jaramillo, C., C. Uribe, F. Hincapié, J. Rodríguez y C. Durán (Eds.). Memorias Congreso Mundial de Páramos. Tomo I.
- Rangel, J. O. y C. Ariza-N. 2000. La vegetación del Parque Nacional Natural Chingaza. Pp. 720-753. *En*: Rangel, J. O. (Ed.). Colombia diversidad biótica III: La región de Vida Paramuna. Editorial Unibiblos. Bogotá.
- Rangel, J. O. y H. Arellano 2010. Bosques de *Polylepis*: un tipo de bosques condenados a la extinción. Pp. 443-447. *En*: Rangel, J. O. (Ed.). Colombia Diversidad Biótica X: Cambio Global (Natural) y climático (antrópico) en el páramo colombiano. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Instituto de Ciencias Naturales. Bogotá.
- Rangel, J. O. y A. Velásquez. 1997. Métodos de estudio de la vegetación. Pp. 59-87. *En*: J. O. Rangel-Ch., P. Lowy y M. Aguilar (Eds.). Colombia Diversidad Biótica II. Tipos de vegetación en Colombia: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Sánchez, R. y J. O. Rangel. 1990. Estudios ecológicos en la cordillera Oriental colombiana V: Análisis fitosociológico de la vegetación de los depósitos turbosos paramunos de los alrededores de Bogotá. *Caldasia* 16 (77): 155-192.
- Sarmiento, L., L. D. Llambí, A. Ecalona y N. Márquez. 2003. Vegetation patterns, regeneration rates and divergence in an old-field succession of the high tropical Andes. *Plant Ecology* 166: 63-74.
- Sguerra, S., F. Cantillo, O. Rodríguez, Y. Alvarado, C. Paéz, E. Rico, D. Gonzáles, J. Sarria, D. Angulo y C. Boberg. 2011. Estudios básicos para establecer la factibilidad de declarar el páramo de Monquentiva (municipio de Guatavita) como nueva área natural protegida. Conservación Internacional. 531 pp.
- Sturm, H. y J. O. Rangel (Eds.). 1985. Ecología de los páramos andinos: Una visión preliminar integrada. Instituto de Ciencias Naturales-Museo de Historia Natural, Biblioteca José Jerónimo Triana 9: 1-292.
- Tierney L. G., D. Faber-Longendoen, B. Mitchell., W.G. Shriver y J. P. Gibbs. 2009. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7 (6): 308-316.
- Vargas, O. y P. Pedraza. 2003. Parque Nacional Natural Chingaza. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Colciencias. Unidad de Parques Nacionales. Acueducto de Bogotá. 226 pp.
- Vargas, O. y D. O. Rivera. 1990. El páramo un ecosistema frágil. *Cuadernos de Agroindustria y Economía Rural* 25: 145-163. Reimpreso en *Cuadernos Divulgativos* 2: 1-15.
- Vargas, O. y S. Zuluaga. 1980. Contribución al estudio fitoecológico de la región de Monserrate. Universidad Nacional de Colombia. Trabajo de Grado. 165 pp.
- Vargas, O. y S. Zuluaga 1985. Estudio fitoecológico en la región de Monserrate. Pp. 167- 224. *En*: Sturm, H. y O. Rangel, Ecología de los páramos andinos: una visión preliminar integrada, Biblioteca Triana 9. Editorial Guadalupe. Bogotá.
- Zambrano, H. M. Pardo y L. Naranjo. 2007. Evaluación de integridad ecológica – Propuesta metodológica. Herramienta para el análisis de la efectividad en el largo plazo en áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia. Bogotá D.C. Convenio WWF-Colombia, Parques Nacionales Naturales de Colombia, Instituto Alexander von Humboldt. 30 pp.

Anexo 1. Arreglo florístico de la vegetación boscosa en el páramo de Monquentiva.

Levantamiento	Lev4	Lev1	Lev5	Lev7	Lev6	Lev8	Lev2	Lev3	Lev9
Altitud	2.972	3.087	2.959	2.978	3.098	2.978	2.978	2.893	2.924
Área (500 m ²)	500	500	500	500	500	500	500	500	500
n especies	11	16	20	21	16	10	15	17	19
n individuos	97	119	165	54	90	84	105	95	62
Coordenada, N	1039591.1	1038076.8	1039435.8	1039387.9	1028422		1038782.9	1040647.8	1039838.5
Coordenada, W	1035276.8	1033811.6	1034381.8	1033762.7	1040357		1030643.6	1034935.9	1033043.2

Valores de abundancia absoluta

Gran formación de bosques de *Weinmannia balbisiana* y *Clusia multiflora*

<i>Clusia multiflora</i>	11	13	5	1	10	4	6	2	2
<i>Drinys granadensis</i>	1	19	6	13	6	2	2	12	4
<i>Weinmannia balbisiana</i>	4	3	13	10	27	46	30	12	7
<i>Brunellia colombiana</i>	5	11	13		4	9	16	3	9
<i>Hedyosmum bonplandianum</i>	17	14	44		1	12	22	16	12
<i>Cyathaea caracasana</i>	1	2	5	3	4	1	1	1	1
<i>Myrsine latifolia</i>		7		1	2		1	3	2
<i>Myrsine pellucida</i>			16	1	8	1			
<i>Tersstroemia meridionalis</i>	40	20	17					12	2

Bosques de *Drinys granadensis* y *Weinmannia tomentosa*

<i>Axinia macrophylla</i>	2	1	1	5					
<i>Psamisia sp. I AMC 955</i>	6	15	4	3					2
<i>Symplocos flosfragans</i>			1	1			1		
<i>Weinmannia tomentosa</i>		1	2	1				2	
<i>Chusquea scandens</i>		2	9				1		
<i>Palicourea vaginata</i>		1	1						
<i>Cestrum buxifolium</i>		1		2					
<i>Piper perverrucosum</i>	2		12						
<i>Geissanthus andinus</i>		2			2			1	
<i>Disterigma alaternoides</i>				1	5				

Bosques de *Brunellia colombiana* y *Weinmannia rotolii*

<i>Weinmannia rotolii</i>							8	5	4
<i>Gaillardetia punctatum</i>				1				3	2
<i>Tibouchina lepidota</i>			10					2	5
<i>Weinmannia pinnata</i>						1		10	1
<i>Nectandra laurel</i>								2	1
<i>Palicourea apicata</i>								7	3
<i>Cletra revoluta</i>								2	1
<i>Miconia cundinamaricensis</i>								3	1

Cont. **Anexo 1.** Arreglo florístico de la vegetación boscosa en el páramo de Monquentiva.

Levantamiento	Lev4	Lev1	Lev5	Lev7	Lev6	Lev8	Lev2	Lev3	Lev9
Altitud	2.972	3.087	2.959	2.978	3.098		2.978	2.893	2.924
Área (500 m ²)	500	500	500	500	500	500	500	500	500
n especies	11	16	20	21	16	10	15	17	19
n individuos	97	119	165	54	90	84	105	95	62
Coordenada, N	1039591.1	1038076.8	1039435.8	1039387.9	1028422		1038782.9	1040647.8	1039838.5
Coordenada, W	1035276.8	1033811.6	1034381.8	1033762.7	1040357		1030643.6	1034935.9	1033043.2
Otras especies presentes									
<i>Clethra fimbriata</i>	(Lev6/2; Lev9/1)		<i>Miconia ferruginea</i>		(Lev6/4)				
<i>Miconia elaeoides</i>	(Lev7/1; Lev8/3)		<i>Miconia AMC 1142</i>		(Lev6/8)				
<i>Bejaria resinosa</i>	(Lev7/1; Lev8/3)		<i>Momina phyllireoides</i>		(Lev7/1)				
<i>Blakea cuatreacsii</i>	(Lev2/8)		<i>Nectandra reticulata</i>		(Lev5/1)				
<i>Blechnum cordatum</i>	(Lev2/2)		<i>Ocotea calophylla</i>		(Lev8/5)				
<i>Blechnum schomburgkii</i>	(Lev7/3)		<i>Persea mutisii</i>		(Lev7/1)				
<i>Centronia mutabilis</i>	(Lev2/2)		<i>Podocarpus oleifolius</i>		(Lev5/1)				
<i>Cybianthus iteoides</i>	(Lev4/8)		<i>Syloceras laurifolium</i>		(Lev5/2)				
<i>Diplostegium ochraceum</i>	(Lev6/4)		<i>Symplocos bogotensis</i>		(Lev3/1)				
<i>Freziera sp.</i>	(Lev9/1)		<i>Symplocos mucronata</i>		(Lev9/1)				
<i>Glossoloma ichthyoderma</i>	(Lev5/1)		<i>Tibouchina grossa</i>		(Lev7/1)				
<i>Hedyosmum colombianum</i>	(Lev1/7)		<i>Viburnum lehmani</i>		(Lev7/1)				
<i>Macleania rupestris</i>	(Lev7/1)		<i>Weinmannia sp. (AMC1145)</i>		(Lev6/1)				
<i>Macrocarpaea glabra</i>	(Lev5/1)		<i>Xylosma spicatifera</i>		(Lev7/1)				

Anexo 2. Arreglo florístico de la vegetación paramuna en el páramo de Monquentiva.

Levantamientos	Lev10	Lev11	Lev12	Lev13	Lev14	Lev15	Lev16	Lev17	Lev18	Lev19	Lev20	Lev21	Lev22
Altitud	3.292	3.376	3.270	3.220	3.389	3.075	3.104	3.242	3.236	3.104	3.185	3.075	3.016
Área (100 m ²)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
n especies	20	15	16	14	14	9	13	16	13	19	20	3	3
Coordenada, N	1037052	1036915	1039189	1035417	1039587	1038389	1038614	1034175	1035901	1036283	1035147	1038389	1038151
Coordenada, W	1037246	1037817	1037343	1036202	1038305	1035686	1035923	1031069	1035953	1033263	1036371	1035686	1034661

Valores de Frecuencia relativa

Gran formación de matorrales de *Arcytophyllum nitidum* y *Diplostophium phylloides*

<i>Arcytophyllum nitidum</i>	5,7	33,6	0,5				2,0	0,5	2,5	1,0			
<i>Gaultheria anastomosans</i>	0,1	2,5	6,0		3,5	30,0	2,0		2,6	6,9	7,6		0,0
<i>Diplostophium phylloides</i>	5,0	2,5	0,5		0,6		0,3		1,1		3,1		
<i>Lachenilla</i> sp. 1.	0,5	17,5				10,0		0,5	3,5			1,0	
<i>Hypericum goyanesii</i>	2,0	38,0		0,5	20,0			3,0	1,3	2,5			4,0
<i>Calamagrostis efflusa</i>	2,0				2,0			2,5			5,4		
<i>Macleania rupestris</i>													
<i>Valeriana pilosa</i>				1,2				0,5					1,0
<i>Vaccinium floribundum</i>			0,5						0,5	1,5			
<i>Castratella piloselloides</i>		0,5			11,5				0,5				
<i>Puya</i> sp. 1	3,7			4,25	2,0			1,2					

Matorrales de *Hypericum goyanesii*

<i>Gynoxys fuliginosa</i>	0,1	2,16											
<i>Blechnum schonburgkii</i>	20,0			1,5				2,5					
<i>Hypericum juniperinum</i>	0,1			0,5									
<i>Pernettya prostrata</i>		2,5	1,25		4,0								

Matorrales de *Baccharis*

<i>vacciniifolia</i> <i>Hesperomeltes obtusifolia</i>	0,1					2,5							
<i>Drinys granadensis</i>													0,5
<i>Baccharis vacciniifolia</i>													1,3
<i>Gaidendron punctatum</i>													3,5
<i>Macrocarpaea glabra</i>													1,5
<i>Weinmannia microphylla</i>													18,0
<i>Weinmannia rolloti</i>													3,4
<i>Cyathea chimboracensis</i>													5,4
<i>Cyperaceae spp</i>													12,6
													10,0

Cont. Anexo 2. Arreglo florístico de la vegetación paramuna en el páramo de Monquentiva.

Levantamientos	Lev10	Lev11	Lev12	Lev13	Lev14	Lev15	Lev16	Lev17	Lev18	Lev19	Lev20	Lev21	Lev22
Altitud	3.292	3.376	3.270	3.220	3.389	3.075	3.104	3.242	3.236	3.104	3.185	3.075	3.016
Área (100 m ²)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
n especies	20	15	16	14	14	9	13	16	13	19	20	3	3
Coordenada, N	1037052	1036915	1039189	1035417	1039587	1038389	1038614	1034175	1035901	1036283	1035147	1038389	1038151
Coordenada, W	1037246	1037817	1037343	1036202	1038305	1035686	1035923	1031069	1035953	1033263	1036371	1035686	1034661

Valores de Frecuencia relativa

Gran formación de matorrales de *Arcytophyllum nitidum* y *Diplostegium phylloides*

Chuscales

<i>Chusquea tessellata</i>	2,0	2,0	2,0	1,0									
<i>Hydrocotyle bonplandii</i>	3,9	3,0	2,0	1,5	0,5					6,0			
<i>Uncinia hamata</i>	0,0	0,7	1,5	0,5				0,5					
<i>Puya cf. santosii</i>	21,2	1,5	1,5	0,8					0,6	1,5			

Fraijejonales de *Espeletia barclayana*

<i>Paepalanthus columbiensis</i>		9,15	1,1		10,85	6,4	1,7		3,5				
<i>Espeletia barclayana</i>			0,5		34,0	22,0	23,0						
<i>Monochaetum myrtildeum</i>						1,5	0,8			0,5			
<i>Bucquetia glutinosa</i>	3,1				0,0	0,5							
<i>Symplocos theiformis</i>	2,2			0,3	0,1	2,0		1,5					
<i>Puya goudotiana</i>						0,9	0,9	3,6					
<i>Espeletopsis corymbosa</i>		30,0				39,5							

Fraijejonales de *Espeletia grandiflora* y *Oreobolus goeppingeri*

<i>Espeletia grandiflora</i>			26,0					12,2	0,2				
<i>Oreobolus goeppingeri</i>		0,5				0,5		0,5	2,5				

Fraijejonales de *Espeletia argentea*

<i>Espeletia argentea</i>													39,0
---------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------

Cavendishia bracteata

Disterigma alaternoides

Gaultheria erecta

Myrsine dependes

Paepalanthus karstenii

Plutarchia gusacensis

Tibouchina lepidota

<i>Cavendishia bracteata</i>			0,5			2,0				0,2			
<i>Disterigma alaternoides</i>									0,5	0,4			0,5
<i>Gaultheria erecta</i>													0,4
<i>Myrsine dependes</i>								7,7					
<i>Paepalanthus karstenii</i>		0,5											
<i>Plutarchia gusacensis</i>			1,0			0,5							0,5
<i>Tibouchina lepidota</i>	3,5												

Cont. Anexo 2. Arreglo florístico de la vegetación paramuna en el páramo de Monquentiva.

Levantamientos	Lev10	Lev11	Lev12	Lev13	Lev14	Lev15	Lev16	Lev17	Lev18	Lev19	Lev20	Lev21	Lev22
Altitud	3.292	3.376	3.270	3.220	3.389	3.075	3.104	3.242	3.236	3.104	3.185	3.075	3.016
Área (100 m ²)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
n especies	20	15	16	14	14	9	13	16	13	19	20	3	3
Coordenada, N	1037052	1036915	1039189	1035417	1039587	1038389	1038614	1034175	1035901	1036283	1035147	1038389	1038151
Coordenada, W	1037246	1037817	1037343	1036202	1038305	1035686	1035923	1031069	1035953	1033263	1036371	1035686	1034661
Otras especies presentes													
<i>Arcytophyllum muticatum</i>	(Lev14/2)					<i>Acmispon wranglerianus</i>							(Lev22/1,5)
<i>Bejaria aestuans</i>	(Lev19/1)					<i>Miconia</i> sp.							(Lev20/2,2)
<i>Bomarea crassifolia</i>	(Lev16/1)					<i>Morella pubescens</i>							(Lev20/4,6)
<i>Puya</i> sp. 2	(Lev19/0,5)					<i>Nertera granadensis</i>							(Lev17/0,5)
<i>Clethra fimbriata</i>	(Lev20/6)					<i>Niphogeton glaucescens</i>							(Lev13/0,1)
<i>Clusia multiflora</i>	(Lev20/1,5)					<i>Orthosanthus chimboracensis</i>							(Lev13/0,3)
<i>Diplostegium tenuifolium</i>	(Lev20/3,5)					<i>Pentacalia guadalupe</i>							(Lev10/1,6)
<i>Elaphoglossum cuspidatum</i>	(Lev19/0,5)					<i>Puya</i> sp. 3							(Lev17/4,3)
<i>Ericaceae</i> spp	(Lev10/3)					<i>Rubus acanthophyllus</i>							(Lev16/1,6)
<i>Espeletia grandiflora</i>	(Lev13/4)					<i>Rubus bogotensis</i>							(Lev17/0,5)
<i>Gaylussacia buxifolia</i>	(Lev19/0,8)					<i>Tibouchina grossa</i>							(Lev12/5)
<i>Halenia cuatrecasasii</i>	(Lev14/0,1)					<i>Ugni myricoides</i>							(Lev20/0,01)
<i>Hydrocoryle bonplandii</i>	(Lev10/5)					<i>Viburnum tryphillum</i>							(Lev20/1)
<i>Hypericum</i> sp.	(Lev18/0,5)					<i>Weinmannia</i> sp. 1							(Lev20/0,4)
<i>Jamesonia</i> sp.	(Lev17/0,5)					<i>Xyris</i> sp. 1							(Lev17/0,5)

Anexo 3. Evaluación de cada atributo ecológico de los tipos de vegetación de páramo en el páramo de Monquentiva.

Meta focal de conservación	Dimensión del atributo ecológico	Descripción del estado ideal de la vegetación de páramo	Descripción del estado actual de la vegetación en el páramo
Páramo - turberas y tremadales	<p>Estructura</p> <p>Vegetación en cojines con coberturas esperadas y formando comunidades típicas de turberas y tremadales</p> <p>Cobertura del estrato herbáceo en >%</p>	<p>Vegetación de pantanos y turberas: esta se desarrolla usualmente sobre cubetas glaciares, en suelos con el nivel freático muy superficial. Allí abundan los musgos (<i>Sphagnum</i>) y las plantas que crecen con forma de cojines o tapetes</p> <p>Prados: vegetación con predominio del estrato rasante y generalmente presente en turberas o bordes de lagunas. Entre los elementos típicos están los cojines de <i>Plantago rigida</i>, <i>Xenophyllum humile</i> y <i>Distichia muscoides</i></p> <p>Geranio conferti-Calamagrostietum ligulatae-Breuteliotosum. Pastizal de 30 a 60 cm de altura con tapetes de musgo. Se distribuye entre los 3.400 y 3.580 m.</p> <p>Oritrophio peruviana - Oreoboletum venezuelensis. Cojines dominados por especies de cyperáceas. Se distribuye entre los 3.575 y 3.790 m e inclusive puede subir hasta 4.400 m.</p>	<p>Vegetación de pantanos y turberas: esta se desarrolla usualmente sobre cubetas glaciares, en suelos con el nivel freático muy superficial. Allí abundan los musgos (<i>Sphagnum</i>) y las plantas que crecen con forma de cojines o tapetes</p> <p>En la turbera domina 100% por el estrato herbáceo por <i>Espeletia argentea</i> (29 %), <i>Puya goudotiana</i> (14 %) e <i>Hypericum goyanesii</i> (9 %)</p> <p>Prados: vegetación con predominio del estrato rasante y generalmente presente en turberas o bordes de lagunas. Entre los elementos típicos están los cojines de <i>Geranium sibbaldioides</i>, <i>Plantago</i> sp. y <i>Azorella</i> sp., <i>Rynchospora ruiziana</i> y <i>Muhlenbergia cleefii</i></p> <p>Rynchospora ruiziana-Geranium sibbaldioides. Prados de 40 - 50 cm de altura con tapetes de musgo. Se distribuyen a los 2.956 m.</p> <p>Rynchospora oroboloidea-Muhlenbergia cleefii. Cojines dominados por especies de cyperáceas. Se distribuyen a los 2.956 m.</p>
	<p>Composición de la vegetación</p> <p>Número total de especies en turberas y tremadales del páramo y número total de especies indicadoras o diagnósticas</p>	<p>Alianza de Gentiano-Oritrophion</p> <p>Número total de especies (5-17 sp.)</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Geranio conferti-Calamagrostietum ligulatae-Breuteliotosum.</i> (8-17 sp.). - <i>Oritrophio peruviana-Oreoboletum venezuelensis.</i> (5-13 sp.) <p>Número de especies indicadoras (9)</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Geranium confertum</i> - <i>Calamagrostis ligulata</i> - <i>Breutelia chrysea</i> - <i>Marchantia plicata</i> - <i>Oritrophium peruvianum</i> - <i>Oreobolus venezuelensis</i> - <i>Rhancocarpus purpurace</i> - <i>Werneria humilis</i> var. <i>angustifolia</i> - <i>Bartsia laniflora</i> 	<p>Turberas y tremadales: 29 especies</p> <p>Número total de especies en prados del páramo: 15 sp.</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Rynchospora ruiziana - Geranium sibbaldioides</i> (10 sp.) - <i>Rynchospora oroboloidea - Muhlenbergia cleefii</i> (5 sp.) <p>Número de especies especies indicadoras (8)</p> <p><i>Geranium sibbaldioides, Oreobolus venezuelensis, Rynchospora oroboloidea, Bartsia</i> sp., <i>Rynchospora ruiziana, Muhlenbergia cleefii, Sphagnum magellanicum y Orthrosanthus chimboracensis</i></p>

Cont. **Anexo 3.** Evaluación de cada atributo ecológico de los tipos de vegetación de páramo en el páramo de Monquentiva.

Meta focal de conservación	Dimensión del atributo ecológico	Descripción del estado ideal de la vegetación de páramo	Descripción del estado actual de la vegetación en el páramo
Páramo - turberas y tremedales	Comunidades identificadas en las turberas y tremedales del páramo	<p>Vegetación de pantano: una alianza y dos asociaciones</p> <p>Alianza de <i>Gentiano-Oritrophion</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Geranio conferti</i>-<i>Calamagrostietum ligulatae</i>-<i>Breutelietosum</i> - <i>Oritrophio peruviana</i>-<i>Oreoboletum venezuelensis</i> 	<p>Vegetación de pantano: dos tipos de vegetación</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Rynchospora ruiziana</i>-<i>Geranium sibbaldioides</i>. Prados de 20 cm de altura con tapetes de musgo. Se distribuyen a los 2.956 m. - <i>Rynchospora oroboloidea</i>-<i>Muhlenbergia cleefii</i>. Cojines dominados por especies de ciperáceas. Se distribuyen a los 2.956 m.
	<p>Estructura</p> <p>Frailejones en densidades esperadas y formando comunidades típicas del páramo</p> <p>Cobertura del estrato arbustivo en >%</p>	<p>Frailejones: vegetación con un estrato arbustivo emergente conformado por las caulirósulas de <i>Espeletia</i>. Aunque se encuentra en toda la franja, es más frecuente en el páramo propiamente dicho. Las comunidades identificadas fueron:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Espeletio argenteae</i>-<i>Arcytophyllletum nitidi</i> (50%). Carácter secundario. - <i>Diplostephio phylicoidis</i>-<i>Espeletietum grandiflorae</i> (30%). Suelos bien drenados y sin disturbio. - Comunidad de <i>Espeletia uribei</i>. Altura de 4 a 5 m. Estrato arbustivo 30% 	<p>Frailejones: vegetación con un estrato arbustivo emergente conformado por las caulirósulas de <i>Espeletia</i>. Vegetación en regeneración desde hace 15 años y sin disturbio actual. Se encuentra en toda la franja desde los 2.956 hasta los 3.498 metros de altitud. Las comunidades identificadas fueron:</p> <p>Tipos de vegetación indicadores de buen estado de conservación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Oreobolus goeppingeri</i>-<i>Espeletia grandiflora</i> (22 %) <p>Tipos de vegetación indicadores de regeneración:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Puya goudotiana</i> y <i>Espeletiopsis corymbosa</i> (34 %) - <i>Arcytophyllum nitidum</i>- <i>Espeletia argentea</i> (80 %). Carácter secundario.
Páramo - frailejones	<p>Composición de la vegetación</p> <p>Número total de especies en frailejones y número total de especies indicadoras o diagnósticas</p>	<p>Frailejones</p> <p>Número total de especies (10 - 41 sp.)</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Espeletio argenteae</i>-<i>Arcytophyllletum nitidi</i> (10 - 17 sp.). - <i>Diplostephio phylicoidis</i>-<i>Espeletietum grandiflorae</i> (11- 35 sp.). - Comunidad de <i>Espeletia uribei</i> (27-41 sp.). 	<p>Frailejones (5 - 39 sp.)</p> <p>Tipos de vegetación indicadores de buen estado de conservación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Oreobolus goeppingeri</i>-<i>Espeletia grandiflora</i> (39 sp.) - <i>Castratella pilloselloides</i>-<i>Espeletia barclayana</i> (11 sp.) <p>Tipos de vegetación indicadores de regeneración:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Espeletiopsis corymbosa</i> y <i>Puya goudotiana</i> (32 sp.) - <i>Arcytophyllum nitidum</i>- <i>Espeletia argentea</i> (5 sp.)

Cont. **Anexo 3.** Evaluación de cada atributo ecológico de los tipos de vegetación de páramo en el páramo de Monquentiva.

Meta focal de conservación	Dimensión del atributo ecológico	Descripción del estado ideal de la vegetación de páramo	Descripción del estado actual de la vegetación en el páramo
Páramo - frailejonales	Composición de la vegetación Número total de especies en frailejonales y número total de especies indicadoras o diagnósticas	Número de especies indicadoras (7): - <i>Espeletia argentea</i> - <i>Arcytophyllum nitidi</i> - <i>Pentacalia abietina</i> - <i>Diplostephium phyllicoides</i> - <i>Espeletia grandiflora</i> - <i>Blechnum loxense</i> (<i>B. schomburgkii</i>) - <i>Espeletia uribei</i> (<i>E. barclayana</i>)	Número de especies indicadoras (7): - <i>Espeletia argentea</i> - <i>Arcytophyllum nitidi</i> - <i>Pentacalia abietina</i> - <i>Diplostephium phyllicoides</i> - <i>Espeletia grandiflora</i> - <i>Blechnum loxense</i> - <i>Espeletia barclayana</i>
	Comunidades identificadas en los frailejonales	Frailejonales y pajonales: cinco asociaciones - <i>Espeletio argenteae-Arcytophyllum nitidi</i> - <i>Diplostephio phyllicoidis-Espeletietum grandiflorae</i> - Comunidad de <i>Espeletia uribei</i>	Frailejonales: cuatro asociaciones - <i>Oreobolus goeppingeri-Espeletia grandiflora</i> - Comunidad de <i>Espeletia barclayana</i> - <i>Espeletiosis corymbosa</i> y <i>Puya goudotiana</i> - <i>Arcytophyllum nitidum-Espeletia argentea</i>
Páramo - pajonales	Estructura Pajonales en densidades esperadas y formando comunidades típicas del páramo	Pajonales: vegetación herbácea dominada por macollas de gramíneas y especialmente por el género <i>Calamagrostis</i> . Este tipo de vegetación está ausente en el subpáramo. Las comunidades identificadas fueron: - <i>Bartsio santolinifoliae-Calamagrostietum effusae</i> . 48% de cobertura relativa en el estrato herbáceo. - <i>Jamesonio imbricatae-Calamagrostietum bogotensis</i>	Pajonales: vegetación herbácea dominada por macollas de gramíneas y especialmente por el género <i>Calamagrostis</i> . Este tipo de vegetación está presente en el subpáramo. Los tipos de vegetación identificadas fueron: <i>Paepalanthus columbiensis - Calamagrostis effusa</i> (60 %). Cobertura del estrato herbáceo (80 %)
	Composición de la vegetación Número total de especies en Pajonales del páramo y número total de especies indicadoras o diagnósticas	Pajonales Número total de especies (9-39 sp.) - <i>Bartsio santolinifoliae-Calamagrostietum effusae</i> (16-39 sp.). - <i>Jamesonio imbricatae-Calamagrostietum bogotensis</i> (9-21 sp.)	Pajonales Número total de especies (20 sp.) - <i>Paepalanthus columbiensis-Calamagrostis effusa</i> (16 sp.) - <i>Chusquea tesellata - Calamagrostis effusa</i> (10 sp.)

Cont. **Anexo 3.** Evaluación de cada atributo ecológico de los tipos de vegetación de páramo en el páramo de Monquentiva.

Meta focal de conservación	Dimensión del atributo ecológico	Descripción del estado ideal de la vegetación de páramo	Descripción del estado actual de la vegetación en el páramo
Páramo - pajonales		<p>Número de especies indicadoras (9):</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Bartsia santolinifolia</i> - <i>Rynchospora macrocaeta</i> - <i>Halenia asclepianea</i> - <i>Gentianella corymbosa</i> - <i>Calamagrostis effusa</i> - <i>Dyctionema pavonia</i> - <i>Jamesonia imbricata</i> - <i>Senecio formosoides</i> - <i>Calamagrostis bogotensis</i> 	<p>Número de especies indicadoras (7):</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Bartsia</i> sp. - <i>Rynchospora macrocaeta</i> - <i>Halenia</i> sp. - <i>Calamagrostis effusa</i> - <i>Jamesonia imbricata</i> - <i>Paepalanthus columbiensis</i> - <i>Chusquea tessellata</i>
	Comunidades identificadas en los pajonales del páramo	<p>Pajonales: dos asociaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Bartsia santolinifoliae</i> - <i>Calamagrostietum effusae</i> - <i>Jamesonia imbricatae</i> - <i>Calamagrostietum bogotensis</i> 	<p>Pajonales: dos tipos de vegetación</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Paepalanthus columbiensis</i> - <i>Calamagrostis effusa</i> - <i>Calamagrostis effusa</i> - <i>Chusquea tessellata</i>
Páramo - chuscales	<p>Estructura</p> <p>Chuscales en densidades esperadas y formando comunidades típicas del páramo</p> <p>Cobertura del estrato arbustivo en >%</p>	<p>Chuscales: completamente dominados por <i>Chusquea tessellata</i>, una bambusoide conocida como chusque o bambú de páramo. Se desarrollan en suelos especialmente húmedos y encharcados, siendo mucho más abundantes en los páramos húmedos. Las comunidades identificadas fueron:</p> <p><i>Paepalantho karsteni</i> - <i>Chusquion tessellatae</i> all. nov.</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Chusqueo tessellatae</i> - <i>Aragoetum abietinae</i> (45 %). - <i>Sphagno magellanici</i> - <i>Chusquetum tessellatae</i> (63 %) <p>Disminución drástica de la cobertura <i>Calamagrostis effusa</i> y no <i>E. grandiflora</i> en el estrato rasante aparecen <i>Paepalanthus karstenii</i> Suelos encharcados</p>	<p>Chuscales: completamente dominados por <i>Chusquea tessellata</i>, una bambusoide conocida como chusque o bambú de páramo. Se desarrollan en suelos especialmente húmedos y encharcados, siendo mucho más abundantes en los páramos húmedos</p> <p><i>Chusqueo tessellatae</i> (50 %) - <i>Aragoetum abietinae</i> (20 %). Altura promedio de 1,5 m, dominado por el estrato arbustivo (70 %)</p>
	Composición de la vegetación	<p>Chuscales</p> <p>Número total de especies (8-39 sp.)</p> <p><i>Paepalantho karsteni</i> - <i>Chusquion tessellatae</i></p> <p>Chusqueo tessellatae- Aragoetum abietinae (8-18 sp.)</p> <p><i>Sphagno magellanici</i>- <i>Chusquetum tessellatae</i> (7-39 sp.)</p>	<p>Chuscales (17 sp.)</p> <p>Número total de especies (17 sp.)</p> <p><i>Chusqueo tessellatae</i> -<i>Aragoetum abietinae</i> (17 sp.)</p>

Cont. **Anexo 3.** Evaluación de cada atributo ecológico de los tipos de vegetación de páramo en el páramo de Monquentiva.

Meta focal de conservación	Dimensión del atributo ecológico	Descripción del estado ideal de la vegetación de páramo	Descripción del estado actual de la vegetación en el páramo
Páramo - chuscales	Composición de la vegetación Número total de especies en chuscales del páramo y número total de especies indicadoras o diagnósticas	Número de especies indicadoras (11): - <i>Paepalanthus karstenii</i> - <i>Chusquea tessellata</i> - <i>Aragoa abietina</i> - <i>Metzgeria</i> sp. (r) - <i>Oritrophium peruvianum</i> (r) - <i>Polytrichum juniperinum</i> (r) - <i>Campylopus pittieri</i> (r) - <i>Sphagnum magellanicum</i> (r) - <i>Everniastrum cirrhatum</i> (ep) - <i>Campylopus</i> sp. (r)	Número total de especies (17 sp.) - <i>Chusquea tessellata</i> - <i>Paepalanthus columbiensis</i> - <i>Aragoa abietina</i> - <i>Gaiadendron punctatum</i> - <i>Pernettya prostrata</i> - <i>Pentacallia pulchella</i> - <i>Buchetia glutinosa</i> - <i>Calamagrostis effusa</i> - <i>Espeletia argentea</i>
	Comunidades identificadas en los chuscales del páramo	Chuscales: una alianza y dos asociaciones <i>Paepalantho karsteni-Chusquion tessellatae</i> all. nov. - <i>Chusqueo tessellatae</i> - <i>Aragoetum abietinae</i> - <i>Sphagno magellanicum</i> - <i>Chusquetum tessellatae</i>	Chuscales: un tipo de vegetación - <i>Chusqueo tessellatae</i> - <i>Aragoetum abietinae</i>
Páramo - matorrales	Estructura Vegetación cerrada de la franja altoandina y subpáramo (bosques y matorrales) Estrato arbustivo con cobertura >60%	Matorrales: vegetación arbustiva presente en todo el páramo y especialmente en el subpáramo donde se destacan los arbustales dominados por <i>Castilleja</i> , <i>Diplostephium</i> , <i>Hypericum</i> y <i>Pentacalia</i> . Las comunidades identificadas fueron: <i>Diplostephio phylicoidis-Arcytophyllion nitidi</i> all.nov. - <i>Gaylussacio buxifoliae</i> - <i>Vaccinietum floribundi</i> (Arbustivo con 40-70 %). Suelos sueltos - <i>Castratello piloselloidis</i> - <i>Arcytophyllum nitidi</i> (38% de cobertura relativa) y <i>Calamagrostis effusa</i> (40 %)	Matorrales: vegetación arbustiva presente en todo el páramo y especialmente en el subpáramo donde se destacan los arbustales dominados por <i>Hypericum</i> , <i>Arcytophyllum</i> y <i>Aragoa</i> Los tipos de vegetación identificados fueron: <i>Arcytophyllum nitidum</i> y <i>Diplostephium phylicoides</i> - <i>Vaccinium floribundum</i> - <i>Gaultheria anastomosans</i> (arbustivo con 70 %) <i>Aragoa abietina</i> y <i>Puya goudotiana</i> (18%). Matorral bajo. Domina estrato herbáceo con 100% dominado por <i>Puya goudotiana</i> (18 %). Estrato arbustivo 93 % dominado por <i>Gaultheria anastomosans</i> (38 %)

Cont. **Anexo 3.** Evaluación de cada atributo ecológico de los tipos de vegetación de páramo en el páramo de Monquentiva.

Meta focal de conservación	Dimensión del atributo ecológico	Descripción del estado ideal de la vegetación de páramo	Descripción del estado actual de la vegetación en el páramo
	Estructura Vegetación cerrada de la franja altoandina y subpáramo (bosques y matorrales) Estrato arbustivo con cobertura >60%	<i>Geranio siboldioidis-Hypericion goyanessi all. nov.</i> - <i>Noticastro marginati-Hypericetum goyanessi.</i> Matorral bajo con un estrato dominado por <i>Hypericum goyanensis</i> con cobertura 50 % y <i>E. grandiflora</i> 5-18 % de cobertura. Sitios inclinados suelos secos a húmedos inclinados <i>Pernettyo prostratae-Pentacalietum nitidae.</i> Matorral bajo con un estrato dominado por <i>Pentacalia nitida</i> acompañada por <i>Hypericum goyanensis</i> . Sitios con buen contenido de agua en el suelo con pendientes bajas o medias	Matorrales de <i>Hypericetum goyanessi.</i> Matorral bajo con un estrato dominado por <i>Hypericum goyanensis</i> con cobertura promedio de 80 %
Páramo - matorrales	Composición de la vegetación Número total de especies en los matorrales del páramo y número total de especies indicadoras o diagnósticas	Matorrales del páramo Número total de especies (9-36 sp.) - <i>Gaylussacio buxifoliae-Vaccinietum floribundi</i> (9-37 sp.) - <i>Castratello piloselloidis-Arcytophylltetum nitidi</i> (15-23 sp.) - <i>Noticastro marginati-Hypericetum goyanessi</i> (12-21 sp.) - <i>Pernettyo prostratae-Pentacalietum nitidae</i> (15-27 sp.) Número de especies indicadoras (32 sp.) - <i>Vaccinium floribundum</i> (ar) - <i>Cladonia confusa</i> (r) - <i>Brachyotum strigossum</i> (ar) - <i>Gaylussacia buxifolia</i> (ar) - <i>Gaultheria anastomosans</i> (h) - <i>Lycopodium clavatum</i> (h) - <i>Weinmannia microphylla</i> (ar) - <i>Bucquetia glutinosa</i> (ar) - <i>Hypericum juniperinum</i> (h) - <i>Castratella piloselloides</i> (r) - <i>Castilleja fissifolia</i> (ar) - <i>Disterigma empetrifolium</i> (r) - <i>Niphogeton glaucescens</i> (h)	Matorrales del páramo Número total de especies (32-85 sp.) - <i>Arcytophyllum nitidum</i> y <i>Diplostephium phyllicoides</i> (85 sp.) - <i>Vaccinium floribundum - Gaultheria anastomosans</i> (27 sp.) - <i>Aragoa abietina</i> y <i>Puya goudotiana</i> (39 sp.) Número de especies indicadoras (24 sp.) - <i>Vaccinium floribundum</i> (ar) - <i>Brachyotum strigossum</i> (ar) - <i>Gaylussacia buxifolia</i> (ar) - <i>Gaultheria anastomosans</i> (h) - <i>Gaultheria erecta</i> (h) - <i>Lycopodium clavatum</i> (h) - <i>Weinmannia microphylla</i> (ar) - <i>Bucquetia glutinosa</i> (ar) - <i>Hypericum juniperinum</i> (h) - <i>Hypericum juniperinum</i> (h) - <i>Castratella piloselloides</i> (r) - <i>Disterigma empetrifolium</i> (r) - <i>Niphogeton glaucescens</i> (h)

Cont. **Anexo 3.** Evaluación de cada atributo ecológico de los tipos de vegetación de páramo en el páramo de Monquentiva.

Meta focal de conservación	Dimensión del atributo ecológico	Descripción del estado ideal de la vegetación de páramo	Descripción del estado actual de la vegetación en el páramo
Páramo - matorrales	Composición de la vegetación	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Rhynchospora paramorum</i> (h) - <i>Campylopus richardii</i> (r) - <i>Geranium lainzii</i> (r) - <i>Arcytophyllum nitidum</i> (ar) - <i>Noticastrum marginatum</i> (r) - <i>Leptodontium acutifolium</i> (r) - <i>Excremis coarctata</i> (h) - <i>Lobelia tenera</i> (r) - <i>Paepalanthus dendroides</i> (r) - <i>Bidens triplinervia</i> - <i>Acaena cylindrostachya</i> (h) - <i>Pernettya prostrata</i> (ar) - <i>Hypericum goyanesii</i> (ar) - <i>Arcytophyllum muticum</i> (r) - <i>Pentacalia nitida</i> (ar) - <i>Solanum flauhaulti</i> (h) - <i>Viola veronicifolia</i> (r) - <i>Hypnum amabile</i> (r) - <i>Oxalis</i> sp. (r) 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Rhynchospora macrochaeta</i> (h) - <i>Geranium multiceps</i> (r) - <i>Arcytophyllum nitidum</i> (ar) - <i>Paepalanthus karstenii</i> (r) - <i>Paepalanthus columbiensis</i> (r) - <i>Acaena cylindrostachya</i> (h) - <i>Pernettya prostrata</i> (ar) - <i>Hypericum goyanesii</i> (ar) - <i>Arcytophyllum muticum</i> (r) - <i>Pentacalia nitida</i> (ar) - <i>Arcytophyllum nitidum</i> (ar)
	Número total de especies en los matorrales del páramo y número total de especies indicadoras o diagnósticas	Matorrales del páramo: dos alianzas y cuatro asociaciones	Matorrales del páramo: tres tipos de vegetación y un gran grupo
	Comunidades identificadas en los matorrales del páramo	<p><i>Diplostephio phyllicoidis</i> - <i>Arcytophyllion nitidi</i> all. nov.</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Gaylussacio buxifoliae</i> - <i>Vaccinietum floribundi</i> - <i>Castratello piloselloidis</i> - <i>Arcytophyllietum nitidi</i> <p><i>Geranio siboldioidis</i>-<i>Hypericion goyanessi</i> all. nov.</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Noticastro marginati</i>-<i>Hypericetum goyanessi</i> - <i>Pernettyo prostratae</i>-<i>Pentacalietum nitidae</i> 	<p>Gran formación de <i>Arcytophyllum nitidum</i> y <i>Diplostephium phyllicoides</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Vaccinium floribundum</i> -<i>Gaultheria anastomosans</i> - <i>Aragoa abietina</i> y <i>Puya goudotiana</i> <p>Matorrales de <i>Hypericetum goyanessi</i>.</p>
	Vegetación cerrada de la franja altoandina y subpáramo (bosques y matorrales) Estrato arbustivo con cobertura > 60 % Abundante presencia de epifitas y trepadoras	Bosques achaparrados: este tipo de cobertura incluye bosquecitos mixtos con ejemplares de rodamonte (<i>Escallonia myrtilloides</i>), mortiño (<i>Hesperomeles obtusifolia</i>), encenillo (<i>Weinmannia spp</i>) y diferentes especies de Asteraceae y Ericaceae Dentro de este grupo también se pueden considerar otras formaciones vegetales cerradas como los bosques más bien uniformes de coloradito (<i>Polylepis quadrijuga</i>)	Bosques achaparrados: este tipo de vegetación incluye bosquecitos mixtos con ejemplares de rodamonte (<i>Escallonia myrtilloides</i>), mortiño (<i>Hesperomeles obtusifolia</i>), encenillos (<i>Weinmannia rollotti</i> y <i>Weinmannia microphylla</i>) y diferentes especies de Asteraceae y Ericaceae Este tipo de cobertura vegetal está fragmentada y puede alcanzar hasta 5 m de altura.

Cont. **Anexo 3.** Evaluación de cada atributo ecológico de los tipos de vegetación de páramo en el páramo de Monquentiva.

Meta focal de conservación	Dimensión del atributo ecológico	Descripción del estado ideal de la vegetación de páramo	Descripción del estado actual de la vegetación en el páramo
Páramo - bosques achaparrados	<p>Vegetación cerrada de la franja altoandina y subpáramo (bosques y matorrales)</p> <p>Estrato arbustivo con cobertura > 60 %</p> <p>Abundante presencia de epífitas y trepadoras</p>	<p>Con frecuencia este tipo de cobertura vegetal está fragmentado y puede alcanzar hasta 8 a 12 m de altura en sitios resguardados. Las comunidades identificadas fueron:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Drymis granadensis</i> - <i>Weinmannietum microphyllae</i> Estrato arbóreo <i>W. microphylla</i> y <i>D. granadensis</i> que alcanzan 15 m. con cobertura entre 25 - 50 % - Se distribuyen a manera de parches en terrenos escarpados con pendientes fuertes. - <i>Vicio andicolae</i>-<i>Ageratinetum tinifoliae</i>. Estrato arbustivo dominado por <i>Ageratina tinifolia</i> y <i>Baccharis prunifolia</i> (60-80%) junto con <i>Hypericum goyanesii</i> - Bosquecitos de <i>Escallonia myrtilloides</i> - Bosquecitos de <i>Polylepis quadrijuga</i> 	<p>El tipo de vegetación identificado fue:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Drimys granadensis</i> y <i>Weinmannia microphylla</i> Estrato arbustivo <i>W. microphylla</i> y <i>D. granadensis</i> que alcanzan 3 m con coberturas entre 8 -9 %. Se distribuyen a manera de parches en terrenos escarpados con pendientes fuertes - Bosquecitos de <i>Escallonia myrtilloides</i> distribuidos desde el límite entre la turbera y los matorrales de subpáramo a los 2.956 m
	<p>Composición de la vegetación</p> <p>Número total de especies en los bosques achaparrados del páramo y número total de especies indicadoras o diagnósticas</p>	<p>Vegetación cerrada y bosques achaparrados</p> <p>Número total de especies (19-39 sp.)</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Drymis granadensis</i> - <i>Weinmannia microphyllae</i> (19-38 sp.) - <i>Vicio andicolae</i> - <i>Ageratinetum tinifoliae</i> (24-36 sp.) - Bosquecitos de <i>Escallonia myrtilloides</i> - Bosquecitos de <i>Polylepis quadrijuga</i> <p>Número de especies indicadoras (20 sp.)</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Weinmannia microphylla</i> (Ar) - <i>Drimys granadensis</i> (Ar) - <i>Persea ferruginea</i> - <i>Escallonia myrtilloides</i> (ar) - <i>Myrsine dependens</i> (ar) - <i>Ilex kunthiana</i> (ar) - <i>Macleania rupestris</i> (ar) - <i>Thibaudia grantii</i> (ar) - <i>Chusquea spencei</i> (ar) - <i>Ageratina tinifolia</i> (ar) - <i>Baccharis prunifolia</i> (ar) 	<p>Vegetación cerrada y bosques achaparrados</p> <p>Número total de especies (32 sp.)</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Baccharis vacciniifolia</i> y <i>Weinmannia microphylla</i> (32 sp.) - Bosquecitos de <i>Escallonia myrtilloides</i> <p>Número de especies indicadoras (10 sp.)</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Weinmannia microphylla</i> (Ar) - <i>Weinmannia microphylla</i> (Ar) - <i>Drimys granadensis</i> (Ar) - <i>Escallonia myrtilloides</i> (ar) - <i>Myrsine dependens</i> (ar) - <i>Macleania rupestris</i> (ar) - <i>Chusquea tessellata</i> (ar) - <i>Baccharis prunifolia</i> (ar) - <i>Carex bondplandii</i> (h) - <i>Carex bomplandii</i> (h)

Cont. **Anexo 3.** Evaluación de cada atributo ecológico de los tipos de vegetación de páramo en el páramo de Monquentiva.

Meta focal de conservación	Dimensión del atributo ecológico	Descripción del estado ideal de la vegetación de páramo	Descripción del estado actual de la vegetación en el páramo
Páramo - bosques achaparrados	Composición de la vegetación	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Carex bondplandii</i> (h) - <i>Vicia andicola</i> (t) - <i>Calceolaria mexicana</i> (h) - <i>Rubus gachetensis</i> (h) - <i>Sibtorphia repens</i> (r) - <i>Cardamine albertii</i> (h) - <i>Berberis goudotii</i> (ar) - <i>Carex jamesonii</i> (h) - <i>Polylepis quadrijuga</i> 	
	Número total de especies en los bosques achaparrados del páramo y número total de especies indicadoras o diagnósticas		
	Comunidades identificadas en los bosques achaparrados del páramo	Vegetación cerrada y bosques achaparrados: cuatro asociaciones <ul style="list-style-type: none"> - <i>Drymis granadensis</i> - <i>Weinmannia microphyllae</i> - <i>Vicia andicola</i> - <i>Ageratinetum tinifoliae</i> - Bosquecitos de <i>Escallonia myrtilloides</i> - Bosquecitos de <i>Polylepis quadrijuga</i> 	Vegetación cerrada y bosques achaparrados: dos tipos de vegetación <ul style="list-style-type: none"> - <i>Baccharis vacciniifolia</i> y <i>Weinmannia microphylla</i> - Bosquecitos de <i>Escallonia myrtilloides</i>

Andrés Avella-M.
Fundación Natura
Subdirección de Investigación y Conservación
Programa de Doctorado - Instituto de Ciencias Naturales
Universidad Nacional de Colombia
eaavella@yahoo.com - aavella@natura.org.co

Selene Torres-R.
Fundación Natura
Subdirección de Investigación y Conservación
Programa de Maestría en Gerencia Ambiental
Universidad de los Andes, Colombia
storres@natura.org.co

Wilson Gómez-A.
Fundación Natura
Subdirección de Investigación y Conservación
wgomez@natura.org.co

Marco Pardo-P.
Fundación Natura
Subdirección de Investigación y Conservación
Programa de Doctorado Instituto de Ciencias Naturales
Universidad Nacional de Colombia
mpardo@natura.org.co

Los páramos y bosques altoandinos del pantano de Monquentiva o pantano de Martos (Guatavita, Cundinamarca, Colombia): caracterización ecológica y estado de conservación

Cítese como: Avella-M, A., S. Torres-R., W. Gómez-A. y M. Pardo-P. 2014. Los páramos y bosques altoandinos del pantano de Monquentiva o pantano de Martos (Guatavita, Cundinamarca, Colombia): caracterización ecológica y estado de conservación. *Biota Colombiana* 15 (Supl. 1): 3-39.

Recibido: 17 de diciembre de 2013
Aprobado: 4 de febrero de 2015

Evaluación de algunos marcadores de exposición a contaminantes en tres especies de bagres colombianos (Pisces: Siluriformes)

Evaluation of indicators of exposure to contaminants in three species of Colombian catfishes (Pisces: Siluriformes)

Jaime González-M., Miguel A. Landines, Javier Borbón, María L. Correal, Charles Sánchez y Liliana Rodríguez

Resumen

Se evaluaron ejemplares adultos de las especies capitán de la Sabana (*Eremophilus mutisii*), bagre rayado (*Pseudoplatystoma orinocoense* y *P. metaense*) y capaz (*Pimelodus grosskopfii*) (n=9-27/especie), provenientes del río Bogotá (Cundinamarca), Puerto López (Meta) y represa de Betania (Huila, Colombia), respectivamente. Se investigó la presencia de plomo en sangre, actividad colinesterasa (ChE) plasmática y micronúcleos eritrocíticos. Adicionalmente se evaluaron en muestras de agua los parámetros físico-químicos, metales (plomo, cadmio, hierro y zinc), hidrocarburos totales de petróleo (TPHs), benzo[a]pireno, organofosforados/carbamatos y los herbicidas glifosato y atrazina. Los principales hallazgos en los ejemplares fueron la presencia de plomo en sangre (93% capitanes, 44% bagres rayados y 28% capaces) con niveles por encima de 3,3 µg/dL, y una disminución significativa de la actividad ChE en el capitán de la sabana con respecto al bagre rayado y al capaz. No se presentó un número significativo de micronúcleos en alguna de las especies. En las aguas, se encontraron 7-14 ppm equivalentes de TPHs en río Bogotá y 1,5-3,5 ppm equivalentes en río Meta. También fueron encontradas trazas de glifosato (0,5-4,0 ppb) en áreas aledañas al río Meta. La naturaleza xenobiótica que tiene el plomo hace que su presencia en la sangre de los peces sea un hallazgo anormal, así como la presencia de TPHs y glifosato en algunas de las aguas muestreadas.

Palabras clave. Pimelodidae. Trichomycteridae. Contaminantes. Plomo. Colinesterasa.

Abstract

Mature specimens of three catfishes: Capitán de la Sabana (*Eremophilus mutisii*), Bagre Rayado (*Pseudoplatystoma orinocoense* and *P. metaense*) and Capaz (*Pimelodus grosskopfii*) (n=9-27/species) were sampled in the areas of Bogotá River, Puerto López (Meta) and Betania Dam (Huila, Colombia), respectively. Levels of blood lead, plasma cholinesterase (ChE) activity and erythrocytic micronuclei were investigated. Water samples from each location were analyzed for physico-chemical parameters, metals (lead, cadmium, iron and zinc), total petroleum hydrocarbons (TPHs), benzo[a]pyrene, screening test for organophosphates/carbamates and the herbicides glyphosate and atrazine. The main findings in the fish were the presence of lead above 3.3 µg/dL in the blood of 93 % of the Capitanes, 44% of the Bagres and 28% of the Capaces, as well as a lower ChE activity in the Capitán as compared to Bagre Rayado and Capaz. No significant numbers of micronuclei were found in any of the species. In the water samples, 7- 14 ppm equivalents of TPHs were found in the Bogotá River (Suesca) and 1.5 - 3.5 ppm in the Meta River. Levels of glyphosate (0.5 – 4.0 ppb) were found in the Meta River. The xenobiotic nature of lead makes its presence in the fish an abnormal finding, as is the presence of TPHs and glyphosate in the water samples.

Key words. Pimelodidae. Trichomycteridae. Pollution. Lead. Cholinesterase.

Introducción

Colombia es el segundo país de Suramérica con el mayor número de especies ícticas de agua dulce, registrándose un total de 1435 hasta la fecha. Este número representa un 5 % de todas las especies marinas y dulceacuícolas del mundo y un 29 % de las especies de aguas continentales desde el sur de México hasta Chile y Argentina. Los dos órdenes con el mayor número de especies son los Characiformes (637 especies, 44,4 %) y los Siluriformes (524 especies, 36,5 %) (Maldonado-Ocampo *et al.* 2008).

En los últimos años varios estudios han registrado descensos significativos en las cifras de capturas de peces en varias regiones del país. Así, en la cuenca del Magdalena se reporta un descenso del 90 % en los últimos 40 años, pasando de 80000 toneladas a menos de 10000 en este periodo de tiempo (Galvis y Mojica 2007, Gutiérrez *et al.* 2011). Por su parte, en la cuenca del Orinoco, Ramírez-Gil y Ajiaco-Martínez (2011) señalan un descenso de 7000 toneladas en los desembarcos pesqueros de 1997, a menos de 1000 para el año 2009, lo cual representa un disminución del 85 %. Así mismo, en el río Putumayo se pasó de 250 toneladas capturadas en 1992 a menos de 50 para el año 2009 (Agudelo *et al.* 2011).

Varias razones han sido consideradas para explicar los descensos en las capturas de poblaciones ícticas. Se han mencionado causas como la sobreexplotación pesquera, la deforestación y la contaminación de los cuerpos de agua, entre otras (Mojica *et al.* 2012). Dentro de las fuentes de contaminación existen varios grupos de compuestos químicos que potencialmente alteran la calidad del agua del país. Entre éstos se tienen: plaguicidas, metales, hidrocarburos, efluentes de la industria y residuos orgánicos por tratamiento inadecuado de aguas servidas. Colombia tiene una comercialización importante de plaguicidas superando los promedios de otros países de América Latina (ICA 2010). En la actividad minera, por su parte, ha habido un impulso importante por parte de los planes de desarrollo de los últimos gobiernos, particularmente en lo relacionado con la extracción de oro y carbón (Ponce 2012). En el sector de hidrocarburos y concretamente en la extracción

petrolera, la Agencia Nacional de Hidrocarburos ha indicado que el país alcanzó la cifra de un millón de barriles producidos al día (<http://www.anh.gov.co>), lo cual también aumenta los riesgos de contaminación ambiental durante el proceso extractivo. De otra parte, aunque Colombia no está dentro de los países con gran desarrollo industrial, en los últimos años los índices de producción del país generados por el Banco de la República (<http://www.banrep.gov.co/es/producción>) han mejorado en esta área, pero al mismo tiempo, los riesgos de que efluentes mal manejados o no tratados de las industrias que afectan la calidad de las aguas, han aumentado. En el campo de manejo de aguas residuales, desafortunadamente la disposición de las mismas no es la mejor, ya que según el propio Viceministerio del Agua y Saneamiento Básico, sólo el 9% de las aguas residuales del país son tratadas adecuadamente (<http://www.minvivienda.gov.co/agua>), haciendo que el mayor porcentaje de las mismas termine contaminando ríos, quebradas y otros cuerpos de agua del país.

El Libro Rojo de los Peces Dulceacuícolas de Colombia muestra que de las 81 especies incluidas por el riesgo al que se ven sometidas, 36 pertenecen al orden siluriformes, es decir, un 44% del total. En este reporte las 81 especies fueron clasificadas en las categorías: extintas (1,2 %), en peligro crítico (1,2 %), en peligro (4,9 %), vulnerables (59,3 %) casi amenazadas (29,6 %) y de preocupación menor (3,7 %). Las especies que se estudian en este trabajo son capitán de la Sabana (*Eremophilus mutisii*), bagre rayado (*Pseudoplatystoma orinocoense* y *P. metaense*) y capaz (*Pimelodus grosskopfii*), las cuales han sido clasificadas como *vulnerables* según el libro rojo (Mojica *et al.* 2012).

El objetivo general de esta investigación fue evaluar algunos biomarcadores de exposición a contaminantes en ejemplares de las tres especies de bagre antes mencionadas, los cuales fueron capturados en cuerpos de agua ubicados en las cuencas indicadas. Adicionalmente, se hicieron análisis fisicoquímicos y de algunos contaminantes del agua de las áreas correspondientes.

Material y métodos

Captura de los ejemplares

Ejemplares adultos (n= 9-27 / especie) de capitán de la Sabana (*Eremophilus mutisii*), bagre rayado (*Pseudoplatystoma orinocoense* y *P. metaense*) y capaz (*Pimelodus grosskopfii*) (Figura 1), fueron capturados entre el 27 de septiembre de 2012 y el 5 de diciembre de 2012 en la cuenca alta del río Bogotá (Suesca, Cundinamarca), río Meta (Figura 2), y cuerpos de agua vecinos, así como en la represa de Betania, respectivamente para cada especie. Los individuos fueron pesados y medidos, se tomó muestra de sangre heparinizada de la vena caudal para análisis cuantitativo de plomo, actividad colinesterasa (ChE) plasmática y presencia de micronúcleos.

Posteriormente, los peces fueron sacrificados mediante un corte medular en la región cervical y sometidos a una evaluación macroscópica de los órganos internos.

Análisis de plomo, micronúcleos y colinesterasa plasmática

Para el análisis de plomo se utilizó el método electroquímico estandarizado por Magellan Biosciences™. Un volumen de 50 µL de sangre de cada ejemplar fue transferido mediante capilar a un frasco vial con solución hemolizante. Luego de homogenizar la mezcla, se tomó parte de ésta con



Figura 1. a) Capitán de la Sabana (*Eremophilus mutisii*); b) Bagre rayado (*Pseudoplatystoma* sp.); c) Capaz (*Pimelodus grosskopfii*).



Figura 2 a) Río Meta; b) Pescador en río Meta.

un capilar de bulbo y se depositó sobre el sensor insertado en la cámara de lectura del equipo Lead Care II[®]. Luego de tres minutos de reacción, se registró el valor de plomo, expresándolo en $\mu\text{g}/\text{dL}$. El equipo fue calibrado previamente a las lecturas con estándares de concentración conocida de plomo. Para el análisis de micronúcleos se utilizó la técnica modificada de Al-Sabti y Metcalfe (1995). Se tomó un volumen de 3 μL de sangre y se ubicó sobre el extremo de una lámina portaobjeto, haciendo un extendido y permitiendo su secado a temperatura ambiente por 24 horas. Luego, la lámina se fijó en etanol absoluto durante 10 minutos para hacer una tinción posterior durante 15 minutos con solución de Giemsa (5% en buffer fosfato, $\text{pH}=6,8$). Para la identificación y cuantificación de los micronúcleos se utilizó un microscopio de luz (Olympus[™]) a una magnificación de 1000x. Un total de 3000 eritrocitos fueron evaluados por lámina, observando el número de células micronucleadas y su frecuencia por cada 1000 células (%). Los criterios para la identificación de un micronúcleo fueron: 1) separación clara del núcleo principal, 2) tamaño menor o igual a una tercera parte del núcleo principal, con forma redonda u ovalada y 3) igual color ó intensidad del núcleo principal. La actividad colinesterasa plasmática se midió mediante el método espectrofotométrico de Ellman *et al.* (1961). Una vez separado el plasma de la fracción celular sanguínea mediante centrifugación, fue almacenado a 4 °C y analizado tanto para actividad acetilcolinesterasa (AChE) como butirilcolinesterasa (BChE). La formación del ácido 5-tio-2-nitrobernzoico fue medida luego de 1 minuto de reacción registrando el delta de absorbancia a 405 nm de longitud de onda en un espectrofotómetro Stat Fax 3300[®] (Awareness Technology[™]). La actividad enzimática fue expresada como nanomoles de tiocolina / ml de plasma / minuto, utilizando el valor 13400 como coeficiente de extinción para hacer los cálculos finales.

Análisis físico-químico y de contaminantes en las aguas

De cada una de las zonas en donde se hizo el muestreo de los peces, se tomaron muestras de agua para análisis físico químico y detección de los herbicidas glifosato y atrazina, hidrocarburos totales de petróleo (TPH),

benzo[a]pireno, prueba tamiz para organofosforados/carbamatos y los metales plomo, cadmio, hierro y zinc. Los análisis físico químicos que se realizaron utilizando los kits *Fish Farming FFIA* (Hach[®]) para dureza y alcalinidad (titulación con EDTA y ácido sulfúrico), cloruro (titulación con nitrato de plata), nitrito (diazotización) y sulfato (turbidimetría). Para salinidad, conductividad y sólidos disueltos totales, las mediciones se hicieron utilizando el lector ExStik II[®] (Extech Instruments[™]). El pH fue medido mediante potenciometría (Lab 850, Schott Instruments[™]). Kits comerciales basados en la técnica de inmunoensayo competitivo con microplato de 96 pozos ó cubeta fueron usados para los análisis de glifosato (Abraxis[™], Cat.500086), atrazina (Hach[™], Cat. 27627-10), TPH (Hach[™], Cat. 2774300), benzo[a]pireno (Abraxis[™], Cat.530039) y organofosforados/carbamatos (Abraxis[™], Cat.550055). El análisis de metales se hizo mediante espectrofotometría de absorción atómica usando lámparas de cátodo hueco para cada metal (Espectrofotómetro Shimadzu AA-680[™]).

Análisis de resultados

Se hizo una valoración de los resultados encontrados a través de estadística descriptiva utilizando la media como parámetro de tendencia central y el error estándar como medida de dispersión. En el caso del bagre rayado, los valores de las especies *P. orinocoense* ($n=6$) y *P. metaense* ($n=3$), fueron agrupados para tener una sola lectura para el género. Los valores promedio encontrados en la actividad colinesterasa plasmática fueron comparados entre las especies a través de un análisis de varianza con un nivel de significancia del 95% ($\alpha=0,05$). La comparación entre actividad AChE y BChE para cada especie fue hecha con la prueba t-student. Para estos dos análisis estadísticos se empleó el programa Statistix 7.0[®]. Los valores de plomo en sangre y micronúcleos fueron analizados mediante comparación con reportes en otros estudios con similares características. Los resultados de las pruebas físico químicas y de contaminantes en las aguas fueron comparados con los de niveles máximos permitidos y rangos de clasificación de las variables analizadas.

Resultados

Biometría y distribución de sexos

Los pesos (g) y longitudes totales (cm) (promedio \pm error estándar) de los ejemplares capturados de cada especie fueron: bagre rayado, $6211,1 \pm 1862,1$ y $82,1 \pm 9,6$; capaz, $420,4 \pm 48,4$ y $34,9 \pm 1,1$ y capitán de la Sabana, $85,2 \pm 10,7$ y $21,7 \pm 0,9$. La distribución según el género de los ejemplares fue para bagre, cinco hembras, dos machos y un ejemplar no maduro sexualmente; capaz, 24 hembras, un macho y dos no maduros sexualmente y para capitán de la Sabana, 7 hembras y 8 machos.

Plomo en sangre

El 49% de los peces muestreados en las tres especies tuvieron valores de plomo en sangre entre 3,6 y 9,5 $\mu\text{g}/\text{dL}$. Los intervalos encontrados de concentración de plomo, el número de animales afectados en cada especie y el porcentaje correspondiente de los mismos se pueden observar en la Tabla 1.

Actividad colinesterasa plasmática

Los valores encontrados para la actividad colinesterasa plasmática (nanomoles tiocolina/ml plasma/minuto) fueron para AChE: bagre rayado, 1485 ± 186 ; capaz, 1425 ± 109 y capitán de la Sabana 142 ± 17 . En la BChE, los valores fueron en bagre rayado, 38 ± 4 ; capaz, 20 ± 2 y capitán de la Sabana 24 ± 2 . La actividad AChE fue significativamente más alta que la tipo BChE en cada una de las tres especies (t-student, $p < 0,05$). Por su parte en la actividad AChE, los valores mostrados por bagre rayado y capaz fueron

significativamente más altos que el encontrado en pez capitán (ANAVA, $p < 0,05$). Los resultados de actividad BChE fueron muy similares entre las tres especies y no tuvieron diferencias estadísticamente significativas entre éstas (Figura 3).

Micronúcleos eritrocíticos

Ninguna de las especies presentó valores de micronúcleos por encima de las medias que se establecen como valores de línea base. Los micronúcleos aparecieron en algunos ejemplares pero siempre por debajo de los valores designados como normales dentro de un extendido de sangre.

Parámetros físico-químicos y contaminantes en las aguas

Los resultados de las variables físico-químicas del agua y de los contaminantes de las mismas se pueden apreciar en las Tablas 2 y 3, respectivamente.

Discusión

Las especies bagre rayado (*P. orinocoense* y *P. metaense*), capaz (*P. grosskopfii*) y capitán de la sabana (*E. mutisii*), son bagres muy representativos de la ictiofauna del país, dada su importancia en la dieta de los colombianos y su capacidad bioindicadora de la condición de las aguas que habitan. Estas especies han sido clasificadas dentro de la categoría de vulnerables según el Libro Rojo de Peces Dulceacuícolas de Colombia (Mojica *et al.* 2012).

Tabla 1. Niveles de plomo en sangre ($\mu\text{g}/\text{dL}$) en ejemplares muestreados.

Especie	Intervalo de valores ($\mu\text{g}/\text{dL}$)	n ejemplares afectados	Ejemplares afectados (%)
Capitán de la Sabana (n=15)	3,7 - 7,8	14	93
Bagre rayado (n=9)	3,6 - 8,2	4	44
Capaz (n=25)	3,6 - 9,5	7	28

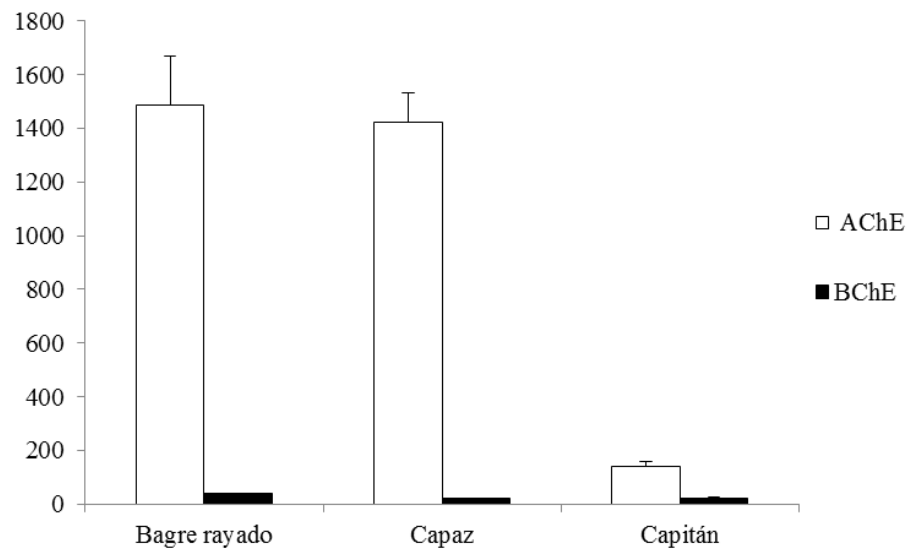


Figura 3. Actividades acetil- (AChE) y butiril-colinesterasa (BChE) (nmoles/ml plasma/minuto) (media ± D. E.) en bagres muestreados. Letras diferentes en barras de misma actividad = diferencia significativa entre especies, ANOVA, $p < 0,05$).

Tabla 2. Resultados de análisis físico-químicos de las aguas muestreadas. SDT = sólidos disueltos totales. ppm = partes por millón.

Punto de muestreo	pH	Dureza (ppm)	Alcalinidad (ppm)	Cloruro (ppm)	SDT (mg/L)	Conductividad (μ S/cm)	Salinidad (ppm)
Río Bogotá (Suesca)	6,0	34,2	17,1	30	57,3	95,3	47,3
Caño Nare (Meta)	5,4	17,1	17,1	60	8,7	14,6	7,3
Río Meta (Meta)	7,0	34,2	34,2	60	42,4	70,7	35,4
El Hobo (Huila)	8,5	51,3	34,2	60	87,8	140	60
Betania (Huila)	7,6	51,3	34,2	60	88,4	142	60

Tabla 3. Contaminantes presentes en las aguas muestreadas. ppb = partes por billón. ppm = partes por millón. Op - Cb = organofosforados – carbamatos. PTH = hidrocarburos totales de petróleo. N. D. = no detectado.

Punto de Muestreo	Glifosato (ppb)	Atrazina (ppb)	Benzo[a]pireno N. D.	Op - Cb (ppb)	Hierro (ppb)	Zinc (ppb)	Plomo (ppb)	Cadmio (ppb)	PTH (ppm)
Río Bogotá (Suesca)	0,2	N. D.	N. D.	N. D.	0,06	0,06	N. D.	N. D.	5,0
Caño Nare (Meta)	4,0	N. D.	N. D.	N. D.	0,99	0,04	N. D.	N. D.	2,0 – 5,0
Río Meta (Meta)	0,05 - 0,5	N. D.	N. D.	N. D.	0,86	0,05	N. D.	N. D.	2,0 – 5,0
El Hobo (Huila)	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	0,16	0,04	N. D.	N. D.	N. D.
Betania (Huila)	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	0,06	0,04	N. D.	N. D.	N. D.

Los riesgos para estas especies están en parte relacionados con las amenazas de tipo ambiental que han sido identificadas en las cuencas hidrográficas donde habitan. En el caso de la cuenca del Magdalena se mencionan entre los riesgos, la contaminación con desechos orgánicos y plaguicidas (PDAAA 2013), así como la modificación de su cauce para ampliar la frontera agrícola (Villa-Navarro 2012). En el caso del río Bogotá (subcuenca del Magdalena), también se han identificado contaminantes como metales pesados (Rodríguez *et al.* 2009) y plaguicidas (Salcedo *et al.* 2012), no sólo en las aguas sino en los tejidos del pez capitán. En la cuenca del Orinoco, vertimientos de subafuentes y aguas servidas sin tratamiento de poblaciones y ciudades del piedemonte llanero, están entre los riesgos de contaminación del agua en la región. Además, las fumigaciones aéreas y en tierra sobre cultivos de arroz, maíz, sorgo y palma africana pueden terminar por escorrentía en las fuentes de agua y en los cauces principales (Ramírez-Gil *et al.* 2012).

Los hallazgos más significativos de los análisis hechos en los peces de esta investigación fueron la presencia de plomo en sangre entera y la diferencia en la actividad colinesterasa entre las especies bagre y capaz con respecto al pez capitán de la Sabana. La presencia de plomo en sangre ocurrió en todas las especies, con porcentajes altos (49%) del total de individuos muestreados. De las especies estudiadas, el pez capitán fue el que presentó el mayor número de peces afectados (93 %), seguido del bagre rayado (44 %) y el capaz (28 %). Sin embargo, el valor individual más alto de Pb fue encontrado en un ejemplar de capaz (9,5 µg/dL). Como resultado de esto, el 49 % de todos los ejemplares de las tres especies presentaron valores de plomo en sangre entre 3,6 y 9,5 µg/dL. El plomo es uno de los metales pesados con mayor casuística de intoxicación en varias especies animales. Este metal afecta la síntesis de la fracción heme de la sangre. Además, el Pb es un agente neurotóxico que altera estructuras del sistema nervioso central por su capacidad para atravesar la barrera hematoencefálica e interferir con la acción reguladora del calcio en la célula, en particular con la acción de neurotransmisores como dopamina, acetilcolina y ácido gama-aminobutírico (GABA) (Thompson 2007). Los niveles de plomo sanguíneo

que pueden alterar la síntesis de fracción heme y consecuentemente provocar anemia en los peces, varían según la especie. Se ha reportado que para la mayoría de especies icticas, el valor de Pb sanguíneo que podría causar este efecto está por encima de 50 µg/dL (Schmitt *et al.* 2007). En el caso del bagre del canal norteamericano (*Ictalurus punctatus*) el valor umbral para este efecto se ha fijado en 10 µg/dL (Schmitt *et al.* 2005). Los peces del presente estudio que registraron valores de Pb en sangre, tuvieron un intervalo entre 3,6 y 9,5 µg/dL, el cual estaría cerca del valor establecido para *Ictalurus punctatus*. Sin embargo, la evidencia del efecto anemizante no fue evaluada en detalle en el presente estudio y por ello no podría afirmarse que las concentraciones encontradas incidieron en este factor. En un estudio hecho por Lombardi *et al.* (2010) en *Prochilodus lineatus* en Argentina, se encontró que los ejemplares capturados en los puntos que recibían aguas servidas no tratadas, alcanzaron valores entre 10 y 12 µg/dL de Pb en la sangre, intervalo que está muy cerca a los valores más altos hallados en la presente investigación. Las fuentes de Pb que pueden acceder como contaminante a las aguas son diversas. Los efluentes de minería (drenaje ácido) está dentro de las más frecuentemente mencionadas y reportadas en la literatura (Brumbaugh *et al.* 2005, Luoma y Rainbow 2008). Otras fuentes importantes de Pb son hidrocarburos pesados y livianos, soldadura, pinturas, baterías ó acumuladores, entre otros (Thompson 2007). En el presente estudio no se identificó una fuente puntual de descarga de Pb en las aguas en ninguno de los lugares. Se sabe en el caso del río Bogotá, que las fuentes de contaminación son múltiples, siendo una fuente directa de Pb los residuos de la actividad de curtiembre en el sector de Villapinzón (Cundinamarca) (Rodríguez *et al.* 2007), sin embargo, otras fuentes deben considerarse dado el proceso de contaminación continuo al que se ha visto sometido el río con otras fuentes industriales, plaguicidas, residuos de actividad agropecuaria y de aguas servidas. Es importante recordar que el 93% de los ejemplares muestreados del pez capitán en el río Bogotá presentaron valores de Pb por encima de 3,6 µg/dL. Estudios hechos previamente por nuestro grupo mostraron la acumulación de metales pesados (plomo, cromo y cadmio) en la musculatura de ejemplares del pez capitán capturados en la cuenca alta del río Bogotá (Rodríguez *et al.* 2009). De las zonas de Puerto López

y Betania no hay una evidencia directa de ingreso de Pb en las aguas, sin embargo, en el balance hecho por la Procuraduría Delegada para el Medio Ambiente (2013), se hace un énfasis particular en el alto nivel de contaminación que afecta al río Magdalena a lo largo de su cauce. En las especies capaz y bagre rayado no se encontraron reportes previos sobre acumulación de Pb en tejidos que permitieran hacer una comparación con lo reportado en el presente trabajo.

La actividad colinesterasa (ChE) es un biomarcador muy utilizado en toxicología (Nunes 2011). Esta enzima indica la capacidad de los terminales nerviosos para hidrolizar el neurotransmisor acetilcolina (ACh), evitando así la transmisión continua del impulso nervioso. Cuando la ChE, ya sea de tipo acetil (AChE) o butiril (BChE), hidroliza a la ACh, genera como productos el ácido acético y la colina. Esto permite la repolarización de la membrana nerviosa llevándola nuevamente a un estado de reposo, el cual favorece la respuesta a un nuevo estímulo (Timbrell 2000). Varios tipos de contaminantes pueden alterar la actividad ChE generando un cuadro tóxico en el sistema nervioso de los ejemplares expuestos a estos compuestos. Dentro de los contaminantes identificados como inhibidores de actividad ChE, están los insecticidas tipo organofosforado y carbamato, además de metales como el plomo, el cual también ha sido asociado con efectos en la actividad de esta enzima (Heath 1995, Thompson 2007, Borbón y González 2012).

Varios estudios han determinado la actividad ChE basal en diversas especies de peces. Chuiko *et al.* (2003) registraron para la AChE varios grados de expresión catalítica en las 16 especies analizadas, pertenecientes a cuatro familias (Cyprinidae, Percidae, Esocidae y Lotidae). Los valores de actividad AChE plasmática registrados para estas cuatro familias estuvieron entre 20 y 310 nmoles/ml/minuto. Por su parte, la actividad BChE sólo fue encontrada en los ciprínidos, con excepción de la carpa común, pero tuvo valores más altos que la actividad AChE (433-18050 nmoles/ml/minuto). De las especies estudiadas en el presente trabajo, solamente el pez capitán mostró valores dentro del rango de actividad AChE reportado por Chuiko *et al.* (op. cit.), con un valor de 142 ± 17 nmoles/ml/minuto, mientras que los valores en capaz y bagre fueron muy superiores, 1425 ± 109

y 1485 ± 186 nmoles/ml/minuto, respectivamente. La menor actividad ChE registrada en el pez capitán de la sabana podría obedecer a una menor actividad constitutiva de la especie con respecto a las otras o a efectos causados por inhibidores de la enzima, como los que se mencionaron anteriormente. Frente a la primera posibilidad, no se encontraron estudios hechos con esta especie en lugares diferentes al río Bogotá, de donde se pudiera obtener resultados de actividad ChE basal en capitanes provenientes de lugares no contaminados. Sobre la segunda posibilidad, en el presente estudio no se detectaron insecticidas tipo fosforado o carbamato con la prueba general que se hizo, sin embargo, en otro estudio reciente, se hallaron varios inhibidores de este tipo, tanto en las aguas del río como en el músculo de los peces capitán (Salcedo *et al.* 2012). Concretamente esta investigación reportó en la musculatura de los peces niveles de metil-bromofos (39,5 – 44,6 ppb, en 5 de 26 ejemplares), etil-bromofos (33,8 – 8709 ppb en 18 de 26 ejemplares) y metil-azinfos (23,9 – 55,6 ppb en 8 de 26 ejemplares). Estos compuestos hacen parte del grupo de insecticidas organofosforados, los cuales son los de mayor venta y uso en el país.

Teniendo como base de discusión el hallazgo de Salcedo *et al.* (op. cit.), la inhibición de la actividad ChE en pez capitán, encontrada en este trabajo, podría deberse a la exposición y acumulación de estos insecticidas en tejidos. La otra fuente de inhibición de la actividad ChE podría ser el plomo que se encontró simultáneamente en este estudio, especialmente en el pez capitán que fue la especie con el mayor número de ejemplares con este hallazgo. El Pb ha sido asociado con efectos sobre la utilización del calcio a nivel celular y posterior acción sobre la liberación de neurotransmisores como la ACh, sustrato de la ChE (Heath 1995, Thompson 2007). Algunos reportes en peces de otras especies han mostrado el efecto inhibitorio del Pb en la actividad ChE. Ejemplares de *Clarias batrachus*, un silúrido de origen asiático, expuestos por 150 días a 5 ppm de Pb, tuvieron una inhibición significativa de la actividad ChE, tipo acetil (Katti y Sathyanesan 1986). Sin embargo, en un estudio más reciente, trabajando con varios metales, solo la exposición aguda a cobre causó efectos en la ChE del pez *Gambusia holbrooki*, mientras que el plomo, zinc y cadmio no lo hicieron

(Brandão *et al.* 2013). Si bien algunos reportes evidencian la inhibición de la ChE por exposición a metales como el plomo, para algunos autores las concentraciones requeridas para causar este efecto están muy por encima de las que se necesitan en el caso de los insecticidas. Además en estos estudios se ha indicado que esas altas concentraciones analizadas en condiciones de laboratorio serían difíciles de encontrar en el ambiente natural (Sánchez-Hernández 2001). Dado que la presencia de plomo en las aguas no fue detectada en ninguna de las muestras del presente estudio, como se discutirá más adelante, la posibilidad de que la inhibición de la enzima AChE en el pez capitán se haya debido a la exposición a insecticidas fosforados sería mayor que por efecto del plomo, teniendo en cuenta que los insecticidas fosforados si han sido identificados en tejidos de ejemplares de la especie capturados en otros estudios.

Los resultados de los análisis físico químicos de las aguas en los puntos de muestreo estuvieron dentro de los intervalos esperados y ofrecieron, en términos generales, condiciones aceptables para las especies (Colt y Tomasso 2001). Los valores de pH estuvieron en el intervalo 5,4 - 8,5, siendo el valor más bajo el encontrado en caño Nare (Meta), aunque dentro del pH ligeramente ácido característico de esta región. Todas las aguas fueron blandas (< 75 ppm CaCO₃) y con bajas alcalinidades. Los valores de cloruro y salinidad total confirmaron la clasificación de las aguas como dulces, mientras que la conductividad y los sólidos disueltos totales también estuvieron dentro de un intervalo bajo. Todas las aguas fueron negativas a la presencia de nitrito, con excepción de las del río Bogotá. Sin embargo, el valor alcanzado en este lugar (0,42 ppm) no representó una variación muy significativa del ideal. Los valores de sulfato estuvieron también por debajo de 50 ppm y sólo la muestra en río Meta tuvo un resultado ligeramente más alto (60 ppm).

En lo relacionado con los contaminantes analizados, los resultados más significativos fueron la presencia de glifosato en las muestras de río Bogotá (0,2 ppb), caño Nare (4 ppb) y río Meta (0,05 - 0,5 ppb), así como la aparición de hidrocarburos en los mismos lugares, río Bogotá (5 ppm), caño Nare (2 - 5 ppm) y río Meta (2 - 5 ppm). El glifosato es el herbicida más utilizado

en Colombia (ICA 2010), no sólo para la erradicación de cultivos ilícitos como la coca y la amapola, sino para controlar malezas de cultivos como fresas y otros de importancia en la agricultura colombiana. Por ello su presencia en los análisis de aguas en dos de las tres regiones muestreadas es previsible. Sin embargo, las concentraciones encontradas en el presente trabajo, no estuvieron dentro de los valores de riesgo para consumos de poblaciones humanas o animales (0,7 ppm como máximo nivel admitido para aguas de consumo) (<http://www.epa.gov/safewater/pdfs>). Con respecto a efectos tóxicos en peces por exposición a aguas contaminadas con glifosato, los valores que se han identificado en peces nativos y de producción comercial en Colombia están en el intervalo de 1 a 90 ppm, es decir, muy por encima de los valores encontrados en esta investigación (González *et al.* 2007, González *et al.* 2012). Con respecto a la presencia de hidrocarburos en las aguas, también es importante anotar que éstos suelen ser contaminantes frecuentes dado su uso masivo. La prueba de TPH (hidrocarburos totales del petróleo) está diseñada para identificar la presencia de compuestos derivados del petróleo, con H y C, pero ninguno en específico. Es difícil establecer una concentración en particular para TPH que sea considerada nociva para la salud de humanos o animales ya que no se trata de una sustancia única sino de una mezcla de cientos de compuestos. Así, los valores variarán para compuestos aromáticos como los PAH (hidrocarburos policíclicos aromáticos), asociados a cáncer y otros efectos nocivos; en comparación a los de cadenas alifáticas y cortas. La EPA no ha establecido un nivel de riesgo para la salud para TPH como grupo y por ello en este sentido deberían consultarse los valores reportados para cada tipo de hidrocarburo. Por ejemplo, para benceno, tolueno y xileno, los valores máximos recomendados presentes en aguas de consumo son 0,005 ppm, 1 ppm y 10 ppm, respectivamente (<http://www.epa.org>). Los valores de TPH en el presente trabajo están por debajo de los que suelen darse en accidentes de derrames masivos de hidrocarburos u otros eventos severos de contaminación. Para los contaminantes atrazina, benzo[a]pireno, organofosforados/carbamatos y los metales plomo, cadmio, hierro y zinc no se detectaron valores en las muestras analizadas que pudieran confirmar alteración con respecto a parámetros ideales o concentraciones

máximas toleradas. En particular, el Pb no apareció en ninguna de las muestras aunque si se detectó en la sangre de los peces. En investigaciones anteriores en las que se detectaron metales (Pb, Cd y Cr) en el músculo del pez capitán, también estuvieron ausentes los registros de detección de estos metales en las aguas (Rodríguez *et al.* 2009).

Conclusiones

La detección de plomo en la sangre del 49% de los peces de este estudio fue un indicador de utilidad sobre la presencia de un agente xenobiótico y potencialmente tóxico en los ejemplares. Aunque los ejemplares no mostraron efectos fisiológicos o patológicos derivados de este hallazgo, es importante mantener una vigilancia sobre las implicaciones que pueda tener este hallazgo al futuro en el estado sanitario de las especies estudiadas.

Los valores disminuidos de actividad colinesterasa en el pez capitán de la Sabana, con respecto al bagre rayado y al capaz, sugieren una exposición a inhibidores de la enzima como es el caso de los insecticidas organofosforados, los cuales han sido detectados en estudios previos.

Aunque las concentraciones de glifosato y de hidrocarburos totales encontradas en las aguas no estuvieron dentro de los intervalos de riesgo para ocasionar intoxicaciones agudas en humanos o animales, es importante hacer seguimientos en estos cuerpos de agua para mantener un registro de las concentraciones de estos compuestos y sus implicaciones ambientales.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Ecopetrol por la financiación de este proyecto de investigación dentro de la Convocatoria de Biodiversidad 2011.

Bibliografía

Agudelo-Córdoba, E., C. L. Sánchez-Páez, C. A. Rodríguez, C. A. Bonilla-Castillo y G. A. Gómez. 2011. Diagnóstico de la pesquería en la cuenca del Amazonas. Capítulo 5. Pp. 143-166. *En*: Lasso, C.

- A., F. de P., Gutiérrez, M. A. Morales- Betancourt, E. Agudelo, H. Ramírez-Gil y R. E. Ajiaco-Martínez (Editores). II. Pesquerías continentales de Colombia: cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertiente del Pacífico. Serie Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, D.C., Colombia.
- Al-Sabti, K. y C. D. Metcalfe. 1995. Fish micronuclei for assessing genotoxicity in water. *Mutation Research* 343: 121-135.
- Brandão, F., A. T. Correia, F. Gonçalves y B. Nunes. 2013. Effects of anthropogenic metallic contamination on cholinesterases of *Gambusia holbrooki*. *Marine Pollution Bulletin* 76: 72-76.
- Borbón, J. F. y J. F. González. 2012. Exposición aguda a fentión en juveniles de cachama blanca (*Piaractus brachyomus*): efectos tóxicos, cambios en actividad colinesterasa y uso potencial en monitoreo ambiental. *Revista Ciencias de la Salud* 10 (especial): 43-51.
- Brumbaugh, W. G., C. J. Schmitt y T. W. May. 2005. Concentrations of cadmium, lead, and zinc in fish from mining-influenced waters of Northeastern Oklahoma: sampling of blood, carcass, and liver for aquatic biomonitoring. *Archives Environmental Contamination Toxicology* 49:76-88.
- Chuiko, G. M., V. A. Podgornaya y Y. Y. Zhelmin. 2003. Acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase activities in brain and plasma of freshwater teleosts: cross-species and cross-family differences. *Comparative Biochemistry and Physiology B* 135: 55-61.
- Colt, J. E. y J. R. Tomasso. 2001. Hatchery water supply and treatment. Pp. 91-186. *En*: Fish hatchery management. G. Wedemeyer (Ed.). 2nd Ed. American Fisheries Society, Bethesda, USA.
- Ellman, G. L., K. D. Courtney, V. Andres y R. M. Featherstone. 1961. A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochemical Pharmacology* 7 (2): 88-95.
- Galvis, G. y J. I. Mojica. 2007. The Magdalena River fresh water fishes and fisheries. *Aquatic Ecosystem Health and Management* 10 (2): 127-139.
- González, J. F., D. M. Ochoa, D. E. Figueredo, C. A. González. 2007. Efectos tóxicos del Roundup® (glifosato) en tilapia roja (*Oreochromis* sp.), yamú (*Brycon amazonicus*) y bocachico (*Prochilodus magdalenae*). *Revista Medicina Veterinaria y Zootecnia* 54 (2): 113-119.
- González, J. F., D. M. Ochoa, C. A. González, D. E. Figueredo, C. Montaña, C. Olmos, C. H. Moreno, P. C. Rojas y A. Jiménez. 2012. Resultados. *En*: J. F. González (Ed.). Contaminación de las aguas con glifosato y sus efectos tóxicos en ictiofauna nativa de Colombia.

- Editorial Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C. 71 pp.
- Gutiérrez, F. P., C. Barreto Reyes y B. Mancilla Páramo. 2011. Diagnóstico de la pesquería en la cuenca del Magdalena-Cauca. Cap. 1. Pp. 35-73. *En*: Lasso, C. A., F. de P., Gutiérrez, M. A. Morales-Betancourt, E. Agudelo, H. Ramírez-Gil y R. E. Ajiaco-Martínez (Editores). II. Pesquerías continentales de Colombia: cuencas del Magdalena- Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertiente del Pacífico. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.
- Heath, A. G. 1995. *Water Pollution and Fish Physiology*. 2nd Edition. CRC Lewis Publishers. Boca Ratón. 359 pp.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). 2010. Estadísticas de comercialización de plaguicidas. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá, D. C.
- Katti, S. R. y A. G. Sathyanesan. 1986. Lead nitrite induced changes in the brain constituents of the freshwater fish *Clarias batrachus* (L.). *Neurotoxicology* 7 (3):47-51.
- Lombardi, P. E., S. I. Peri y N. R. Verrengia Guerrero. 2010. ALA-D and ALA-D reactivated as biomarkers of lead contamination in the fish *Prochilodus lineatus*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 73: 1704-1711.
- Luoma, S. N. y P. S. Rainbow. 2008. Mining and metal contamination: science, controversies and policies. Pp. 293-326. *En*: Metal Contamination in Aquatic Environments: Science and Lateral Management. Cambridge University Press, New York.
- Maldonado-Ocampo, J. A., R. P. Vari y J. S. Usma. 2008. Checklist of the freshwater fishes of Colombia. *Biota Colombiana* 9 (2): 143-237.
- Mojica, J. I.; J. S. Usma, R. Álvarez-León y C. A. Lasso (Eds). 2012. Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia 2012. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia y Universidad de Manizales. Bogotá, D. C., Colombia, 319 pp.
- Nunes, B. 2011. The use of cholinesterases in ecotoxicology. *En*: D.M. Whitacre (Ed.), *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* 212: 29-59.
- Ponce, A. 2012. ¿Cuál locomotora?. El desalentador panorama de la minería en Colombia. Debate. Bogotá, D. C. 219 pp.
- Procuraduría Delegada para Asuntos Ambientales y Agrarios (PDAAA). 2013. Procuraduría General de la República de Colombia. Río Magdalena: Informe social, económico y ambiental. Barranquilla, Colombia.
- Ramírez-Gil, H. y R. E. Ajiaco-Martínez. 2011. Diagnóstico de la pesquería en la cuenca del Orinoco. Capítulo 6. Pp. 168-198. *En*: Lasso, C. A., F. P. Gutiérrez, M. A. Morales-Betancourt, E. Agudelo, H. Ramírez-Gil y R. E. Ajiaco-Martínez (Editores). II. Pesquerías continentales de Colombia: cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertiente del Pacífico. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.
- Ramírez-Gil, H. y R. E. Ajiaco-Martínez. 2011. *Brachyplatystoma juruense* (Siluriformes, Pimelodidae). Capítulo 7. Pp.401-403. *En*: Lasso, C. A., E. Agudelo Córdoba, L. F. Jiménez-Segura, H. Ramírez-Gil, M. Morales-Betancourt, R. E. Ajiaco-Martínez, F. de P. Gutiérrez, J. S. Usma Oviedo, S. E. Muñoz Torres, A. I. Sanabria Ochoa (Eds.) I. Catálogo de los Recursos Pesqueros Continentales de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D.C., Colombia.
- Ramírez-Gil, H., R. E. Ajiaco-Martínez y C.A. Lasso. 2012. *Pseudoplatystoma metaense* y *Pseudoplatystoma orinocoense*. Pp. 165-170. *En*: Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia 2012. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia y Universidad de Manizales. Bogotá, D. C., Colombia.
- Rodríguez, A., J. F. González y R. Suárez. 2007. Las amenazas para el capitán. Pp. 63-91. *En*: ¿Quién es el capitán? Editorial Universidad del Rosario, Bogotá.
- Rodríguez, A., J. F. González y R. Suárez. 2009. Accumulation of lead, chromium, and cadmium in muscle of capitán (*Eremophilus mutisii*), a catfish from the Bogotá River basin. *Archives Environmental Contamination Toxicology* 57:359-365.
- Salcedo, A., S. M. Díaz, J. F. González, A. Rodríguez y M. E. Varona. 2012. Exposición a plaguicidas en los habitantes de la ribera del río Bogotá (Suesca) y en el pez capitán. *Revista Ciencias de la Salud* 10 (Especial): 29-41.
- Sánchez-Hernandez, J. C. 2001. Wildlife exposure to organophosphorus insecticides. *Reviews Environmental Contamination Toxicology* 172: 21-63.
- Schmitt, C. J., J. J. Whyte, W. G. Brumbaugh y D. E. Tillitt. 2005. Biochemical effects of lead, zinc, and cadmium in the Tri-States district of northeastern Oklahoma, USA. *Environmental Toxicology and Chemistry* 24:1483-1495.
- Schmitt, C. J., J. J. Whyte, A. P. Roberts, M. L. Annis, T. W. May y D. E. Tillitt. 2007. Biomarkers of

metals exposure in fish from lead-zinc mining areas of Southeastern Missouri, USA. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 67: 31-47.

Thompson, L. J. 2007. Lead. Pp. 438-441 *En: Veterinary Toxicology, Basic and Clinical Principles*. R.C. Gupta (Ed.). Academic Press, New York.

Timbrell, J. 2000. Biochemical mechanisms of toxicity: specific examples. Pp. 259-353. *En: Principles of Biochemical Toxicology*. Taylor y Francis, Londres.

Villa-Navarro, F. A. 2012. *Pimelodus grosskopfii*. Pp. 141-143. *En: Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia 2012*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia y Universidad de Manizales. Bogotá, D. C., Colombia.

Jaime González-M.

AQUÁTICA - Grupo de Investigación en Toxicología Acuática y Ambiental - Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Bogotá, D.C., Colombia
jfgonzalezma@unal.edu.co

Miguel A. Landines

Grupo de Investigación en Fisiología de Peces - Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Bogotá, D.C., Colombia
malandinezp@unal.edu.co

Javier Borbón

AQUÁTICA - Grupo de Investigación en Toxicología Acuática y Ambiental - Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Bogotá, D.C., Colombia
jfborbonr@unal.edu.co

María L. Correal

AQUÁTICA - Grupo de Investigación en Toxicología Acuática y Ambiental - Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Bogotá, D.C., Colombia
mlcorreal@unal.edu.co

Charles Sánchez

Grupo de Investigación en Fisiología de Peces - Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia - Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Bogotá, D.C., Colombia
cosanchezr@unal.edu.co

Liliana Rodríguez

Grupo de Investigación en Fisiología de Peces - Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia - Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Bogotá, D.C., Colombia
lrodriguezv@unal.edu.co

Evaluación de algunos marcadores de exposición a contaminantes en tres especies de bagres colombianos (Pisces: Siluriformes)

Cítese como: González-M, J. F., M. Landines, J. Borbón, M. Correal, C. Sánchez y L. Rodríguez. 2014. Evaluación de algunos marcadores de exposición a contaminantes en tres especies de bagres colombianos (Pisces: Siluriformes). *Biota Colombiana* 15 (Supl. 1): 40-51.

Recibido: 11 de febrero de 2014

Aprobado: 20 de enero de 2015

Composición y riqueza íctica en quebradas y ríos del piedemonte de la cuenca del río Cusiana, Orinoquia colombiana

Composition and fish species richness in piedmont streams and rivers of the Cusiana River drainage in the Colombian Orinoco River Basin

Alexander Urbano-Bonilla, Saúl Prada-Pedrerros, Ángela Zapata, José I. Barrera-Cataño y Ana C. Moreno-Cárdenas

Resumen

Con el objeto de proporcionar información sobre la composición y riqueza de los peces del piedemonte de la Orinoquia colombiana (Tauramena - Casanare), se realizaron colectas bimestralmente (junio 2012- febrero 2013) y estandarizadas (artes-longitud-tiempo), para seis quebradas y tres ríos del piedemonte de la cuenca del río Cusiana, cuenca del Orinoco, Colombia. Se registraron 88 especies, 33 en quebradas y 78 para los ríos, agrupadas en seis órdenes, 24 familias y 56 géneros. La mayor riqueza la presentaron los órdenes Characiformes (43 sp.) y Siluriformes (34 sp.) y las familias Characidae (27 sp.) y Loricariidae (15 sp.). Los resultados obtenidos incrementan el número de especies para la cuenca media del río Cusiana en 26, para un total de 141. Nueve de estas habían sido consideradas como endémicas para otras subcuencas, registrándose un nuevo orden y familia (Synbranchiformes: Synbranchidae) y un género *Ceratobranchia*. Ocho especies de las reportadas necesitan ser confirmadas pues se trata de nuevos reportes. La importancia de la diversidad íctica y la intervención antrópica que sufre la cuenca del río Cusiana, hacen de esta investigación una herramienta para la conservación de estos ecosistemas acuáticos y sus especies de peces.

Palabras clave. Biodiversidad. Casanare. Conservación. Peces. Monitoreo.

Abstract

In order to provide information on the composition and richness of fish in the Colombian Orinoco piedmont (Tauramena - Casanare), collections were made every two months (June 2012 - February 2013), and standardized (arts-length-time), for six streams and three rivers from de Cusiana River piedmont, Orinoco River Basin, Colombia. 88 species where registered, 33 found on streams and 78 on rivers, there all grouped into six orders, 24 families and 56 genera. Two orders: Characiformes (43 sp.) and Siluriformes (34 sp.) and two families: Characidae (27 sp.) and Loricariidae (15 sp.) had the highest species richness. The results obtained increase the number of species to from the Cusiana River drainage by 26 species, for a new total of 141 species; nine of these had been considered endemic to other sub-drainages. There was also a record of a new order and family (Synbranchiformes: Synbranchidae) and a new genus *Ceratobranchia*. Eight of the reported species of the reported species require further confirmation because they are new records. The importance of fish diversity and human intervention that the Cusiana River drainage is suffering makes this research a tool for the conservation of this aquatic ecosystems and its fish species.

Key words. Biodiversity. Casanare. Conservation. Fishes. Monitoring.

Introducción

La red hídrica del piedemonte del Casanare la integran las cuencas principales de los ríos Cravo Sur, Pauto, Túa, Upía, Casanare, Guachiría y Cusiana, que drenan sus aguas al Orinoco por intermedio del río Meta (IGAC 1999). En estas cuencas dada la riqueza íctica (Urbano-Bonilla *et al.* 2009, Villa-Navarro *et al.* 2011, Maldonado-Ocampo *et al.* 2013), y los endemismos (Lasso *et al.* 2004, Abell *et al.* 2008, Machado-Allison *et al.* 2010), se han identificado áreas con alto valor para la conservación (Trujillo *et al.* 2011). Por otro lado, esta biodiversidad íctica está expuesta a actividades antrópicas, resultado de las diferentes formas de producción desarrolladas en esta región. Por lo tanto es fundamental aumentar el conocimiento que se tiene de los peces del piedemonte llanero para generar estrategias de manejo acordes con sus exigencias biológicas y ecológicas. En este sentido, es necesario conocer cuáles son las especies de peces de esta región y cómo se distribuye su riqueza en diferentes cuerpos de agua.

Considerando los primeros listados de especies (Ramírez y Viña 1998, Mojica 1999) hasta el más reciente (Urbano-Bonilla *et al.* 2009), la ictiofauna de las cuencas principales de la zona del piedemonte del Casanare ha crecido significativamente, siendo la cuenca del río Cusiana la de mayor riqueza íctica (115 sp.), reportándose 168 especies para esta región. Sin embargo, estos listados se centran en los ríos principales y algunos de sus afluentes, pero es poca o nula la información íctica de las quebradas que forman parte de estos sistemas. Por ello, esta investigación tiene como objetivo proporcionar información de la composición y riqueza de peces de seis quebradas y tres ríos del piedemonte de la cuenca del río Cusiana.

Material y métodos

Área de estudio

Las quebradas y ríos de esta investigación se encuentran cercanas al casco municipal de Tauramena (Casanare), el cual se ubica a 5°00'57" N y 72°45'02,5" O, a 486 m s.n.m. (Figura 1). Los valores multianuales promedio (1975-2013) muestran que la temperatura es

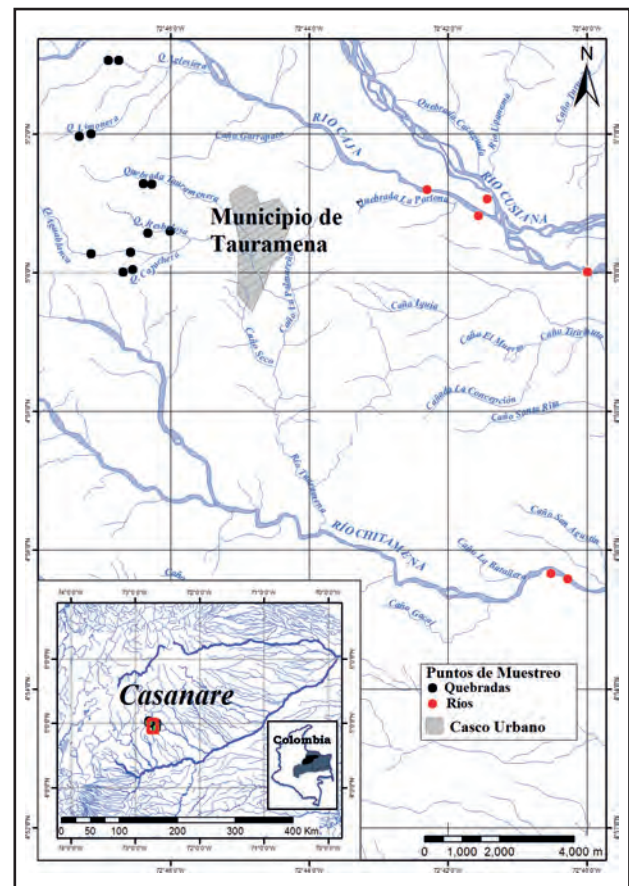


Figura 1. Área de estudio y puntos de muestreo de quebradas y ríos del piedemonte del Cusiana.

de 25,6 °C y la precipitación de 258,5 mm; esta es de tipo monomodal con máximos hacia mitad del año y mínimos al inicio de este (Ideam 2013).

Muestreos

Las colectas fueron realizadas bimestralmente desde junio de 2012 hasta febrero de 2013, abarcando todo el ciclo hídrico. Las quebradas muestreadas fueron Aguablanca, Resbalosa, Iglesias, Tauramenera, Limonera y Cajuchera (Figura 2). En estas el muestreo de peces se realizó en un tramo de 75 m, mediante el uso de diferentes artes de pesca: i) arrastres con red de 3 m de largo x 2,0 m de alto y ojo de malla de 0,5 cm, sobre diferentes sustratos durante 1 hora; ii) careta de buceo y “copo” (especie de atarraya pequeña de 50 cm de diámetro y 0,5 cm de ojo de malla); iii)



Figura 2. Quebradas muestreadas: a) Aguablanca; b) Resbalosa; c) Iglesiasia; d) Tauramenera; e) Limonera; f) Cajuchera.

lances de atarraya (de 1 cm de ojo de malla) y iv) pesca con nasa (3 personas) en diferentes hábitat (pocetas, hojarasca y raíces). Las tres últimas artes se emplearon simultáneamente por una hora.

En los ríos Cusiana, Caja y Chitamena (Figura 1) la captura se hizo por medio de un equipo de electropesca (SMITH-ROOT LR-24/50-900Vol), efectuando un transecto de 100 m de longitud, contracorriente y usando una red en el extremo inferior del transecto, de 6 x 2 m, con copo y con ojo de malla de 0,2 cm; posteriormente a lo largo del cuerpo de agua, se hicieron lances de atarraya durante una hora (2 cm diámetro de ojo). En cada uno de los sitios de estudio y periodos de muestreo, se tomaron *in situ* parámetros fisicoquímicos del agua mediante el empleo de un multiparámetros (YSI556 MPS).

Los ejemplares colectados se fijaron *in situ* en solución de formol al 10% para su posterior análisis en el laboratorio. Seguidamente, se depositaron y preservaron en etanol al 70 % en la Colección de Peces, del Museo Javeriano de Historia Natural “Lorenzo Uribe Uribe S.J”, bajo el acrónimo MPUJ.

Riqueza y composición

La identificación taxonómica de los peces se realizó hasta especie utilizando claves especializadas, literatura disponible a nivel de descripciones de especies y revisiones taxonómicas por parte de especialistas. El listado de especies sigue el sistema de clasificación propuesto por Reis *et al.* (2003) con modificaciones recientes propuestas por Oliveira *et al.* (2011) y Betancur-R. *et al.* (2014). El nombre válido actual de las especies se confirmó con Eschmeyer y Fricke (2013): <http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>.

Análisis de datos

Se tuvo en cuenta la matriz de abundancia de las especies por quebradas y ríos. La abundancia acumulada hace referencia a la sumatoria de las abundancias relativas. Además, se utilizó el índice de similitud de Jaccard (I_j), para cuantificar el grado de semejanza entre corrientes según su composición de especies.

Se realizaron dos tipos de aproximaciones para la comparación de la composición de las especies en las diferentes corrientes. Así, primero se compararon considerando dos grandes conjuntos, aquellas presentes en las quebradas vs. las que se encuentran en los ríos. Para este caso, se define especie exclusiva para las quebradas aquella registrada en por lo menos una de ellas y ausente en todos los ríos o exclusiva de ríos, si se presenta en por lo menos un río y ausente en todas las quebradas; las especies comunes, en este caso son aquellas que se presentan por lo menos en una quebrada y a la vez en por lo menos un río.

En la segunda aproximación se consideran especies exclusivas de uno de estos ambientes, aquellas que aparecen por lo menos una única vez en solo uno de estos conjuntos; para este caso, las comunes son las encontradas o bien en todas las quebradas o bien en todos los ríos.

A cada una de las especies le fueron asignadas las categorías definidas como endémicas (Machado-Allison *et al.* 2010), amenazadas (Mojica *et al.* 2012) y migratorias (Usma *et al.* 2013).

Resultados

Aspectos fisico-químicos

Los ríos se diferencian de las quebradas por presentar valores más altos de temperatura (26,4 °C vs. 24 °C) y conductividad (56,9 μ S vs. 3,7 μ S); los ríos presentaron valores de este último parámetro entre 16,4-111,2 μ S y las quebradas entre 2,1-6,5 μ S; es decir, son aguas poco mineralizadas. Los ríos, además, registraron un pH ligeramente básico durante todo el muestreo; entre tanto, en las quebradas este es ácido (4,9-5,9). Tanto los ríos como las quebradas presentaron aguas con altos niveles de oxígeno disuelto (7,0 y 8,0 mg/L) (Tabla 1).

Riqueza de especies

Se registraron 88 especies, 33 encontradas en las seis quebradas y 78 en los tres ríos; todas las anteriores representan a seis órdenes, 24 familias y 56 géneros (Anexo 1). Los órdenes Characiformes (43sp.; 48,9%) y Siluriformes (34 sp.; 38,6%) presentaron la mayor riqueza; los demás ordenes tienen entre cuatro y una

especie (Tabla 2). Las familias con mayor riqueza fueron Characidae (13 géneros y 27 sp.), Loricariidae (9 géneros y 15 sp.) y Heptapteridae (6 géneros y 11 sp.); las restantes 21 familias registran entre una y cinco especies (Tabla 3). A las especies registradas hasta el momento para el piedemonte de la cuenca del río Cusiana (115 sp.), se aportan 26 nuevos registros incluyendo un nuevo orden y familia (Synbranchiformes: Synbranchidae). Dentro de la familia Heptapteridae se encontró un nuevo género y especie aun no descritos. Se destaca la presencia de *Ceratobranchia* sp., siendo este género reportado

por primera vez para la Orinoquia en Colombia (Anexo1).

De las 88 especies registradas, *Cetopsorhamdia picklei* está incluida en el Libro Rojo de Peces de agua dulce de Colombia como casi amenazado (NT). Así mismo, se encontraron dos especies migratorias (*Prochilodus mariae* y *Salminus hilarii*) y nueve consideradas como endémicas para otras subcuencas de la Orinoquia: *Steindachnerina pupula*, *Prochilodus mariae*, *Bryconamericus cristiani*, *Imparfinis microps*, *Phenacorhamdia macarenensis*,

Tabla 1. Valores medios de las variables abióticas en cada sitio: pH, conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$), oxígeno disuelto (mg/l), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), velocidad de la corriente (m/s), ancho (m) y profundidad (m).

	Sitios	pH	$\mu\text{S}/\text{cm}^2$	mg/l	$^{\circ}\text{C}$	m/s	Ancho (m)	Prof. (m)
Quebradas	Tauramenera	5,4	2,1	7,5	24,3	0,3	2,8	0,2
	Cajuchera	5,0	3,0	7,3	23,3	0,2	1,8	0,1
	Limonera	4,9	5,4	8,0	23,5	0,3	2,8	0,1
	Aguablanca	5,1	2,4	7,5	24,1	0,3	3,0	0,2
	Iglesiera	5,9	6,5	7,5	25,2	0,5	3,7	0,4
	Resbalosa	5,4	2,9	7,0	23,7	0,1	2,6	0,1
Ríos	Caja	7,6	43,3	7,9	26,1	0,6	32,5	0,8
	Cusiana	7,7	111,2	8,0	25,2	0,4	33,9	0,9
	Chitamena	7,1	16,4	7,7	28,0	0,5	23,1	0,9

Tabla 2. Número y porcentaje de familias, géneros y especies para cada uno de los órdenes en las quebradas y ríos del piedemonte de la cuenca del río Cusiana.

Orden	Familia	%	Género	%	Especie	%
Characiformes	10	41,7	24	42,9	43	48,9
Siluriformes	8	33,3	23	41,1	34	38,6
Perciformes	1	4,2	3	5,4	4	4,5
Gymnotiformes	2	8,3	3	5,4	4	4,5
Cyprinodontiformes	2	8,3	2	3,6	2	2,3
Synbranchiformes	1	4,2	1	1,8	1	1,1
TOTAL	24	100	56	100	88	100

Tabla 3. Número de géneros y especies por familia en quebradas y ríos del piedemonte de la cuenca del río Cusiana.

Familia	Géneros	Especies
Characidae	13	27
Loricariidae	9	15
Heptapteridae	6	11
Crenuchidae	1	5
Cichlidae	3	4
Curimatidae	2	3
Trichomycteridae	3	3
Apteronotidae	2	3
Erythrinidae	2	2
Parodontidae	1	1
Prochilodontidae	1	1
Anostomidae	1	1
Lebiasinidae	1	1
Bryconidae	1	1
Triportheidae	1	1
Auchenipteridae	1	1
Pseudopimelodidae	1	1
Cetopsidae	1	1
Aspredinidae	1	1
Callichthyidae	1	1
Sternopygidae	1	1
Rivulidae	1	1
Poeciliidae	1	1
Synbranchidae	1	1

Pimelodella metae, *Lasiancistrus schomburgki*, *Lasiancistrus tentaculatus* y *Apteronotus galvisi* (Anexo 1).

Por otra parte, los géneros *Anablepsoides* dentro de Cyprinodontiformes; *Bryconamericus*, *Ceratobranchia*, *Creagrutus* y *Knodus* dentro de Characiformes; *Cetopsorhamdia*, *Chaetostoma*, *Imparfinis*, *Phenacorhamdia* y *Spatuloricaria* dentro de Siluriformes, requieren nuevas revisiones con

especialistas de estos grupos pues se trata de los primeros registros.

Las quebradas y ríos presentaron composición en especies similar menor al 20% (Jaccard < 0,2; coph. Corr.: 0,93), sin embargo la quebrada Iglesias, es más similar con los ríos (34%) (Figura 3) y exhibe la mayor riqueza entre las quebradas (Figura 4). Aunque es mayor el porcentaje de especies exclusivas en los ríos (62,5%) que en las quebradas (11,4%), ambos

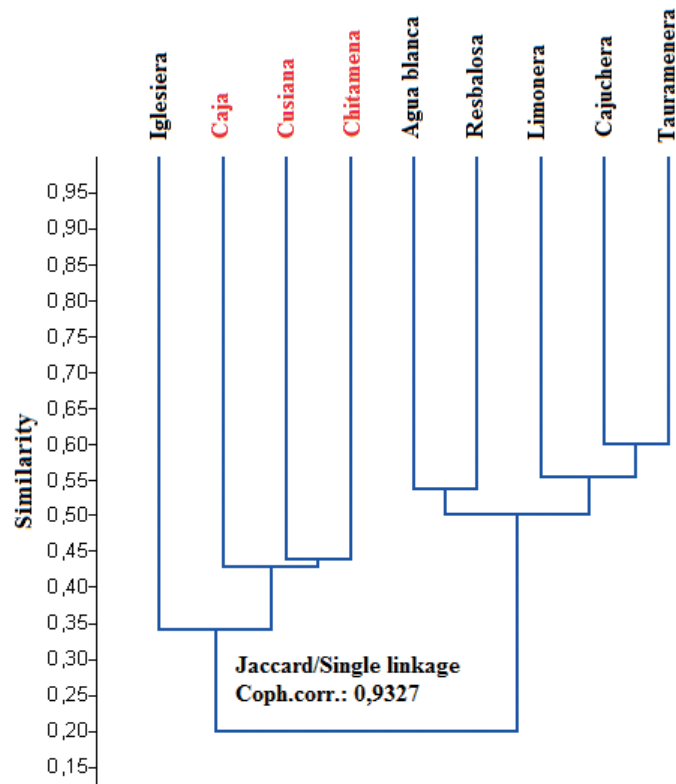


Figura 3. Valores del índice de similitud de Jaccard (I_j) para las quebradas y ríos del piedemonte de la cuenca del río Cusiana.

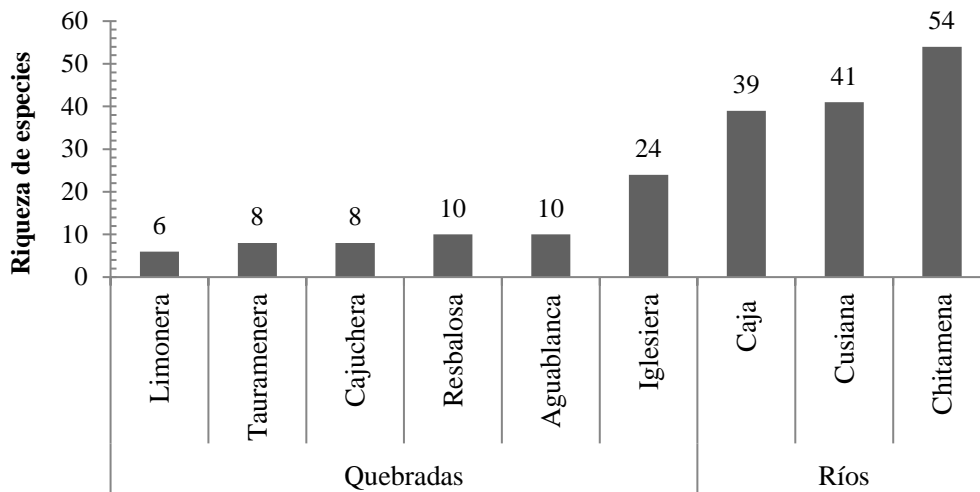


Figura 4. Riqueza de especies de quebradas y ríos del piedemonte de la cuenca del río Cusiana.

sistemas tienen 23 especies en común (26,1%). Comparando solo las especies encontradas en las quebradas, el 51,5% de estas son exclusivas y el 6,1% son comunes. Por otra parte, en los ríos el 56,4% de las especies fueron exclusivas en alguno de estos y 26,9% fueron compartidas (Anexo 1). Las quebradas con mayor riqueza de especies fueron Iglesiasia (24), Resbalosa y Aguablanca cada una con diez especies; las demás presentaron valores entre ocho y seis especies; en los ríos, el Chitamena presentó la mayor riqueza con 54 sp., seguido por Cusiana (41) y Caja (39) (Figura 4).

Abundancia relativa por sistema

Las especies *Bryconamericus* sp. (Figura 5a) y *Anablepsoides* sp. (Figura 5b) fueron las más abundantes en las quebradas Cajuchera, Tauramenera y Limonera, con abundancias acumuladas que corresponden a 87,8%, 91,9% y 97,5% respectivamente (Anexo 1). En la quebrada Aguablanca de las diez especies presentes (Figura 4), *Copella eigenmanni* (41,1%) (Figura 5c), *Bryconamericus* sp. (36,9%) y *Anablepsoides* sp. (18,5%), presentaron la más alta abundancia relativa. En la quebrada Resbalosa las tres especies más abundantes fueron *Bryconamericus* sp. (41,5%), *Anablepsoides* sp. (17%) y *Copella eigenmanni* (17%).

Por otra parte, la quebrada Iglesiasia que presenta la mayor riqueza (24sp.), las especies: *Bryconamericus* sp., *Hemibrycon metae* (Figura 5d), *Bryconamericus cismontanus* (Figura 5e), *Astyanax metae* (Figura 5f), y *Anablepsoides* sp., representan el 73,6% de la abundancia acumulada (Anexo 1).

En el río Caja la especie con la mayor dominancia en abundancia es *Chaetostoma dorsale* (32,4%) (Figura 6a); para el río Cusiana se presentan tres especies: *Chaetostoma cf. milesi* (20,4%) (Figura 6b), *Chaetostoma dorsale* (13,1%), y *Bryconamericus cismontanus* (11,4%); para el río Chitamena *Characidium* gr. *boavistae* (Figura 6c), *Bryconamericus cismontanus*, tienen el 14,3% y 14,2% respectivamente (Anexo 1).

Discusión

A pesar que aún se tienen vacíos de información en la composición y riqueza de la ictiofauna de las cuencas del piedemonte del Casanare que drenan hacia el río Meta (Casanare, Guachiría, Pauto, Cravo Sur, Túa, Upía y Cusiana), en los últimos años se ha incrementado considerablemente su conocimiento. Eso ocurre especialmente en la cuenca del río Cusiana que cuenta con mayor investigación (Mojica 1999,



Figura 5. a) *Bryconamericus* sp.; b) *Anablepsoides* sp.; c) *Copella eigenmanni*; d) *Hemibrycon metae*; e) *Bryconamericus cismontanus*; f) *Astyanax metae*.



Figura 6. a) *Chaetostoma dorsale*; b) *Chaetostoma cf. milesi*; c) *Characidium gr. boavistae*.

Urbano-Bonilla y Zamudio 2008, Urbano-Bonilla *et al.* 2009, Villa-Navarro *et al.* 2011). Los resultados de este trabajo aumentan el número de especies para la cuenca media del río Cusiana en 26, para un total de 141 (Figura 7). En estudios previos Trujillo *et al.* (2011), con datos de riqueza de especies, endemismos y amenazas, se categoriza la zona de piedemonte de la cuenca del río Cusiana como un área de alto valor para la conservación. Sin embargo, se debe prestar atención a las demás: Guachiría, Casanare, Upía, Túa, Pauto, Cravo Sur, debido que no han sido ampliamente investigadas y muy seguramente presentan una riqueza íctica regional importante, por lo tanto, pueden estar siendo subvaloradas en términos de áreas de conservación.

En las cuencas del Orinoco los órdenes Characiformes y Siluriformes, son los grupos más diversificados y los mayormente representados en la diversidad Neotropical de peces dulceacuícolas (Albert y Reis

2011). En las quebradas y ríos estudiados, estos dos grupos reúnen el 87,5% de las especies, mientras que Cichliformes, Gymnotiformes, Cyprinodontiformes y Synbranchiformes reúnen el 12,5% (Tabla 2). De igual manera, las familias con mayor representatividad específica fueron Characidae y Loricariidae (Tabla 3), este patrón también ha sido reportado en otros sistemas del Casanare (Urbano-Bonilla *et al.* 2009, Villa-Navarro *et al.* 2011, Maldonado-Ocampo *et al.* 2013).

De las 88 especies registradas, 10 (11,4%) son exclusivas de quebradas, 55 (62,5%) de ríos, y entre ambos sistemas se comparten 23 (26,1%). Los resultados anteriores destacan el papel de los ríos en términos de aportar en forma importante a la riqueza íctica de la región. Sin embargo, llama la atención el porcentaje relativamente alto de especies que se encuentran en los dos sistemas (quebradas vs. ríos) (26,1 %).

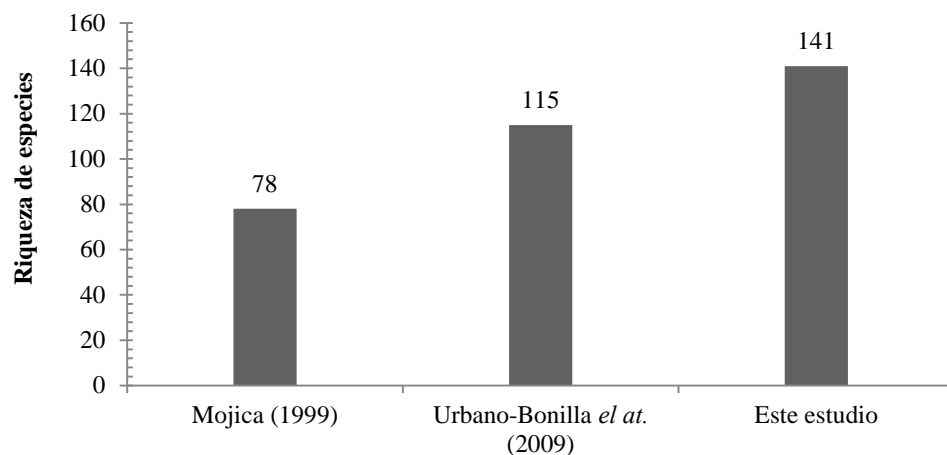


Figura 7. Riqueza de especies según estudios en el piedemonte de la cuenca del río Cusiana.

Por otro lado, la comparación dentro de cada conjunto muestra que el porcentaje de especies exclusivas en cada uno de ellos es alto: 51,5% y 56,4% para quebradas y ríos respectivamente (Anexo 1).

De las especies exclusivas en cada una de las seis quebradas, la Iglesias registra la mayor cantidad de especies (15 sp.) (Anexo 1). Esta corriente además de ser la más similar a los ríos en un 34% (Figura 3), presenta la mayor profundidad (0,4 m), ancho (3,7m), y velocidad de la corriente (0,5 m/s), si se compara con las demás quebradas (Tabla 1), es decir, la presencia de especies exclusivas, puede atribuirse a adaptaciones morfológicas como cuerpos de forma hidrodinámica capaces de remontar la corriente del agua (Winemiller *et al.* 2008) (*Hemibrycon metae*, *Creagrutus taphorni*, *C. bolivari*, *Astyanax* gr. *bimaculatus*, *Salminus hilarii*), y aletas pectorales muy desarrolladas que les permite además de nadar en contra corriente, apoyarse en el sustrato, tal como rocas, grava y arena (Buckup *et al.* 2000) (*Characidium* gr. *boavistae*, *C. zebra* y *Parodon apolinari*). En la quebrada La Resbalosa se observó una especie exclusiva *Synbranchus marmoratus* (anguilla), la cual presenta el cuerpo adaptado a ocupar ambientes crípticos y poco o nada adaptado a permanecer en sitios torrentosos (Maldonado-Ocampo *et al.* 2005). De las seis quebradas evaluadas, la Resbalosa exhibe la menor velocidad de la corriente (0,1m/s) (Tabla 1), lo cual posibilita su presencia.

Por otra parte, el río Chitamena ostenta el mayor número de especies exclusivas (22 sp.) (Anexo 1). En este río se encontraron grupos de peces que explotan diferentes biotopos, i) los peces torrentícolas, con bocas suctorias, y odontodes que les permite adherirse a las rocas en contra de la corriente (Winemiller *et al.* 2008) (*Loricariichthys brunneus*, *Farlowella mariaelenae*, *Lasiancistrus tentaculatus*, *Loricaria cataphracta*, *Spatuloricaria* sp.), ii) peces fusiformes, con cuerpo hidrodinámico capaces de remontar las corrientes fuertes (Maldonado-Ocampo *et al.* 2005; Winemiller *et al.* 2008) (*Knodus* sp. 1, *Aphyocharax alburnus*, *Hemigrammus barrigona*, *H. marginatus*, *Astyanax venezuelae*), y iii) peces de corriente lenta y asociados a raíces y vegetación ribereña sumergida (Winemiller *et al.* 2008) (*Steindachnerina pupula*, *Centromochlus romani*, *Eigenmannia virescens*, *Apteronotus*

albifrons, *Sternarchorhynchus oxyrhynchus*). Esta heterogeneidad de biotopos facilita una mayor oferta de microhábitat a ser ocupados y posiblemente de oferta alimentaria; además el río Chitamena físicoquímicamente es diferente a los demás ríos (Tabla 1), esto puede estar explicando el gran número de especies exclusivas.

Además, el 26,9% (21 sp.) de las especies son comunes en los ríos y solo dos (6,1%: *Bryconamericus* sp. y *Anablepsoides* sp.) de quebradas. Esto puede ser el resultado de que las condiciones físicoquímicas y ambientales de los ríos son más similares entre sí que aquellas presentadas en las quebradas. Esto realza aún más el valor de las quebradas en términos de mantenimiento y conservación de la riqueza íctica.

La riqueza de la comunidad de peces es diferente entre quebradas y ríos, siendo en estos últimos mayor (Figura 4). Situación que era previsible dado que en estos los patrones longitudinales muestran incremento en riqueza de especies que es progresivo desde las cabeceras o afluentes menores hasta su desembocadura, dadas por la mayor heterogeneidad espacial y mayores temperaturas conforme se disminuye en altitud y aumenta el tamaño de las corrientes (Vannote *et al.* 1980, Winemiller 1996).

La presencia de especies dominantes en las quebradas se encuentra influenciada por factores físicoquímicos del agua, aspectos de su ecología, tipo de hábitat y dieta. La abundancia puede estar dada por una alta explotación de diferentes microhábitat, es decir, si hay amplia disponibilidad de microhábitat la densidad de las especies será mayor (Lowe-McConnell 1999; Winemiller *et al.* 2008). Las quebradas evaluadas registran variación de las condiciones físicoquímicas (Tabla 1), las cuales posiblemente están definiendo la abundancia de especies. Así mismo, estas quebradas tienen en común que en sus lechos se forman complejos de charcas aisladas, temporales o permanentes y zanjas de corriente lenta, hábitat propicios para *Anablepsoides* sp. y *Copella eigenmanni*, peces pequeños (en promedio ≤ 6 cm) con formas poco o nada adaptadas a corrientes y por esto son las especies de mayor abundancia (Galvis *et al.* 2007). De igual manera, otra especie que es muy abundante, *Bryconamericus* sp., presenta un cuerpo fusiforme,

es decir adaptado a la zona de corriente, al igual que otras especies del género pueden aprovechar amplia variedad de recursos en este hábitat (Zamudio *et al.* 2008), lo que posiblemente permite su dominancia en este tipo de quebradas. Desde un punto de vista del estado de conservación de estas quebradas, las especies *Bryconamericus* sp., *Anablepsoides* sp. y *Copella eigenmanni*, además de ser dominantes, son carnívoras (insectívoras). La presencia notoria de este gremio puede ser considerado como indicador de la buena calidad del agua (Rodríguez-Olarte y Taphorn 1995) y en el área de estudio se asocia con aguas con altas concentraciones de oxígeno disuelto y bajas concentraciones de nutrientes y sólidos en suspensión (Prada-Pedrerros *et al.* 2013).

En los ríos las especies con mayores abundancias son diferentes para cada sistema. Así, para el río Caja es *Chaetostoma dorsale*, en el río Cusiana *Chaetostoma cf. milesi* y en el río Chitamina *Characidium* gr. *boavistae* y *Bryconamericus cismontanus*. Para el caso de los loricáridos, su abundancia está relacionada con las características de hábitat preferidas por estas especies (corrientes fuertes, sustratos pedregosos de granulometría gruesa y aguas claras), siendo utilizadas como indicadores de la buena condición de los ríos (Rodríguez-Olarte *et al.* 2006), al igual que las especies bénticas del género *Characidium* (Rodríguez-Olarte y Taphorn 1995). Este patrón en donde estas mismas especies exhiben las mayores abundancias ha sido reportado para ríos del piedemonte del Casanare (Urbano-Bonilla y Zamudio 2008).

En el área de estudio se registró una especie amenazada y nueve consideradas como endémicas para otras subcuencas de la Orinoquia (Anexo 1). Aunque la zona del piedemonte de la Orinoquia se ha considerado importante dado el alto grado de endemismos (Lasso *et al.* 2004, Abell *et al.* 2008, Machado-Allison *et al.* 2010), actualmente no se han desarrollado análisis biogeográficos que permita definir las áreas puntuales, lo cual es fundamental ante la frecuencia e intensidad de las actividades antrópicas (ganadería, minería, agricultura, extracción de caudales) que sufren estas cuencas y que seguramente pueden incidir en la pérdida o desplazamientos de especies en zonas afectadas.

Así mismo, se registraron dos especies (*Prochilodus mariae* y *Salminus hilarii*) que realizan migraciones aguas arriba (ribazones) con fines reproductivos (Anexo 1). Es de resaltar que en la mayoría de las cuencas de la Orinoquia las especies migratorias son capturadas en este proceso o simplemente cuando no han alcanzado su madurez sexual (Lasso *et al.* 2011). En la franja de piedemonte de la cuenca del Cusiana, en los ríos Caja, Cusiana y Chitamina, se evidencia pesca de estas especies para consumo, por lo cual se debe considerar desarrollar investigaciones sobre la dinámica de las poblaciones y sus exigencias biológicas y ecológicas, que permitan estimar cuotas de extracción y vedas de pesca; además de identificar las áreas con potencial reproductivo para las especies. Esto permitirá asegurar la capacidad de renovación de las poblaciones y ayudará a la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP) a lograr el ordenamiento del recurso pesquero.

El hallazgo de posibles nuevas especies (lo que inicialmente ha sido confirmado por especialistas) y de un nuevo reporte a nivel de género (*Ceratobranchia* sp.) para la Orinoquia en Colombia, sugiere que los inventarios en composición de especies para esta región pueden incrementar el número de estas conforme se realicen más investigaciones. En este sentido proyectos a través de alternativas de cooperación interinstitucional entre empresas petroleras y centros industriales, universidades, centros de investigación, corporaciones autónomas regionales y ONG, que involucren levantamientos sistemáticos y estandarizados no solo de la ictiofauna sino de las demás comunidades acuáticas, permitirán tener una aproximación de su composición y riqueza, información útil y necesaria para enfocar esfuerzos de manejo y conservación tanto de las cuencas del piedemonte, como de otros ecosistemas de la Orinoquia en Colombia.

Agradecimientos

Los autores extienden sus agradecimientos a Ecopetrol S. A. y a la Pontificia Universidad Javeriana, por la financiación del proyecto “Diversidad y estacionalidad en comunidades biológicas en quebradas bajo diferente grado de alteración en el municipio de

Tauramena, Orinoquia colombiana”. A los amigos y colegas por su profesionalismo, entrega y dedicación en cada una de las fases de campo del proyecto: Clara Molina G, Diana Quisobony, Karen Chacón, Samia M. Salomón, Jhazaira Mantilla, María Juliana Salcedo, Nubia Cuellar, Diana Rondón, Yulibey C. Ruiz, Edgar E. Herrera-Collazos, Deyanira Vanegas y Saúl Prada Moreno (Universidad Javeriana); Lucia Cely y Isabel Noguera (Unitrópico); Elisa Jimeno (Universidad Jorge Tadeo Lozano) y Pablo Alfonso, Pablo Ávila y Yeisson Segura (auxiliares en campo). A los señores Noemí Sanabria y Luis F. Suarez (e hijos), por su hospitalidad en Kiosco Verde. A Donald Taphorn, Javier Maldonado-Ocampo, Gustavo Ballen, Francisco Provenzano, Carlos DoNascimento y Jhon E. Zamudio por su valioso tiempo y comentarios en la verificación taxonómica de las especies.

Literatura citada

- Abell, R., M. L. Thieme, C. Revenga, M. Bryer, M. Kottelat, N. Bogutskaya, B. Coad, N. Mandrak, S. Contreras-Balderas, W. Bussing, M. L. J. Stiassny, P. Skelton, G. R. Allen, P. Unmack, A. Naseka, R. Ng, N. Sindorf, J. Robertson, E. Armijo, J. V. Higgins, T. J. Heibel, E. Wikramanayake, D. Olson, H. L. López, R. E. Reis, J. G. Lundberg, M. Sabaj-Pérez y P. Petry B. 2008. Freshwater ecoregions of the world: a new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. *BioScience* 58 (5): 403-414.
- Albert, J. S. y R. E. Reis (Eds.). 2011. Historical Biogeography of Neotropical Freshwater Fishes, 1st ed.; University of California Press: Berkeley, CA. 388 pp.
- Betancur-R, R., E. Wiley, N. Bailly, M. Miya, G. Lecointre y G. Ortí. 2014. Phylogenetic Classification of Bony Fishes. Version 3 (http://www.deepfin.org/Classification_v3.htm).
- Buckup, P. A., C. Zamprogno, F. Vieira y R. L. Teixeira. 2000. Waterfall climbing in *Characidium* (Crenuchidae: Characidiinae) from eastern Brazil. *Ichthyological Exploration of Freshwaters* 11: 273-278.
- Galvis G., J. I Mojica, F. Provenzano, C. A. Lasso, D. C. Taphorn, R. Royero, C. Castellanos, Y. Gutiérrez, L. Mesa, P. Sánchez y C. Cipamocha. 2007. Peces de la Orinoquia colombiana con énfasis en especies de interés ornamental. (Eds.). A. I. Sanabria-Ochoa, P. Victoria-Daza, I. C. Beltrán. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (Incoder), Universidad Nacional de Colombia - Departamento de Biología - Instituto de Ciencias Naturales. Bogotá, Colombia. 425 pp.
- Ideam (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia). 2013. Sistema de Información: Datos pertenecientes a la estación meteorológica: 351950.
- Igac (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). 1999. Casanare características geográficas. IGAC, Gobernación de Casanare, Asociación Santiago de las Atalayas y Coporinoquia. Bogotá D.C., Colombia. 356 pp.
- Lasso, C. A., J. I Mojica, J. S. Usma, J. A. Maldonado-Ocampo, C. DoNascimento. D. C. Taphorn, F. Provenzano, O. Lasso-Alcalá, G. Galvis, L. Vásquez, M. Lugo, A. Machado-Allison, R. Royero, C. Suárez y A. Ortega-Lara. 2004. Peces de la cuenca del río Orinoco. Parte I: Lista de especies y distribución por subcuencas. *Biota Colombiana* 5 (2): 95-158.
- Lasso, C. A., M. Morales-Betancourt y P. Sánchez-Duarte. 2011. Capítulo 5. Pp: 57-67. *En*: Lasso, C. A., E. Agudelo Córdoba, L. F. Jiménez-Segura, H. Ramírez-Gil, M. A. Morales- Betancourt, R. E. Ajiaco-Martínez, F. de Paula Gutiérrez, J. S. Usma, S. E. Muñoz Torres y A. I. Sanabria Ochoa (Eds.). Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia. I. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.
- Lowe-McConnell, R.H. 1999. Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. Pp. 19-38. *En*: Vazzoler, A. E. A. de M., A. A. Agostinho y P. T.M. Cunningham (Trads.). São Paulo: EDUSP.
- Machado-Allison, A., C. A. Lasso, J. S. Usma, P. Sánchez-Duarte y O. M. Lasso-Alcalá. 2010. Peces. Capítulo 7. Pp: 217-257. *En*: Lasso, C. A., J. S. Usma, F. Trujillo y A. Rial (Eds.). Biodiversidad de la cuenca del Orinoco: bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle e Instituto de Estudios de la Orinoquia (Universidad Nacional de Colombia). Bogotá, D.C., Colombia.
- Maldonado-Ocampo, J. A., A. Ortega-Lara, J. S. Usma, G. Galvis, F. A. Villa-Navarro, L. Vásquez, S. Prada-Pedreras y C. Ardila. 2005. Peces de los Andes de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, D.C. 345 pp.
- Maldonado-Ocampo, J. A., A. Urbano-Bonilla, J. V. Preciado y J. D. Bogotá-Gregory. 2013. Peces de la cuenca del río Pauto, Orinoquia colombiana. *Biota colombiana*. 14 (2) 33-52.
- Mojica, J. I. 1999. Lista preliminar de las especies de peces dulceacuícolas de Colombia. *Revista Academia*

- Colombiana de Ciencias 23 (Suplemento especial):* 547-566.
- Mojica, J. I., J. S. Usma, R. Álvarez-León y C. A. Lasso (Eds.). 2012. Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia y Universidad de Manizales. Bogotá, D. C. 164 pp.
- Oliveira, C., G. Avelino, K. Abe, T. Mariguela, R. Benine, G. Ortí, R. Vari R y R. C. Castro. 2011. Phylogenetic relationships within the speciose family Characidae (Teleostei: Ostariophysi: Characiformes) based on multilocus analysis and extensive ingroup sampling. *BMC Evolutionary Biology* 11(1): 275.
- Prada-Pedrerros, S., A. Urbano-Bonilla, A. C. Moreno-Cárdenas, A. Zapata, M. J. Salcedo y J. Barrera-Cataño. 2013. Diversidad y estacionalidad en comunidades biológicas en quebradas bajo diferente grado de alteración en el municipio de Tauramena, Orinoquia colombiana. Informe técnico Ecopetrol S.A. Bogotá, D.C. 189 pp.
- Ramírez, A. y G. Viña. 1998. Limnología Colombiana, Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. BP Exploration Company (Colombia) Ltda. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 293 pp.
- Reis, R., E. S. Kullander y Jr. C. Ferraris. (Organizadores). 2003. Check List of the freshwater fishes of South and Central America. Porto Alegre: EDIPUCRS. 729 pp.
- Rodríguez-Olarte, D y D. C. Taphorn. 1995. Peces como indicadores biológicos en la aplicación del índice de integridad biótica en ambientes acuáticos de los llanos occidentales de Venezuela. *Biollania* 11: 27-41.
- Rodríguez-Olarte, D., A. Amaro, J. Coronel, D. C. Taphorn y C. Donald. 2006. Integrity of fluvial fish communities is subject to environmental gradients in mountain streams, Sierra de Aroa, north Caribbean coast, Venezuela. *Neotropical Ichthyology* 4 (3): 319-328.
- Trujillo, A., C. Suárez., J. S. Usma, F. Trujillo, A. Bravo, M. Córdoba, F. Villa-Navarro, C. Yara, L. T. Ayala, A. Acosta, J. P. Alfaro, L. Castillo, J. Garavito, A. Urbano-Bonilla, J. Zamudio, J. Peña, D. Vergel, R. Combariza y J. Cuéllar. 2011. Ecosistemas estratégicos del Casanare: áreas de alto valor de conservación. Pp: 24-49. *En:*
- Usma, J. S y F. Trujillo (Eds.). 2011. Biodiversidad del Casanare: Ecosistemas Estratégicos del Departamento. Gobernación de Casanare - WWF Colombia. Bogotá, D. C.
- Urbano-Bonilla, A. y J. Zamudio. 2008. Peces del piedemonte del departamento de Casanare, Colombia. Tesis de grado. Fundación Universitaria Internacional del Trópico Americano - UNITROPICO. Programa de Biología. Yopal, Casanare, Colombia. 66 pp.
- Urbano-Bonilla, A., J. Zamudio, J. A. Maldonado-Ocampo, J. D. Bogotá-Grégory, G. Cortés-Millán y Y. López. 2009. Peces del piedemonte del departamento de Casanare, Colombia. *Biota Colombiana* 10: 149-162.
- Usma J.S., F. Villa-Navarro., C. A. Lasso, F. Castro, P. T. Zúñiga-Upegui, C. Cipamocha, A. Ortega-Lara, R. E. Ajiaco, H. Ramírez-Gil, L. F. Jiménez, J. A. Maldonado-Ocampo, J. Muñoz y J. T. Suárez. 2013. Peces dulce acuícolas de Colombia. Pp. 79-128. *En:* Zapata, L. A. y J. S. Usma (Eds.). Guía de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia. Peces. Vol. 2. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / WWF-Colombia. Bogotá, D.C. Colombia. 486 pp.
- Vannote. R., G. Waine. K. Cummins. J. Sedell y C. Cushing. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37: 130-137.
- Villa-Navarro, F., A. Urbano-Bonilla, A. Ortega-Lara, D. C. Taphorn y J. S. Usma. 2011. Peces del Casanare. Pp: 120-137. *En:* Usma J.S. y F. Trujillo (Eds.). Biodiversidad del departamento del Casanare, identificación de ecosistemas estratégicos. Gobernación del Casanare, WWF, Bogotá, D. C.
- Winemiller, K. O. 1996. Factors driving spatial and temporal variation in aquatic floodplain food webs. Pp. 298-312. *En:* G. A. Polis y K. O. Winemiller (Eds.). Food Webs: Integration of Patterns and Dynamics. Chapman and Hall, New York.
- Winemiller, K. O., A. A. Agostinho & P. E. Caramaschi. 2008. Fish ecology in tropical streams. Pp. 336-346. *En:* Dudgeon, D. (Ed.). Tropical Stream Ecology. California, Academic Press,
- Zamudio J., A. Urbano-Bonilla, J. A. Maldonado-Ocampo, J. D. Bogotá-Gregory y G. Cortés-Millán. 2008. Hábitos alimentarios de diez especies de peces del departamento del Casanare, Colombia. *Dahlia* 10: 43-56.

Anexo 1. Listado y abundancia (n individuos) de peces de quebradas y ríos del piedemonte de la cuenca del río Cusiana. Quebradas: 1) Tauramenera. 2) Cajuchera. 3) Limonera. 4) Aguablanca. 5) Iglesiasia. 6) Resbalosa. Ríos: 7) Caja. 8) Cusiana y 9) Chitamena. (CA) Categoría de Amenaza: (NT) Casi Amenazado. Migración: (T) Tipo. (ER) Estatus de residencia. (Mm) Migración mediana. (Lon) Longitudinal. (Rni) Migrante local. (Mc) Migración corta. (†) Nuevos registro para la cuenca. (*) Especies endémicas.

Taxón	Quebradas						Ríos			Migración		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	CA	T	ER
Orden Characiformes												
Familia Parodontidae												
<i>Parodon apolinari</i> Myers 1930					4		45	24	13			
Familia Curimatidae												
<i>Curimatopsis</i> sp. †							40					
<i>Steindachnerina argentea</i> (Gill 1858)								3				
<i>Steindachnerina pupula</i> Vari 1991 *									1			
Familia Prochilodontidae												
<i>Prochilodus mariae</i> Eigenmann 1922 *							1				Mm, Lon, Loc	Rni
Familia Anostomidae												
<i>Leporinus striatus</i> Kner 1858							1					
Familia Erythrinidae												
<i>Hoplerithynus unitaeniatus</i> (Agassiz 1829)				1		1						
<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch 1794)						2			1			
Familia Lebiasinidae												
Subfamilia Pyrrhulininae												
<i>Copella eigenmanni</i> (Regan 1912)				446		123						
Familia Characidae												
Subfamilia Aphyocharacinae												
<i>Aphyocharax alburnus</i> (Günther 1869)									6			
<i>Paragoniates alburnus</i> Steindachner 1876									1			
Subfamilia Characinae												
<i>Acestrocephalus boehlkei</i> Menezes 1977 †									1			
Subfamilia Cheirodontinae												
<i>Cheirodontops geayi</i> Schultz 1944 †							4	61				
<i>Odontostilbe splendida</i> Bührnheim y Malabarba 2007								1				
<i>Odontostilbe pulchra</i> (Gill 1858) †							3	1	64			
Clado Hemigrammus												
<i>Hemigrammus barrigonae</i> Eigenmann y Henn 1914				18	3	117			4			
<i>Hemigrammus marginatus</i> Ellis 1911									2			
Clado Astyanax												
<i>Astyanax abramis</i> (Jenyns 1842) †							1					
<i>Astyanax</i> gr. <i>bimaculatus</i> (Linnaeus 1758)					7		3		6			

Cont. **Anexo 1.** Listado y abundancia (n individuos) de peces de quebradas y ríos del piedemonte de la cuenca del río Cusiana. Quebradas: 1) Tauramenera. 2) Cajuchera. 3) Limonera. 4) Aguablanca. 5) Iglesias. 6) Resbalosa. Ríos: 7) Caja. 8) Cusiana y 9) Chitamena. (CA) Categoría de Amenaza: (NT) Casi Amenazado. Migración: (T) Tipo. (ER) Estatus de residencia. (Mm) Migración mediana. (Lon) Longitudinal. (Rni) Migrante local (Mc) Migración corta. (†) Nuevos registro para la cuenca. (*) Especies endémicas.

Taxón	Quebradas						Ríos			Migración		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	CA	T	ER
Orden Characiformes												
<i>Astyanax integer</i> Myers 1930					27		12	20	8			
<i>Astyanax metae</i> Eigenmann 1914			6		52		27	22	8			
<i>Astyanax venezuelae</i> Schultz 1944					1				1			
<i>Astyanax</i> sp.					1		1					
Subfamilia Stevardiinae												
<i>Bryconamericus alpha</i> Eigenmann 1914							1	3	7			
<i>Bryconamericus cismontanus</i> Eigenmann 1914		4	4	16	56		109	157	144			
<i>Bryconamericus cristiani</i> Roman-Valencia 1998 *				2								
<i>Bryconamericus</i> sp.	340	285	56	393	224	298	3					
<i>Bryconamericus</i> sp. 1		22			31	40	2					
<i>Ceratobranchia</i> sp. †							9					
<i>Creagrutus bolivari</i> Schultz 1944					4		104	71	5			
<i>Creagrutus taphorni</i> Vari y Harold 2001					18		54	32	10			
<i>Creagrutus</i> sp.					1		70		8			
<i>Gephyrocharax valencia</i> Eigenmann 1920								14	28			
<i>Hemibrycon metae</i> Myers 1930					80		50	44	31			
<i>Knodus</i> sp.							2		30			
<i>Knodus</i> sp. 1 †									17			
Familia Bryconidae												
Subfamilia Salmininae												
<i>Salminus hilarii</i> Valenciennes 1850					1			1			Mc	Rni
Familia Triportheidae												
Subfamilia Triportheinae												
<i>Engraulisoma taeniatum</i> Castro 1981 †									1			
Familia Crenuchidae												
Subfamilia Characidiinae												
<i>Characidium</i> gr. <i>boavistae</i> Steindachner 1915					7		63	89	145			
<i>Characidium chupa</i> Schultz 1944	11				13		30	16	47			
<i>Characidium zebra</i> Eigenmann 1909					6		2	4	14			
<i>Characidium</i> sp.					8							
<i>Characidium</i> sp. 1					4				2			

Cont. Anexo 1. Listado y abundancia (n individuos) de peces de quebradas y ríos del piedemonte de la cuenca del río Cusiana. Quebradas: 1) Tauramenera. 2) Cajuchera. 3) Limonera. 4) Aguablanca. 5) Iglesias. 6) Resbalosa. Ríos: 7) Caja. 8) Cusiana y 9) Chitamena. (CA) Categoría de Amenaza: (NT) Casi Amenazado. Migración: (T) Tipo. (ER) Estatus de residencia. (Mm) Migración mediana. (Lon) Longitudinal. (Rni) Migrante local (Mc) Migración corta. (†) Nuevos registro para la cuenca. (*) Especies endémicas.

Taxón	Quebradas						Ríos			Migración		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	CA	T	ER
Orden Siluriformes												
Familia Auchenipteridae												
Subfamilia Centromochlinae												
<i>Centromochlus romani</i> (Mees 1988) †									2			
Familia Pseudopimelodidae												
<i>Pseudopimelodus bufonius</i> (Valenciennes 1840)								1				
Familia Heptapteridae												
Heptapteridae gen 1. sp. 1 †							19	16	51			
<i>Cetopsorhamdia orinoco</i> Schultz 1944							135	64	61			
<i>Cetopsorhamdia picklei</i> Schultz 1944							5	1	4	NT		
<i>Cetopsorhamdia</i> sp. 1 †								28	1			
<i>Imparfinis microps</i> Eigenmann y Fisher 1916 †*	12	10	5	2		3						
<i>Imparfinis</i> sp.								2				
<i>Nemuroglanis mariaei</i> (Schultz 1944) †	1											
<i>Phenacorhamdia cf. macarenensis</i> Dahl 1961 †*								7				
<i>Pimelodella metae</i> Eigenmann 1917 †*								10	7			
<i>Pimelodella</i> sp.								1				
<i>Rhamdia quelen</i> (Quoy y Gaimard 1824)	2	1					1					
Familia Cetopsidae												
Subfamilia Cetopsinae												
<i>Cetopsis orinoco</i> Schultz 1944								8	3			
Familia Aspredinidae												
<i>Hoplomyzon seppapilostoma</i> Taphorn y Marrero 1990							30	5				
Familia Trichomycteridae												
Subfamilia Trichomycterinae												
<i>Trichomycterus knerii</i> Steindachner 1882							19	19	2			
Subfamilia Stegophilinae												
<i>Ochmacanthus alternus</i> Myers 1927								1				
<i>Schultzichthys bondi</i> (Myers 1942) †								1	24			
Familia Callichthyidae												
Subfamilia Corydoradinae												
<i>Corydoras</i> sp.					1							
Familia Loricariidae												
Subfamilia Loricariinae												
<i>Farlowella mariaelena</i> Martín Salazar 1964 †									1			

Cont. **Anexo 1.** Listado y abundancia (n individuos) de peces de quebradas y ríos del piedemonte de la cuenca del río Cusiana. Quebradas: 1) Tauramenera. 2) Cajuchera. 3) Limonera. 4) Aguablanca. 5) Iglesiasia. 6) Resbalosa. Ríos: 7) Caja. 8) Cusiana y 9) Chitamena. (CA) Categoría de Amenaza: (NT) Casi Amenazado. Migración: (T) Tipo. (ER) Estatus de residencia. (Mm) Migración mediana. (Lon) Longitudinal. (Rni) Migrante local (Mc) Migración corta. (†) Nuevos registro para la cuenca. (*) Especies endémicas.

Taxón	Quebradas						Ríos			Migración		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	CA	T	ER
Orden Siluriformes												
<i>Farlowella vittata</i> Myers 1942					19		23	8	11			
<i>Farlowella</i> sp.									1			
<i>Loricaria cataphracta</i> Linnaeus 1758									1			
<i>Loricariichthys brunneus</i> (Hancock 1828) †									5			
<i>Spatuloricaria</i> sp.									2			
Subfamilia Hypostominae												
<i>Hypostomus</i> sp.							3	2	4			
Subfamilia Ancistrinae												
<i>Ancistrus triradiatus</i> Eigenmann 1918	31	10	2	3	5	4						
<i>Chaetostoma dorsale</i> Eigenmann 1922 †							484	180	48			
<i>Chaetostoma cf. milesi</i> Fowler 1941							109	280	42			
<i>Chaetostoma</i> sp. 1							51	195	66			
<i>Chaetostoma</i> sp. 2								57	1			
<i>Lasiancistrus schomburgkii</i> (Günther 1864) †*								4				
<i>Lasiancistrus tentaculatus</i> Armbruster 2005 †*									1			
<i>Panaqolus maccus</i> (Schaefer y Stewart 1993)								1				
Orden Gymnotiformes												
Familia Sternopygidae												
<i>Eigenmannia virescens</i> (Valenciennes 1842)									3			
Familia Apterontidae												
<i>Apteronotus albifrons</i> (Linnaeus 1766) †									1			
<i>Apteronotus galvisi</i> de Santana, Maldonado-Ocampo y Crampton 2007 *	1	1		1			11	15	69			
<i>Sternarchorhynchus oxyrhynchus</i> (Müller y Troschel 1849) †									1			
Orden Cyprinodontiformes												
Familia Rivulidae												
<i>Anablepsoides</i> sp. †	320	63	610	201	36	129						
Familia Poeciliidae												
Subfamilia Poeciliinae												
<i>Poecilia cf. caucana</i> (Steindachner 1880) †								5				
Orden Synbranchiformes												
Familia Synbranchidae												
<i>Synbranchus marmoratus</i> Bloch 1795 †							1					

Cont. Anexo 1. Listado y abundancia (n individuos) de peces de quebradas y ríos del piedemonte de la cuenca del río Cusiana. Quebradas: 1) Tauramenera. 2) Cajuchera. 3) Limonera. 4) Aguablanca. 5) Iglesiasia. 6) Resbalosa. Ríos: 7) Caja. 8) Cusiana y 9) Chitamena. (CA) Categoría de Amenaza: (NT) Casi Amenazado. Migración: (T) Tipo. (ER) Estatus de residencia. (Mm) Migración mediana. (Lon) Longitudinal. (Rni) Migrante local (Mc) Migración corta. (†) Nuevos registro para la cuenca. (*) Especies endémicas.

Taxón	Quebradas						Ríos			Migración		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	CA	T	ER
Orden Perciformes												
Familia Cichlidae												
Subfamilia Cichlinae												
<i>Apistogramma</i> sp.							1					
<i>Bujurquina cf. mariae</i> (Eigenmann 1922)							2					
<i>Crenicichla saxatilis</i> (Linnaeus 1758)									3			
<i>Crenicichla</i> sp.								1	1			

Alexander Urbano-Bonilla

Maestría en Ciencias Biológicas, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana Bogotá D. C., Colombia
a.urbano@javeriana.edu.co

Saúl Prada-Pedrerros

Unidad de Ecología y Sistemática (UNESIS), Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D. C., Colombia.
saul.prada@javeriana.edu.co

Ángela Zapata

Unidad de Ecología y Sistemática (UNESIS), Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana Bogotá D. C., Colombia.
zapata-a@javeriana.edu.co

José I. Barrera-Cataño

Escuela de Restauración Ecológica, Unidad de Ecología y Sistemática – UNESIS. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D. C., Colombia.
barreraj@javeriana.edu.co

Ana C. Moreno-Cárdenas

Maestría en Ciencias Biológicas, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D. C., Colombia.
 Escuela de Restauración Ecológica, Unidad de Ecología y Sistemática – UNESIS, Pontificia Universidad Javeriana
a-moreno@javeriana.edu.co

Composición y riqueza íctica en quebradas y ríos del piedemonte de la cuenca del río Cusiana, Orinoquia colombiana

Cítese como: Urbano-Bonilla, A., S. Prada-Pedrerros, A. Zapata, J. I. Barrera-Cataño y A. C. Moreno-Cárdenas. 2014. Composición y riqueza íctica en quebradas y ríos del piedemonte de la cuenca del río Cusiana, Orinoquia colombiana. *Biota Colombiana* 15 (Supl. 1): 52-69.

Recibido: 18 de diciembre de 2013

Aprobado: 31 de julio de 2014

Determinación del tipo de desove y nivel de fecundidad del bagre rayado del Magdalena, *Pseudoplatystoma magdaleniatum* Buitrago-Suárez y Burr, 2007 (Siluriformes: Pimelodidae)

Determination of spawning characteristics and fecundity of the the Magdalena Catfish *Pseudoplatystoma magdaleniatum* Buitrago-Suárez y Burr, 2007 (Siluriformes: Pimelodidae)

John W. Arce-Zúñiga, Juan C. Alonso-González, Sandra Hernández-Barrero y Mauricio Valderrama-Barco

Resumen

El bagre rayado *Pseudoplatystoma magdaleniatum* (Siluriformes: Pimelodidae) es una especie endémica de la cuenca del río Magdalena y es la segunda especie en importancia comercial, razón por la cual es una especie objeto de manejo pesquero. Para contribuir a la toma de decisiones sobre medidas regulatorias de la especie, se evaluaron algunas de sus estrategias reproductivas, para lo cual se llevaron a cabo muestreos en cinco puntos de influencia tanto en el río Magdalena (cauce principal) como en sus tributarios principales: tres en el río Magdalena, uno en el río Cauca y otro en el río San Jorge. Los muestreos se realizaron entre abril del 2012 y marzo del 2013. A las hembras sexualmente maduras (estadios III y IV), se les tomó el peso total y eviscerado y sus gónadas fueron retiradas y pesadas. Las muestras de ovarios se analizaron tanto macroscópica como microscópicamente. Con el empleo de los programas *Image J* e *Image tool* se logró determinar el diámetro promedio de los ovocitos maduros en segunda fase (0,7 mm). La fecundidad efectiva varió entre 900.000 y 1.062.000 ovocitos, siendo una especie de tipo semélfara.

Palabras clave. Especie amenazada. Recurso hidrobiológico. Protección. Reproducción. Regulación pesquera.

Abstract

The endemic catfish of the Magdalena River Basin *Pseudoplatystoma magdaleniatum* (Siluriformes: Pimelodidae) constitutes the second species in commercial importance and a target species for fishing management. To contribute to supports decision making on regulatory measures, it was evaluated their reproductive strategies in five points of influence on the basin: three in the Magdalena River, one in the Cauca River and one in the San Jorge River. Sampling was conducted since April 2012 to March 2013. Mature females (stages III and IV) were sampled (total and eviscerated weight) and gonads were removed and weighed. The ovarian samples were analyzed macroscopically and microscopically. By using the *Image J* and *Image Tool Program* it was determined the average diameter of mature oocytes in second phase 0.7 mm. The effective fecundity fluctuates between 900 000 and 1062 000 and the oocytes corresponds to a semelparous type.

Key words. Endangered species. Hydrobiological resources. Protection. Reproduction. Fishing regulation.

Introducción

Los peces son los vertebrados con la mayor diversidad de estrategias reproductivas (Sánchez 2012). En el bagre rayado *Pseudoplatystoma magdaleniatum* (Siluriformes: Pimelodidae) se manifiestan a través del dimorfismo sexual, de las migraciones reproductivas con temporalidad para el desove y con la formación de agregaciones para la freza, áreas de desove y zonas de crianza (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 2013, Valderrama *et al.* 2011, Arce 2008, Jiménez-Segura *et al.* 2009). Los mecanismos reproductivos y las combinaciones con el hábitat, la fisiología y el comportamiento reproductivo son relevantes para determinar dichas estrategias, las cuales pueden requerir un gran número de huevos o poca cantidad de estos, lo que les garantiza la sobrevivencia de la especie (Saborido-Rey 2008). La presente investigación se centra en la identificación del tipo de desove y el nivel de fecundidad que presenta el bagre rayado para toda la cuenca del Magdalena, como parte de su diversidad estratégica reproductiva.

Pseudoplatystoma magdaleniatum es la segunda especie en importancia comercial en la cuenca del Magdalena, alcanzando a generar capturas del orden de las 1400 ton (Valderrama-Barco 2014), volumen que se soporta en un número determinado de individuos y que estructuran el tamaño del *stock* pesquero. Es aquí, donde las estrategias reproductivas del bagre entran a jugar un papel importante, como son el de mantener el *stock* pesquero y la población misma, tal que garanticen la sobrevivencia de la especie.

La migración reproductiva es una parte integral de la historia de vida de muchos peces teleósteos, donde ocurren cambios en el estado nutricional, las tasas de alimentación y la energía almacenada decrecen y se incrementa el desarrollo gonádico asociado (Sánchez 2012). El reparto óptimo de energía entre ellas, resulta de todo un proceso evolutivo que se conoce como fecundidad, el cual tiene un carácter adaptativo en relación a las estrategias vitales *r* (especies que desarrollan muchos huevos de tamaño pequeño, una puesta prolongada y pelágica y una mortalidad larvaria muy elevada) y *k* (especies con la generación de pocos huevos, de tamaño grande y con puestas cortas de tipo demersal o con cuidado parental) (Saborido-Rey 2008).

El proceso lógico de estas migraciones es que los adultos perciben un factor proximal que induce a dicho comportamiento. Habilidad que determina en parte el éxito del potencial reproductivo de una población en una región (Sánchez 2012) sin desmeritar la importancia que toma el tamaño de los ovocitos en los ovarios en un período reproductivo, ya que los grupos de distribución que se conformen determinarán la modalidad del desove (Inturias 2007). En ese sentido los ovarios pueden presentar un desarrollo sincrónico (distribución de tallas de los ovocitos de tipo unimodal), desarrollo que corresponde a las especies semelpáridas (Vazzoler 1996); un desarrollo sincrónico por grupos (dos grupos de tamaños de ovocitos presentes al mismo tiempo) y un desarrollo asincrónico (distribución de tallas de los ovocitos es continua) (Wallace y Selman 1981). De acuerdo con Agostinho *et al.* (2003) los peces migratorios presentan una alta fecundidad con ovocitos pequeños, desoves totales y larvas pequeñas. Sato *et al.* (2003) mencionan que las especies del género *Pseudoplatystoma* en el Brasil son reproductores sincrónicos del tipo iteróparo (varios ciclos reproductivos a lo largo de su vida).

El bagre rayado *P. magdaleniatum* es una especie reofílica que recorre grandes distancias en grupos o cardúmenes (Atencio-García 2000, Guarnizo 2007) con comportamientos migratorios reproductivos durante el período hidrológico de aguas bajas en el río Magdalena (Valderrama y Zarate 1989). Durante la trayectoria aguas arriba, las hembras llevan a cabo los procesos de desarrollo gonadal iniciando con células germinales alcanzando el estado de ovocitos maduros y culminando con la puesta una vez se presentan las condiciones ideales para la freza. La distancia recorrida les garantiza la sobrevivencia a las crías, para lo cual se requiere que los huevos fertilizados alcancen el estado larval y encuentren las planicies inundables, que son las áreas de crianza y levante de la especie (Welcomme 1985, Jiménez-Segura 2007, Valderrama *et al.* 2011).

A nivel de fecundidad, para el bagre rayado solamente se cuenta con el trabajo de Jiménez-Segura *et al.* (2009), quienes estiman su fecundidad a partir de ejemplares capturados en el sector de Puerto Berrío (Magdalena

medio) para un intervalo de tallas de hembras entre 82 y 115 cm, reportando una fecundidad absoluta de 866.233 ± 602.052 y una fecundidad relativa de 493.753 ± 343.170 que por gramo equivale a 52 ± 29 huevos; así mismo indican que la clase de diámetro dominante de los ovocitos para el rango de tallas, está entre 0,91 y 1 mm.

A nivel del género *Pseudoplatystoma* se observan variabilidades en los registros de fecundidad. Para *P. corruscans* en la cuenca del río Amazonas se estima una fecundidad de hasta de 2.500.000 ovocitos por individuo (Agostinho *et al.* 2003). Para *P. fasciatum* en la cuenca del Amazonas boliviano la fecundidad puede variar de acuerdo con el río tributario y el tamaño del ejemplar; para el río Iténez, se calculó una fecundidad absoluta entre 107.855 (39,6 cm y 730 g) y 1.551.780 (70,8 cm y 5700 g) y para el río Mamoré entre 304.848 (85 cm y 6.900 g) y 2.272.407 (98 cm y 13.000 g) (Inturias 2007). Ramírez-Gil y Ajiaco-Martínez (2011a) indican que *P. orinocoense* en la cuenca del Orinoco presenta una fecundidad absoluta de 66.000 huevos/kg de peso y lo comparan con resultados de Venezuela en donde se habla de una fecundidad absoluta de 1.500.000 huevos, con diámetros promedio de 0,79 mm. *P. tigrinum* (actualmente *P. metaense*) en la cuenca del Orinoco venezolano puede presentar ovocitos con diámetros que fluctúan entre 0,47 y 0,79 mm y una fecundidad entre 782.268 y 3.420.556 de ovocitos, o de 295 ± 122 ovocitos/g (Pérez *et al.* 2012), mientras Ramírez-Gil y Ajiaco-Martínez (2011b) indican que para el alto Meta (Colombia), la especie presenta valores de fecundidad relativa de 152 ovocitos/g.

En este trabajo se presentan los resultados del estudio del comportamiento en el potencial reproductivo de *P. magdaleniatum* a nivel del río Magdalena y el río Cauca, el cual hizo parte del proyecto titulado “Estado de conservación de la población del bagre rayado *Pseudoplatystoma magdaleniatum* en la cuenca Magdalénica, valoración de implicaciones ambientales y socioeconómicas y definición de escenarios de ordenación pesquera y sostenibilidad”, financiado por ECOPEPETROL y ejecutado por la Fundación Bosques y Humedales, la Fundación Humedales, la Autoridad de Acuicultura y Pesca AUNAP y la Universidad Sur Colombiana. Este documento indica el estadio gonadal

predominante a lo largo del año, los tamaños de los ovocitos de acuerdo con el estadio gonadal así como el comportamiento de las frecuencias del diámetro en cada una de las gónadas, permitiendo establecer el tipo de desove como el nivel de fecundidad que alcanza el bagre rayado. Con esta información se pretende contribuir a la generación de conocimiento y brindar soporte en la toma de decisiones de las medidas de manejo basadas en los aspectos reproductivos de la especie.

Material y métodos

Área de estudio

Los individuos de *P. magdaleniatum* fueron colectados en los ríos Magdalena, Cauca y San Jorge. La cuenca (257.438 km²) recorre toda la región andina de Colombia, abarcando el 22,5 % del territorio nacional, agrupando todos los ecosistemas de la región Andina y Caribe. Se caracteriza por estar conformada en gran proporción por la cobertura de aguas continentales, principalmente representadas por terrenos cubiertos por ciénagas, planos inundables, lagos y lagunas, y en menor medida por los cauces de los ríos, embalses, cuerpos de agua artificiales y canales, siendo unidades ecológicas que por su constitución se interconectan, permitiendo el desarrollo y sobrevivencia de las especies que viven o tienen relación con ella. Presenta una alta variabilidad de factores geológicos, físicos, químicos y climáticos a lo largo de ella, influyendo en la génesis del recurso hídrico, en la disponibilidad natural del agua y el ciclo hidrológico, del cual depende toda la vida acuática y terrestre (Otero *et al.* 2003)

Fase de campo

Se llevaron a cabo muestreos en cinco puntos de influencia sobre la cuenca, tres en el río Magdalena correspondientes a la localidad de Neiva (cuenca alta) de la cual se pudieron muestrear 92 ejemplares, Barrancabermeja (cuenca media), 355 capturas y finalmente Magangué (cuenca baja) con un total de 356 bagres; de igual manera se llevó a cabo uno en el río Cauca (cuenca baja) más exactamente en la localidad de Nechí del cual se pudieron hacer un total de 365 capturas y otro en el río San Jorge (cuenca baja) con 325 ejemplares capturados. Los muestreos

se realizaron entre abril del 2012 y marzo del 2013 en los puertos pesqueros de cada uno de los puntos de influencia. Los ejemplares se obtuvieron de las capturas de los pescadores locales (30 por mes y por localidad). A partir de estos, las hembras sexualmente maduras (estadios III y IV) clasificadas teniendo en cuenta la escala de madurez propuesta para las hembras de bagres en la Amazonia colombiana considerando: Nikolsky (1963), Arboleda (1989), Fonteles (1989), Castro y Santamaría (1993), Agudelo (1994), Salinas (1994), Gómez (1996), Vazzoler (1996), Agudelo *et al.* (2000), Alonso (2002) y Camacho (2006). Se registró el peso total y eviscerado (kg) y las gónadas les fueron retiradas y pesadas (g). Posteriormente se fijaron dos muestras de gónada (2-8 g); en paraformaldehído bufferado al 4 % y debidamente codificadas.

Fase de laboratorio

Una de las muestras de gónadas se empleó para el conteo directo de huevos. Para lo cual se extrajo de cada una, una porción de 0,5 g (balanza analítica), que fueron lavadas con suficiente agua para limpiarlas y separar completamente los ovocitos para facilitar el conteo. La otra muestra fue enviada al laboratorio de histología donde fueron procesadas aplicando la técnica de hematoxilina eosina generando una serie de placas para posterior trabajo en microscopio, con el fin de clasificar cada uno de los estadios gonadales.

Para medir el diámetro de los ovocitos se empleó el programa *Image J* tomando una pequeña muestra de 300 huevos repartidos en dos conteos. Como medida de control, se colocaron dos balines de diferente diámetro cada uno junto con los ovocitos a fotografiar, y cuyos valores permitieron ajustar el programa. Igualmente, a partir de las imágenes fotográficas de los cortes histológicos y con la ayuda del programa *Image tool* se contaron y midieron los diámetros de los ovocitos en cada uno de los estadios gonadales (previamente caracterizados).

Análisis de datos

El número de huevos resultantes del conteo se extrapoló al peso total de la gónada, es decir la

fecundidad absoluta. De los resultados obtenidos de cada una de las muestras en las diferentes localidades se obtuvo un promedio permitiendo estipular la fecundidad absoluta predominante para la localidad como para el río al que pertenecen.

Para la estimación de la fecundidad efectiva (ovocitos aptos para ser fecundados), se trabajó tanto con los valores registrados en el conteo de los ovocitos maduros en placas histológicas y la cantidad de ovocitos totales, lo que permitió establecer la proporción numérica de los mismos en la gónada. Con el registro de los diámetros se realizó una distribución de frecuencia con el fin de determinar el número de grupos modales presentes y así establecer el tipo de desove del bagre.

Resultados

Se les extrajo la gónada a 1493 ejemplares. Para 227 hembras con huevos en estado III y IV, fueron evaluadas de acuerdo con el programa *image J*, logrando establecer la fecundidad de las muestras pertenecientes a la localidad de Neiva y Barrancabermeja, que hacen parte de la zona de influencia del río Magdalena y a las muestras de la localidad de Nechí (río Cauca), para un total de 16 muestras. Las demás localidades no registraron estadios óptimos para hallar el potencial reproductivo.

Con la información de los cortes histológicos y la medición de los diámetros de los ovocitos se clasificaron los estadios gonadales: estadio I: ovocitos nucléolo cromatina (ONC), los cuales se consideran los más inmaduros; estadio II: ovocitos perinucleolares (OP); estadio III: ovocitos alveolo cortical (AOC); y finalmente el estadio IV, al cual pertenecen los ovocitos con vitelogénesis lipídica o en el que ya se empiezan a considerar maduros. Para este estadio se establecieron tres etapas de maduración: la primera ovocitos con vitelogénesis inicial (OVI), ovocitos con vitelogénesis intermedia (OVIN), y finalmente los ovocitos o huevos que se consideran completamente maduros, ovocitos con vitelogénesis total (OVIT).

En Neiva tan solo un ejemplar cumplió con los requisitos óptimos de evaluación, con gónadas en estadio IV. Para esta hembra se determinó una fecundidad absoluta alrededor de 1.076.959 huevos y una fecundidad efectiva en 900.270 (Tabla 1). La gónada presentó tres estadios: el estadio I (ONC) con un diámetro de 0,15 mm; el II (OP) con ovocitos de diámetro de 0,27 mm y el estadio IV en vitelogénesis intermedia (OVIN) con ovocitos de diámetro de 0,71 mm (Tabla 2). La gráfica de las frecuencias del diámetro de los ovocitos reflejó una distribución unimodal (Figura 1).

En Barrancabermeja se obtuvieron 7 muestras cuya fecundidad absoluta varió entre 702.198 ovocitos y 1.710.261 para un promedio para la zona de 1.280.258 ovocitos y una efectiva de 909.913 (Tabla 1). Las gónadas de las hembras evaluadas registraron estadios I (ONC) con 0,075 mm de diámetro, estadios II (OP) con 0,24 mm, estadios III (AOC) con 0,35 mm y estadios IV con 0,66 mm (Tabla 2). El comportamiento en la fluctuación del diámetro de los ovocitos mostro una distribución unimodal (Figura 2 y 3).

En Nechí se lograron analizar 8 muestras, la menor fecundidad registrada fue de 647.049 y la mayor de 1.691.217 ovocitos, para una fecundidad absoluta promedio de 1.100.706 ovocitos y una fecundidad efectiva promedio de 1.062.177 ovocitos (Tabla 3). De manera aleatoria se midieron los ovocitos de las gónadas del ejemplar NCH – 17, la cual registró el estadio I (ONC) con un diámetro de 0,08 mm y el estadio IV (OVIN) con ovocitos de 0,76 mm de diámetro (Tabla 4). Las frecuencias del diámetro de los ovocitos mostraron una distribución unimodal (Figura 4 y 5).

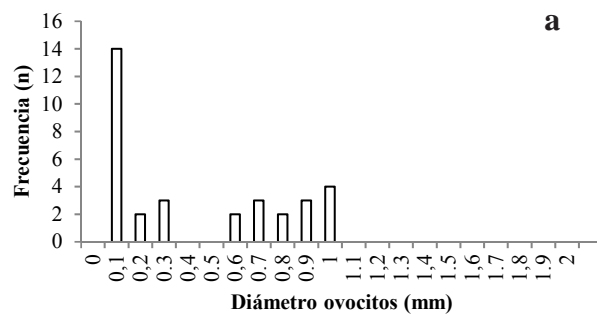
Como un caso especial y por mostrarse una incongruencia en cuanto a las características morfológicas con respecto al bagre rayado del Magdalena, se expone un espécimen capturado en Nechí y cuyo nivel de fecundidad absoluta con respecto al de las otras muestras analizadas fue mucho mayor siendo de 2.766.699 ovocitos (Tabla 3). La gónada registró los estadios I (ONC) con diámetro de 0,14 mm y el estadio IV (OVIN) con 0,67 mm de diámetro (Tabla 4) (Figura 6). Este ejemplar, está siendo evaluado a través de estudios genéticos.

Tabla 1. Estimación de la fecundidad absoluta y efectiva del bagre rayado, *P. magdaleniatum* en las localidades de Neiva y Barrancabermeja (río Magdalena).

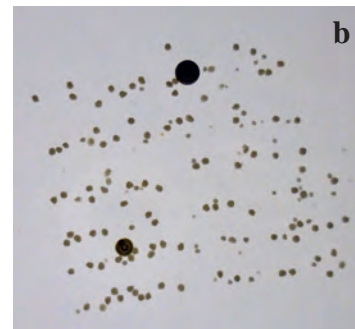
Mes	Localidad	Código	Peso total gónada (g)	Peso muestra gónada conservada (g)	Peso muestra gónada seca para conteo (g)	n de huevos	Fecundidad absoluta (n)	Fecundidad efectiva (n)
Marzo	Neiva	NEV- 87	820	8,2	0,434	570	1076959	900270
Mayo	Barrancabermeja	BJA - 45	674	2,9	0,2262	536	1597100	1490627
Mayo	Barrancabermeja	BJA - 49	426	2,8	0,3458	570	702198	628138
Agosto	Barrancabermeja	BJA - 142	1009	5,4	0,4725	494	1054912	0
Octubre	Barrancabermeja	BJA- 192	830	3,5	0,4942	795	1335188	1174045
Octubre	Barrancabermeja	BJA - 193	1006	2,4	0,4941	840	1710261	1160534
Marzo	Barrancabermeja	BJA - 345	760	2,0	0,4769	637	1015139	614289
Marzo	Barrancabermeja	BJA- 347	900	2,0	0,4084	702	1547013	1301755
Mediana							1206074	1030402
D. E.							348641	480797

Tabla 2. Diámetro de ovocitos correspondientes a cada estadio de maduración de los ejemplares de *P. magdaleniatum* en el río Magdalena.

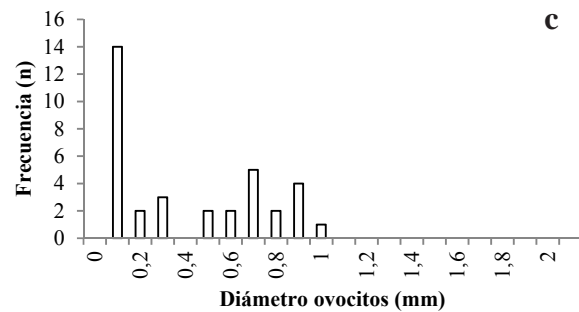
Localidad	Código	Estadio I	Estadio II	Estadio III	Estadio IV	
		ONC	OP	OAC	OVI	OVIN
Neiva	NEV - 87	0,15 ± 0,21	0,27 ± 0,12			0,71 ± 0,17
Barrancabermeja	BJA - 192	0,09 ± 0,029		0,35 ± 0,060		0,66 ± 0,15
Barrancabermeja	BJA - 345	0,06 ± 0,024	0,24 ± 0,13			
	Mediana	0,09	0,25			0,69
	D. E.	0,05	0,02			0,04



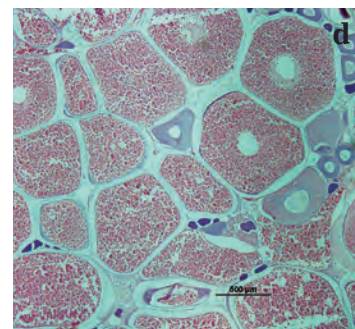
a



b



c



d

Figura 1. Ejemplar NEV - 87. a) Distribución de los diámetros de los ovocitos producto del conteo directo. b) Foto del conteo directo de los ovocitos. c) Distribución de los diámetros de los ovocitos realizados desde el corte histológico. d) Fotografía del corte histológico realizado a la muestra de gónada para determinar madurez de los ovocitos.

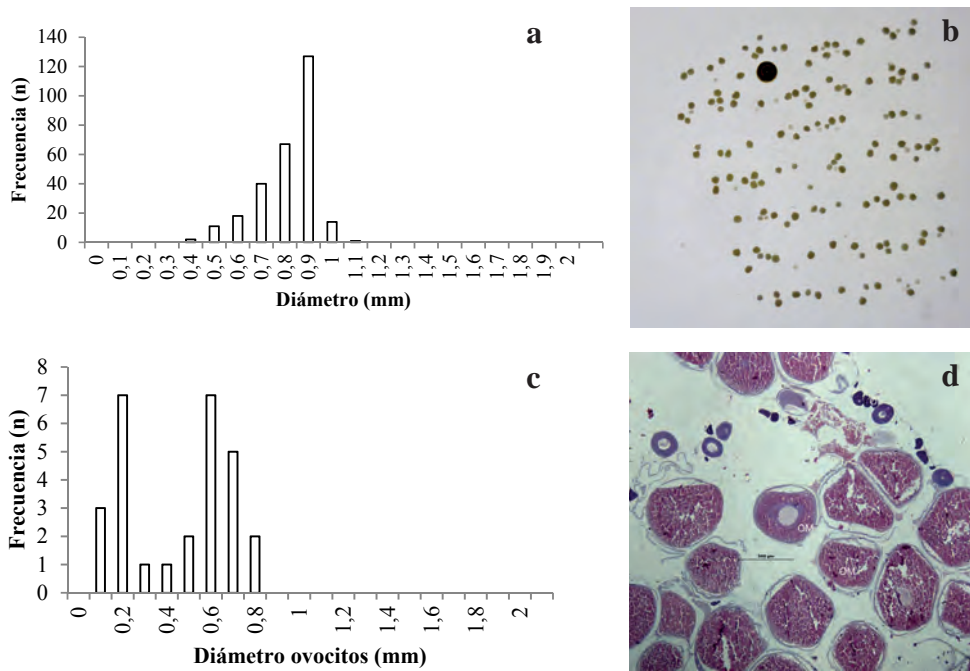


Figura 2. Ejemplar BJA- 51. a) Distribución de los diámetros de los ovocitos producto del conteo directo. b) Foto del conteo directo de los ovocitos. c) Distribución de los diámetros de los ovocitos realizados desde el corte histológico. d) Fotografía del corte histológico realizado a la muestra de gónada para determinar madurez de los ovocitos.

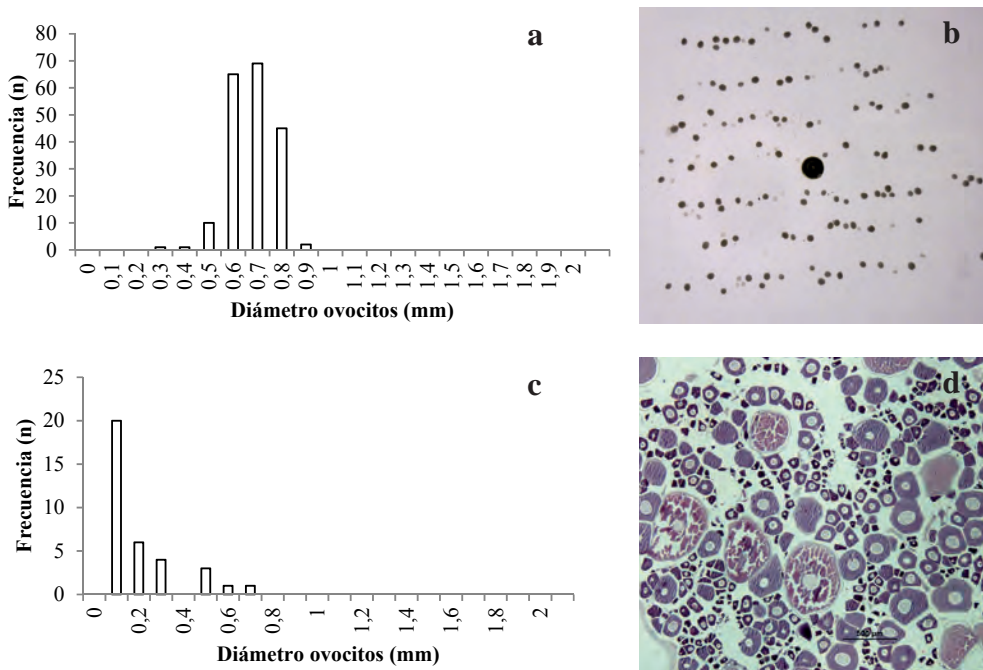


Figura 3. Ejemplar BJA- 345. a) Distribución de los diámetros de los ovocitos producto del conteo directo. b) Foto del conteo directo de los ovocitos. c) Distribución de los diámetros de los ovocitos realizados desde el corte histológico. d) Fotografía del corte histológico realizado a la muestra de gónada para determinar madurez de los ovocitos.

Tabla 3. Estimación de la fecundidad absoluta y efectiva del bagre rayado, *P. magdaleniatum* en la localidad de Nechí (río Cauca). * Ejemplar con duda en su identificación taxonómica (no se incluye en la mediana).

Mes	Localidad	Código	Peso total gónada (g)	Peso muestra gónada conservada (g)	Peso muestra gónada seca para conteo (g)	n de huevos	Fecundidad absoluta (n)	Fecundidad efectiva (n)
Abril	Nechí	NCH – 17	774	1	0,3707	720	1503318	1396700
Mayo	Nechí	NCH – 22	618	1	0,5609	750	826351	757258
Mayo	Nechí	NCH – 32	562	0,90	0,4627	595	722693	657936
Mayo	Nechí	NCH – 35	278	0,90	0,3609	840	647049	623376
Mayo	Nechí	NCH – 36	644	0,70	0,3638	480	849698	844700
Mayo	Nechí	NCH – 37	1046	0,80	0,3403	463	1423150	1362774
Mayo	Nechí	NCH – 43	764	0,69	0,2992	587	1498890	1354016
Agosto	Nechí	NCH-136	798	0,93	0,2883	611	1691217	1500657
Septiembre	Nechí*	NCH-152	2858	0,90	0,4132	400	2766699	
						Mediana	1136424	1099358
						D. E.	421628	373388

Tabla 4. Diámetro de ovocitos correspondientes a cada estadio de maduración de los ejemplares de *P. magdaleniatum* en el río Cauca. * Ejemplar con duda en su identificación taxonómica (no se incluye en la mediana).

Localidad	Código	Estadio I	Estadio II	Estadio III	Estadio IV		
		ONC	OP	OAC	OVI	OVIN	OVIT
NECHÍ	NCH - 17	0,08 ± 0,35			0,76 ± 0,34		
NECHÍ*	NCH - 152	0,14 ± 0,14			0,67 ± 0,19		

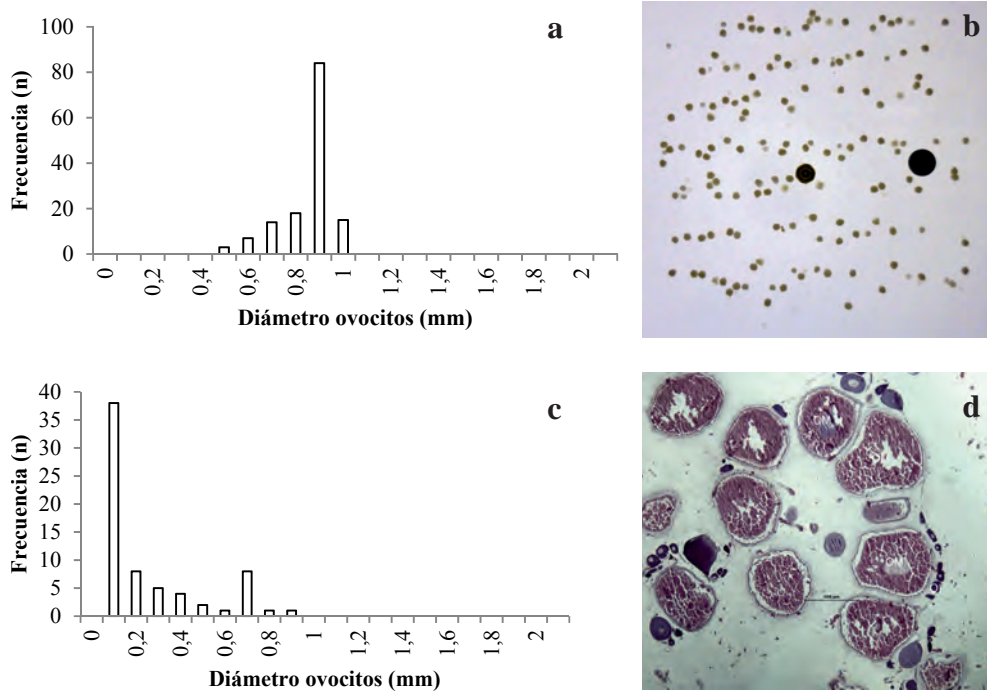


Figura 4. Ejemplar NCH – 17. a) Distribución de los diámetros de los ovocitos producto del conteo directo. b) Foto del conteo directo de los ovocitos. c). Distribución de los diámetros de los ovocitos realizados desde el corte histológico. d) Fotografía del corte histológico realizado a la muestra de gónada para determinar madurez de los ovocitos.

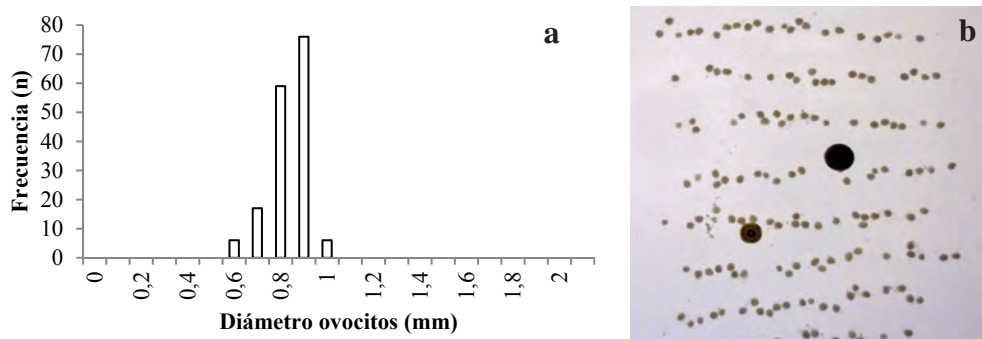


Figura 5. Ejemplar NCH – 35. a) Distribución de los diámetros de los ovocitos producto del conteo directo. b) Foto del conteo directo de los ovocitos.

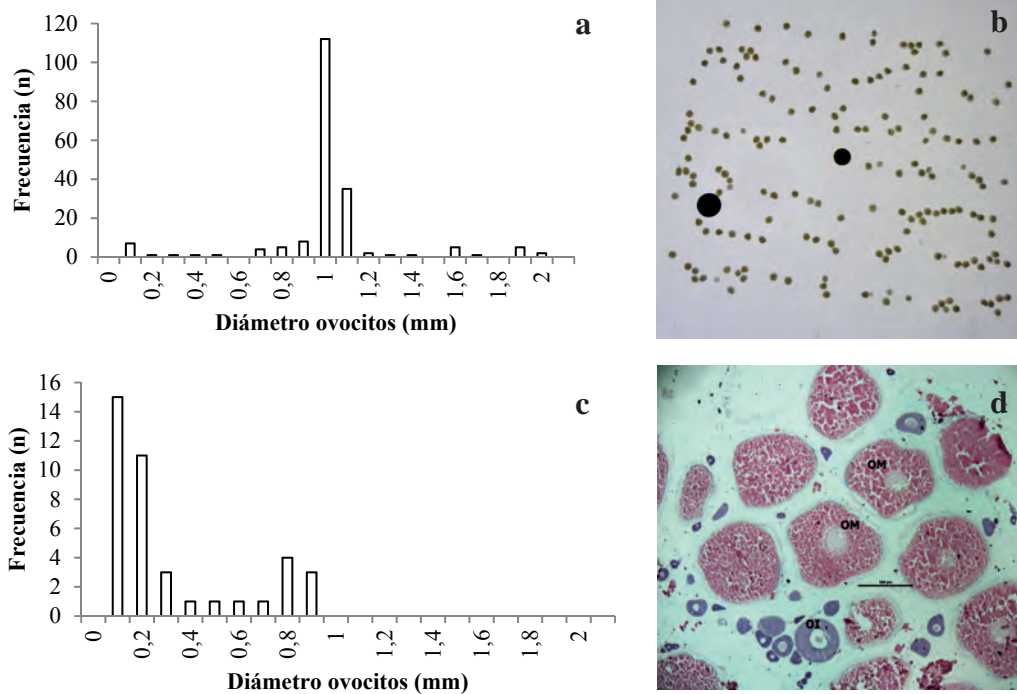


Figura 6. Ejemplar NCH – 152. Ejemplar con dudas de su clasificación taxonómica. a) Distribución de los diámetros de los ovocitos producto del conteo directo. b) Foto del conteo directo de los ovocitos. c) Distribución de los diámetros de los ovocitos realizados desde el corte histológico. d) Fotografía del corte histológico realizado a la muestra de gónada para determinar madurez de los ovocitos.

Discusión

Las gónadas que cumplieron los requisitos de evaluación (estadios IV), no presentaron ovarios con ovocitos en la fase tres de maduración, es decir ovocitos con vitelogénesis total (OVT) completamente maduros y listos a ser fecundados. Los ovocitos encontrados estaban en la segunda fase, en vitelogénesis intermedia (OVIN); fase que se caracteriza porque el núcleo aún se encuentra en la parte central, lo cual indica que falta un tiempo más para alcanzar su madurez óptima. Esta situación puede llegar a ser explicada con base en lo propuesto por Sánchez (2013) y Saborido-Rey (2008) quienes establecen que el proceso de desarrollo gonadal está relacionado más con factores exógenos (fotoperiodo, temperatura, presencia de adultos del sexo opuesto) que con los mismos endógenos (procesos fisiológicos que llevan a la vitelogénesis), ya que éstos tienen la capacidad de actuar sobre los endógenos, indicando que algunos peces pueden retener los ovocitos en

cualquier nivel de vitelogénesis, incluido el final, por tiempo ilimitado hasta que un factor exógeno desencadena la maduración y ovulación.

El diámetro en el cual los ovocitos del bagre rayado son maduros se estima en $0,7 \pm 0,04$ mm, haciéndose hincapié en que este valor corresponde a la fase vitelogénesis intermedia del estadio IV, por tanto ovocitos mayores a este diámetro podrán ser considerados como aptos para la fertilización. La fecundidad absoluta del bagre rayado para el río Magdalena se establece en $1.206.074 \pm 348.641$ y una fecundidad efectiva de $1.030.402 \pm 480.797$. Para el río Cauca el diámetro de los ovocitos maduros correspondió a $0,76 \pm 0,34$ mm y una fecundidad absoluta de $1.136.424 \pm 421.628$ ovocitos y una fecundidad efectiva de $1.099.358 \pm 373.388$ (en ninguno de los casos se tuvo en cuenta el valor registrado en el ejemplar con el que se tienen dudas

si corresponde a la especie *P. magdaleniatum*). Al comparar los resultados con los reportados por Jiménez-Segura *et al.* (2009), se encontró que la fecundidad absoluta puede llegar a registrar valores mínimos de 264.181 ovocitos, mientras que en el presente estudio tanto para el río Cauca como para el río Magdalena los valores mínimos superaron los 700.000 ovocitos; a nivel de los valores máximos las diferencias no son significativas, 1.468.285 ovocitos (Jiménez-Segura *et al.* 2009) frente a 1.554.714 en el río Magdalena y 1.558.052 en el río Cauca (presente estudio). No obstante a nivel de la fecundidad relativa o efectiva, si se registran diferencias significativas, mientras que Segura *et al.* (2009), reportan un promedio de 493.757. En el presente estudio es un poco más del millón de ovocitos. Las variaciones en la fecundidad de una especie ha sido reportada por Saborido-Rey (2008) y cuya explicación podría dar respuesta a los resultados encontrados para *P. magdaleniatum*. El autor indica que: *hembras de la misma talla pueden diferir bastante en la fecundidad, incluso la misma hembra suele tener diferentes fecundidades parciales dentro de la misma época de puesta. La fecundidad real media a una talla determinada puede variar de año en año en una población o entre poblaciones de una misma especie. En el primer caso se puede considerar un índice de la condición de los peces, mientras que en el segundo caso es uno de los parámetros biológicos que se pueden tener en cuenta para identificar unidades de stock.*

Conclusiones

Al comparar la fecundidad absoluta de *P. magdaleniatum* con la de otras especies del género *Pseudoplatystoma*, se encuentra que su congénere más afín es *P. orinocoense*, (829.818 – 1.500.000) (Inturias 2007), mientras que el ejemplar de Nechí en el que se generaron dudas sobre su identificación taxonómica, registró un fecundidad absoluta de 2.766.699 ovocitos, que se acerca más a la fecundidad reportada para *P. corruscans* (2.500.000 ovocitos) (Agostinho *et al.* 2003). Estas fecundidades se alejan bastante de las reportadas para *P. metaense* (superior a 3 millones) (Pérez *et al.* 2012). El factor que unifica al género *Pseudoplatystoma* es el tamaño del diámetro de sus ovocitos, que en la mayoría de los trabajos varía alrededor de 0,7 mm.

La cantidad de huevos estimados para *P. magdaleniatum* y el tamaño de los mismos, hace evidente la condición de que el bagre es una especie con estrategia *r* (alta fecundidad) y que Agostinho *et al.* (2003), establecieron como característico de las especies migratorias. Lo anterior, conllevaría a sugerir que las medidas de manejo que se hagan sobre la especie a partir de evaluaciones de dinámica poblacional necesariamente deben contemplar la estrategia reproductiva del bagre.

En relación al tipo de desove del bagre rayado se concluye que tanto para el río Magdalena como para el río Cauca este es de tipo sincrónico en un grupo (desoves totales) lo que catalogaría a la especie como semélpara. Sin embargo, el hecho de registrarse hembras en diferentes estados gonadales indicaría que las hembras no necesariamente se reproducen sincrónicamente existiendo varios pulsos reproductivos, que se reflejaron con la presencia de hembras en estado IV en los meses de marzo, mayo, agosto y octubre en el río Magdalena y abril, mayo, agosto y septiembre en el río Cauca.

Bibliografía

- Agostinho, A. A., L. C. Gomes, H. I. Suzuki y H. Ferreira Julio Jr. 2003 Migratory fishes of the Upper Parana River Basin, Brazil. Pp: 19-75 *En*: Carolsfeld, J., B. Harvey, C. Ross y A. Baer (Eds.). Migratory fishes of South America: Biology, fisheries and conservation status. International Development Research Centre. The World Bank.
- Arce, M. 2008. Evaluación del estado de poblaciones de bagre rayado *Pseudoplatystoma magdaleniatum* en la cuenca media del río Magdalena durante la temporada de subienda del 2004. Pontificia Universidad Católica do Sul. Museu de Ciências e Tecnologia. Laboratorio de Ictiología. Brasil. 2008. 10 pp.
- Atencio-García, V. J. 2000. Impactos de la hidroeléctrica Urrá en los peces migratorios del río Sinú. *Revista Temas Agrarios* 5 (9): 29-40.
- Guarnizo, M. 2007 Caracterización seminal y ensayos preliminares de crioconservación de semen de bagre rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum* - Linnaeus 1766). Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Agropecuarias Departamento de Producción Animal. Palmira. 102 pp.
- Inturias, A. D. 2007. Edad, crecimiento y reproducción de *Pseudoplatystoma fasciatum* y *Pseudoplatystoma*

- tigrinum* en la Amazonia boliviana. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas y Biomédicas. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas, Dirección de postgrado, La Paz, Bolivia. 88 pp.
- Jiménez-Segura, L. F. 2007. Ictioplancton y reproducción de los peces en la cuenca media del río Magdalena (Sector Puerto Berrío, Antioquia). Tesis de Grado Doctoral. Universidad de Antioquia. 250 pp.
- Jiménez-Segura, L. F., J. Palacio y R. López. 2009. Características biológicas del blanquillo *Sorubim cuspicaudus* Littmann, Burr y Nass 2000 y bagre rayado *Pseudoplatystoma magdaleniatum* Buitrago-Suárez y Burr 2007 (Siluriformes: Pimelodidae) relacionadas con su reproducción en la cuenca media del río Magdalena, Colombia. Universidad de Antioquia. Instituto de Biología. Medellín, Colombia. 2009. 14 pp.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2013. Guía de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia: Peces. Volumen 2. Zapata, L. A. y J. S. Usma. Bogotá D. C., Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y WWF-Colombia. 486 pp.
- Otero, E., L. Mosquera, G. Silva, J. C. Guzmán y S. Montes (Eds.). 2003. Río Grande de la Magdalena, Colección Ecológica del Banco de Occidente. 192 pp.
- Pérez, A., O. Castillo, A. Barbarino y N. Fabré, 2012. Aspectos reproductivos del bagre rayado *Pseudoplatystoma tigrinum* (Siluriformes, Pimelodidae) en la Cuenca del río Apure, Venezuela. *Zootecnia Tropical* 30 (3): 251-262.
- Ramírez-Gil, H. y R. E. Ajiaco-Martínez. 2011a. *Pseudoplatystoma orinocoense* (Siluriformes, Pimelodidae). Cap. 7. Pp: 503-508. *En:* Lasso, C. A., E. Agudelo Córdoba, L. F. Jimenez-Segura, H. Ramírez-Gil, M. Morales-Betancourt, R. E. Ajiaco-Martínez, F. de Paula Gutiérrez, J. S. Usma-Oviedo, S. E. Muñoz-Torres y A. I. Sanabria Ochoa (Eds.) 2011. I. Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, D. C. Colombia.
- Ramírez-Gil, H. y R. E. Ajiaco-Martínez. 2011b. *Pseudoplatystoma metaense* (Siluriformes, Pimelodidae) Cap. 7. Pp: 497-502. *En:* Lasso, C. A., E. Agudelo Córdoba, L. F. Jimenez-Segura, H. Ramírez-Gil, M. Morales-Betancourt, R. E. Ajiaco-Martínez, F. de Paula Gutiérrez, J. S. Usma-Oviedo, S. E. Muñoz-Torres y A. I. Sanabria Ochoa (Eds.) 2011. I Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, D. C. Colombia.
- Saborido-Rey, F. 2008. Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos. Digital CSIC Ed. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10261/7260>. 71 pp.
- Sánchez, R. 2012. Modelo de estrategias reproductivas en peces que forman agrupaciones de desove. Tesis de Grado Doctor en Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz. BCS. 348 pp.
- Valderrama-Barco, M. 2014. Componente “Evaluación de captura y esfuerzo de la pesquería del bagre rayado (*Pseudoplatystoma magdaleniatum*) en la cuenca de los ríos Magdalena y Cauca” Informe Técnico Convenio Fundación Humedales-Ecopetrol. Bogotá. 22 pp.
- Valderrama-Barco M. y M. Zárate-Villarreal. 1989. Some ecological aspects and present state of the fishery of the Magdalena river basin, Columbia, South America. Proceedings of the International Large River Symposium. *Canadian Special Publication Fisheries Aquatic Sciences* 106: 409-421.
- Valderrama-Barco, M., L. F. Jiménez-Segura, R. Alvarez-Leon, G. Gonzalez-Cañon, F. Salas-Guzmán, S. Hernández-Barrero y M. Zarate-Villareal. 2011. *Pseudoplatystoma magdaleniatum* (Siluriformes, Pimelodidae). Cap. 7. Pp: 491-496. *En:* Lasso, C. A., E. Agudelo Córdoba, L. F. Jimenez-Segura, H. Ramírez-Gil, M. Morales-Betancourt, R. E. Ajiaco-Martínez, F. de Paula Gutiérrez, J. S. Usma-Oviedo, S. E. Muñoz-Torres y A. I. Sanabria Ochoa (Eds.) 2011. I Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, D.C. Colombia.
- Vazzoler, A. 1996. Biología da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. Nupelia. São Paulo. 169 pp.
- Wallace, R. y K. Selman. 1981. Cellular and dynamic aspects of the oocyte growth in teleost. *American Zoologist* 21: 325-343.
- Welcomme, R. L. 1985. River fisheries. FAO Fisheries Technical Paper 262. 330 pp.

John W. Arce-Zúñiga
Fundación Humedales, Colombia
jwarce@gmail.com

Juan C. Alonso-González
Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca - AUNAP, Colombia
juancarlos.alonso@aunap.gov.co

Sandra Hernández-Barrero
Fundación Humedales, Colombia
sandrahe@fundacionhumedales.org

Mauricio Valderrama-Barco
Fundación Humedales, Colombia
mvalde@fundacionhumedales.org

Determinación del tipo de desove y nivel de fecundidad del bagre rayado del Magdalena, *Pseudoplatystoma magdaleniatum* Buitrago-Suárez y Burr, 2007 (Siluriformes: Pimelodidae)

Cítese como: Arce-Zúñiga, J. W., J. C. Alonso, S. Hernández-B., M. Valderrama-B. 2014. Determinación del tipo de desove y nivel de fecundidad del bagre rayado del Magdalena, *Pseudoplatystoma magdaleniatum* Buitrago-Suárez y Burr, 2007 (Siluriformes: Pimelodidae). *Biota Colombiana* 15 (Supl. 1): 70-82.

Recibido: 13 de mayo de 2014
Aprobado: 20 de diciembre de 2014

Análisis comparativo (1990-2014) de la pesquería de peces ornamentales en el departamento del Amazonas, Colombia

Comparative analysis (1990-2014) of the ornamental fisheries in Amazonas department, Colombia

Adriana Guzmán-Maldonado y Carlos A. Lasso

Resumen

Se caracteriza la pesquería actual de peces ornamentales en tres localidades del departamento del Amazonas y se compara con lo reportado por trabajos similares realizados en los años 90. Los resultados indican que actualmente operan 24 acopiadores que comercializan 93 especies, mientras que en los años 90 existían 18 acopiadores que comercializaban 27 especies. Las principales especies comercializadas no han variado desde entonces, aunque los volúmenes movilizados se han duplicado. La arawana (*Osteoglossum bicirrhosum*), el disco (*Symphysodon aequifasciatus*), los otocinolos (*Otocinclus spp*) y las corredoras (*Corydoras spp*) siguen siendo las especies de mayor importancia local. Se identificaron cinco artes de pesca nuevos: la ballesta, la careta y snorkel, el “rapichel”, el calandrio o espinel y el anzuelo de aguja. Las zonas de pesca de la arawana y el disco se han desplazado en relación a los 90. Se recomienda priorizar el sector de Tarapacá para futuras investigaciones que permitan establecer cuotas de captura y vedas más apropiadas, como también que se adelanten programas de conservación y manejo con las comunidades locales. Dado que la mayoría de peces ornamentales comercializados en esta región actualmente provienen de Brasil o Perú, es importante desarrollar estrategias transfronterizas para su aprovechamiento.

Palabras clave. Recursos pesqueros. Peces de acuario. *Osteoglossum bicirrhosum*. Cuenca amazónica.

Abstract

This study describes today's ornamental fish fishery at three localities of the Amazon Department, and compares it with information from similar studies done in the 90's. Results indicate that 24 ornamental fish traders operate in the area marketing 93 species, while in the 90's there were 18 ornamental fish traders that marketed 27 species. The most commercialized species haven't changed since the 90's, but traded volumes have doubled. The silver arawana (*Osteoglossum bicirrhosum*), the blue discus (*Symphysodon aequifasciatus*), the otocinclus (*Otocinclus spp*) and the corydoras (*Corydoras spp*), still remain as the most important species for the locals. Five new fishing gears were identified: the crossbow, snorkel and mask, the *rapichel*, the longline, and the needle hook. The arawana and discus fishing areas have changed in relation to the 90's. The zone of Tarapacá should be a priority for future research that enable the establishment of more appropriate fishing quotas and closed seasons, as well for the development of conservation and management programs with the local communities. Given that most of the ornamental fishes merchandized by this region are coming from Brazil or Peru, it is important to develop trans-boundary strategies for their exploitation.

Kew words. Fishery resources. Aquarium fish. *Osteoglossum bicirrhosum*. Amazon Basin.

Introducción

La pesquería de peces ornamentales ha sido reconocida como una actividad económica de gran importancia en lugares remotos y con pocas oportunidades de empleo (Chao *et al.* 2001), como la Amazonia y Orinoquia colombianas (Castro 1997, Lasso *et al.* 2011, Ajiaco-Martínez *et al.* 2012). Además del bienestar económico que proporciona a sus habitantes, el comercio de estos peces en el mercado internacional genera divisas para el país (> 8 millones de dólares en el 2011) (Ajiaco-Martínez *et al.* 2012). No obstante, aún existen grandes vacíos de conocimiento sobre esta pesquería, desde las identificaciones taxonómicas hasta las aproximaciones más ecosistémicas, lo que en gran parte ha limitado que se formulen estrategias para su aprovechamiento sostenible (Lasso *et al.* 2011, Ajiaco-Martínez *et al.* 2012). La mayoría de normas existentes se han formulado a partir de estadísticas pesqueras poco confiables, como las movilizaciones reportadas por los comerciantes, las cuales en muchos casos no son verificadas en bodegas por la autoridad pesquera.

Actualmente alrededor del 88 % de los peces ornamentales comercializados por Colombia provienen de la Orinoquia y el 10 % de la Amazonia (Ajiaco-Martínez *et al.* 2012). Si bien la Amazonia no es el mayor productor de este recurso, esta región tienen un mayor potencial pesquero debido a que posee mayor diversidad de especies (Maldonado *et al.* 2008). Por otro lado, diferencias en la riqueza y composición de especies entre las dos regiones, permite que cada una mantenga un producto propio y competitivo en el mercado (Castro 1992, Mancera y Álvarez-León 2008).

La pesquería de peces ornamentales en la Amazonia colombiana se remonta a la década de los 50, con un mayor auge en los 70 (Castro 1997, Blanco 2002), y consiste en un sistema de producción casi exclusivamente extractivo, el cual es practicado por indígenas y colonos de manera artesanal y en pequeña escala (Pinto 1997). En esta región, el principal sitio de acopio es Leticia y en menor medida Puerto Leguízamo, Araracuara, La Chorrera, La Pedrera, Mitú (Mancera y Álvarez-León 2008), Tarapacá y Puerto Santander (Pinto 1997). Los peces salen de estos centros de acopio por vía aérea y son

concentrados en Bogotá para su exportación (Blanco 1992, Blanco 2002). Según Mancera y Álvarez-León (2008), la gran oferta de peces ornamentales que tiene Leticia se debe principalmente a la facilidad de comunicación con el centro del país, y al acopio de peces en ríos y lagos pertenecientes a Perú y a Brasil. Esta dinámica pesquera transfronteriza genera conflictos entre los usuarios de diferentes nacionalidades, como también entre los usuarios y las autoridades ambientales, debido a diferencias en las políticas públicas de los tres países (Guzmán 2013).

La información disponible sobre las especies que están siendo explotadas en la Amazonia es escasa (Galvis *et al.* 2007, Lasso *et al.* 2011), aunque existen algunos estudios sobre las principales especies comercializadas (Sánchez *et al.* 1996, Pinto 1997, Aguilar 1999, Gómez y Wood 2003, Galvis *et al.* 2007) y su biología (Prieto 2000, Santos 2000, Bejarano y Blanco 2001, Castellanos 2001, Arce y Sánchez 2002, Gómez 2002, Sánchez *et al.* 2005, Gutiérrez 2004, Galvis *et al.* 2006, Rodríguez 2007). Muchos de estos trabajos no han sido publicados o hacen parte de informes técnicos internos de algunas instituciones, siendo su consecución difícil en general. De estos, se destacan los documentos técnicos elaborados en la década de los 90 por el Instituto de Pesca y Acuicultura (INPA) sobre las principales especies comercializadas, zonas de aprovechamiento, artes de pesca, número de usuarios y su condición socioeconómica, precios de venta y el estado de algunas las poblaciones ícticas en los principales puntos de acopio de la Amazonia colombiana (Sánchez *et al.* 1996, Pinto 1997). Las investigaciones del INPA evidenciaron la sobrexplotación de la arawana (*O. bicirrhosum*) en algunos sectores cercanos a la ciudad de Leticia (Pinto 1997), lo que sirvió como catalizador para la formulación de las vedas para esta especie en la región; el Acuerdo 018 del 4 de octubre de 1996 y el Acuerdo 005 del 28 de enero de 1997 del INPA.

Desde entonces, no se han realizado estudios que establezcan cómo ha evolucionado esta pesquería en la Amazonia colombiana desde los 90 hasta la actualidad, a pesar de ser esto fundamental para formular políticas de aprovechamiento o acciones

de conservación sobre las especies y los ecosistemas donde habitan. En consecuencia, el presente estudio tuvo como objetivo comparar la dinámica actual de la pesquería de peces en el departamento del Amazonas con la información disponible que se tiene sobre esta para los años 90. Para esto, el estudio se centró en identificar cambios en: (i) el número de comerciantes y su ámbito de acopio, (ii) el perfil socioeconómico de los pescadores y acopiadores, (iii) las especies de mayor importancia local, (iv) artes y métodos de pesca utilizados, (v) temporadas de pesca y zonas de aprovechamiento, y (vi) las especies y volúmenes comercializados.

Material y métodos

Área de estudio

La información se recolectó entre mayo de 2013 y junio de 2014 en tres localidades del departamento del Amazonas: Leticia, ubicada en el río Amazonas (04°09'S, 69°57'O); La Pedrera ubicada en el río Caquetá (01°18'S, 69°37'O) y Tarapacá, ubicada en el río Putumayo (02°52'S, 69°45'O). Es pertinente mencionar que estas tres localidades fueron puntos de muestreo de los estudios realizados por el INPA en los años 90 (Sánchez *et al.* 1996, Pinto 1997), utilizados por el presente trabajo para determinar cambios de la pesquería de peces ornamentales. También se visitaron algunas comunidades aledañas a estas tres localidades, donde residían usuarios de la pesquería en estudio.

Aspectos metodológicos

Dada la escasa información existente sobre la pesquería ornamental en el departamento del Amazonas, para poder comparar la dinámica de esta actividad en los años 90 y en la actualidad (2014), se utilizó una combinación de métodos cualitativos y cuantitativos. La aproximación cuantitativa se utilizó para los objetivos (i), (ii) y (vi), mientras que la aproximación cualitativa se utilizó principalmente para resolver los objetivos (iii), (iv), (v) y para entender el contexto y significado de todos los objetivos del estudio. Es de aclarar que en la investigación cualitativa, las comunicaciones obtenidas de las entrevistas son fuente legítima de información para la construcción

del conocimiento. Éstas no sólo facilitan entender el punto de vista de los entrevistados y sus realidades, sino que también contribuyen a interpretar y darle sentido al problema de investigación integrando la información cuantitativa (Strauss y Corbin 2002).

Para reservar el derecho al anonimato de los entrevistados, en los fragmentos traducidos de las entrevistas se presentan nombres de hombres (p. e. José, Juan, Pedro y Jaime) y mujeres (p. e. María, Laura) de manera arbitraria. En seguida de la citación, se especifica si la opinión fue emitida por un pescador (P), acopiador (A), investigador (I), o por un funcionario público (F) y la localidad donde se realizó la entrevista.

Para conocer la dinámica pasada (90) de la pesquería, se realizó un análisis documental, recopilando informes inéditos elaborados por el Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA) y de otros documentos con información sobre la actividad, como el trabajo de zonificación ambiental realizado por el IGAC (1997) y las memorias del Taller de Trabajo Interinstitucional INPA-Corpoamazonía sobre la arawana (INPA-Corpoamazonía 1996). La información se complementó con entrevistas en mayor detalle a pescadores y acopiadores históricos (> 20 años de experiencia), investigadores conocedores de la región y funcionarios antiguos de las autoridades pesquera y ambiental en la Amazonia. La dinámica actual (2007-2014) de la pesquería se caracterizó realizando entrevistas semi-estructuradas a pescadores y acopiadores de las tres localidades, con un muestreo de tipo deliberado y bola de nieve, y mediante la observación participante. Las entrevistas consistieron en preguntas puntuales y abiertas sobre las especies aprovechadas, los sitios de pesca, las artes y métodos de pesca y conflictos presentes en la dinámica de la actividad. En total se realizaron 97 entrevistas semi-estructuradas a pescadores y acopiadores y cinco entrevistas a investigadores conocedores de la región y funcionarios de entidades relacionadas con la pesquería.

El análisis de las especies y volúmenes de peces ornamentales movilizados por el departamento del Amazonas de los últimos años (2007-2011), se realizó utilizando la base de datos de la Autoridad Nacional

de Acuicultura y Pesca (AUNAP) en Leticia. La base de datos fue depurada en dos instancias. Primero se corrigieron los errores de digitación y se unificaron la gran variedad de nombres vernáculos o comunes correspondientes a una misma especie. Posteriormente se visitaron los principales acopiadores de Leticia para confirmar la sinonimia de algunos nombres vernáculos. Para determinación los nombres científicos correspondientes a los nombres vernáculos, se trianguló la información con los principales acopiadores de Leticia, utilizando fotografías de las especies como material de información de apoyo. Para algunas especies, se utilizó la literatura existente sobre el tema (p. e. Ajiaco-Martínez *et al.* 2012). Una vez realizado esto, se procedió a analizar los volúmenes comercializados por especie para cada año.

Con el propósito de observar diferencias en el régimen hidrológico de estos ríos entre los años 90 y la actualidad, se obtuvo la información diaria de los niveles medios de nivel de las estaciones meteorológicas del del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (Ideam), ubicadas en el río Amazonas, sector de Leticia (N° 48017010), el río Putumayo, sector de Tarapacá (N° 47107010) y en el río Caquetá, en el sector de la Pedrera (N° 44187020).

Con la información se calculó el promedio mensual de los niveles del río para los dos periodos de tiempo de interés del presente estudio: entre 1984-1997 para los años 90 y entre 2003-2013 para el presente.

Resultados

Los comerciantes y su ámbito de acopio

Los comerciantes de peces ornamentales, tanto en los 90 como en la actualidad, se pueden clasificar en permanentes o temporales (Figura 1a - d). Los primeros se caracterizan por acopiar peces durante la mayor parte del año y por la tanto, poseen una infraestructura fija para su almacenamiento y manejo. Los segundos se caracterizan por dedicarse a la actividad únicamente durante la temporada de pesca de larvas de arawana (*O. bicirrhosum*), localmente llamada el “arawaneo”, y almacenan los peces en las bolsas plásticas en la casa o en cajas de madera recubiertas de plástico.

Según Pinto (1997) en la zona de estudio existían 13 acopiadores de peces ornamentales (seis en Leticia, cuatro en La Pedrera y tres en Tarapacá),



Figura 1. Acopio de peces ornamentales por acopiadores permanentes (a y b) y temporales (c y d).

mientras que Sánchez *et al.* (1996) reportan en total 15 acopiadores de arawana (tres en Leticia, ocho en La Pedrera y cuatro en Tarapacá), indicando que en los 90 operaban aproximadamente 18 acopiadores de peces ornamentales en el departamento del Amazonas. El presente estudio identificó un total de 22 acopiadores, de los cuales nueve son permanentes y 13 temporales. El ámbito de acopio de ocho de ellos comprende más de una cuenca hidrográfica (Tabla 1). Estos resultados incluyen a tres acopiadores peruanos que operan durante el “arawaneo” en el sector de Tarapacá, y que movilizan los ejemplares en hidroaviones desde Guapapa a Iquitos. La presencia de compradores peruanos de arawana en Tarapacá ha conllevado a que algunos acopiadores colombianos prefieran desplazarse hacia La Pedrera y no a dicho sector, durante su temporada de pesca. Dice María: *No volví a Tarapacá por la competencia con los peruanos. Los peruanos pagan mejor la arawana y esto viene ocurriendo desde hace unos 5-6 años atrás* (A, Leticia).

Cabe anotar que durante el “arawaneo” estos acopiadores se asocian con 2-4 personas más, los cuales se desplazan diariamente a los sitios de pesca o comunidades ribereñas para recolectar los alevinos, aumentando considerablemente el número de comerciantes en dicha temporada y la competencia por el recurso. En la isla de Santa Rosa ubicada frente a Leticia y en Islandia, sobre el río Yavarí, también operan varios acopiadores peruanos que no pudieron ser censados por el presente estudio. Éstos al parecer

acopian larvas de arawanas (*O. bicirrhossum*) y especies que no se encuentran en las cercanías de Iquitos.

Perfil socioeconómico de pescadores y acopiadores

La información existente para los 90 indica que los pescadores de peces ornamentales tenían edades entre los 15 y 45 años ($n = 237$) y los acopiadores entre 30 y 45 años (Sánchez *et al.* 1996). Todos los pescadores poseían vivienda propia y en promedio tenían cuatro hijos (intervalo: 8-10) (Sánchez *et al.* 1996, Pinto 1997). Todos los acopiadores sabían leer y escribir, mientras que sólo un 15 % de los pescadores iniciaron la secundaria y ninguno terminó el bachillerato. Según Sánchez *et al.* (1996), Tarapacá poseía el mayor porcentaje de analfabetismo (31 %) seguido de La Pedrera (15 %).

El presente estudio encontró que los pescadores se encuentran entre los 19 y 75 años y que el 88 % de ellos posee vivienda propia en la cual habitan un promedio de 5,8 personas ($n = 102$, intervalo: 1-15). Los acopiadores se encuentran entre los 36 y 62 años ($n = 16$), y que todos poseen vivienda propia en la cual habitan un promedio de 4,8 personas ($n = 16$, intervalo: 2 - 10). El 43,8 % de los acopiadores y el 17,7 % de los pescadores son bachilleres (Tabla 2). El índice de analfabetismo encontrado fue del 6,3 %, representado por pescadores del sector de Tarapacá (Tabla 2).

Tabla 1. Número de acopiadores de peces ornamentales (permanentes y temporales) y su ámbito de acopio actual. * Incluye tres acopiadores peruanos.

Ámbito de acopio	Nº de acopiadores permanentes	Nº de acopiadores temporales
Río Amazonas	1	1
Río Caquetá	1	4
Río Putumayo	1	7*
Ríos Amazonas y Caquetá	2	0
Ríos Amazonas y Putumayo	1	1
Ríos Amazonas, Caquetá y Putumayo	3	0
Total	9	13

Tabla 2. Nivel de escolaridad de los pescadores y acopiadores de peces ornamentales. Entre paréntesis, el número de personas entrevistadas.

Nivel de escolaridad	% de pescadores	% de acopiadores
Sin estudio (analfabeto)	6,3 (5)	0
Primaria incompleta	38,0 (30)	18,8 (3)
Primaria completa	20,3 (16)	0 (0)
Secundaria incompleta	17,7 (14)	37,5 (6)
Secundaria completa	17,7 (14)	43,8 (7)
Total	100 (79)	100 (16)

Las entrevistas indicaron que los pescadores se encuentran satisfechos con la remuneración económica recibida por la pesca ornamental, a diferencia de los acopiadores. Estos últimos fueron reiterativos al decir que *el negocio ya no es rentable*, principalmente debido los altos costos de transporte y a que los exportadores - los cuales fijan los precios de compra - llevan varios (5-6) años sin aumentarles el valor de compra de los peces. Por esto, a diferencia de lo que sucedía en los años 90, hoy en día se observa que la mayoría de acopiadores poseen actividades económicas paralelas al comercio de peces ornamentales. Esto es consistente con la información que se tiene sobre los precios de comercialización de la arawana (*O. bicirrhosum*) para los años 90 (Sánchez *et al.* 1996) y los precios actuales. Al precio de venta de esta especie ha aumentado entre un 530-1100 % para los pescadores, pero tan sólo entre 280-480 % para los acopiadores (Tabla 3).

Importancia local de las especies

En los años 90 la arawana (*O. bicirrhosum*) se consideraba la especie de mayor importancia de esta pesquería debido a su alto precio de venta. Según Pinto (1997), la arawana (*O. bicirrhosum*) constituía el 30,1 % de las unidades vivas movilizadas, pero representaba el 84,8 % del margen de utilidad bruto de comercialización total. Otras especies de importancia por su precio de venta alto, eran el disco (*Symphysodon aequifasciatus*) y la cucha real (*Panaque nigrolineatus*), y por número de individuos las corredoras (*Corydoras spp*), los otocinolos (*Otocinclus spp*), los tetras (*Hemigrammus spp*) y el abramite (*Abramites hypselonotus*).

El presente estudio encontró que la arawana (*O. bicirrhosum*) sigue siendo considerada la especie de mayor importancia de esta pesquería en la zona de estudio (Figura 2a). Los discos (*S. aequifasciatus*), los otocinolos (*Otocinclus spp*) y las corredoras (*Corydoras spp*) también siguen siendo importantes localmente (Figura 2b, c, e y f). De lo contrario, la cucha real (*P. nigrolineatus*), los tetras (*Hemigrammus spp*) y el abramite (*A. hypselonotus*) no fueron mencionados por los usuarios como peces de gran importancia, mientras que la tamborera (*Colomesus asellus*) (Figura 2d) apareció como una especie de gran importancia, especialmente en el sector de La Pedrera y Tarapacá.

Las corredoras (*Corydoras spp*) de mayor importancia varían para en cada punto focal de muestreo: en Leticia son los “pigmeos” (*C. hastatus*), la “juli” (*C. julii*) y la “punctatus” (*C. leucomelas*); en La Pedrera, la “bicolor” (*Corydoras bicolor*) y en Tarapacá, la “panda” (*Corydoras cf. ortegai*). La importancia de las corredoras “bicolor” y “panda”, se debe a que por ser endémicas, poseen un alto precio de comercialización en la zona.

Artes y métodos de pesca

Para los 90 existe el reporte de seis artes de pesca utilizadas en la pesquería de peces ornamentales: (i) nasa, (ii) redes de encierre (chinchorro y malla estacionaria, red bolichero), (iii) arpón, (iv) chuzos, (v) arcos con flechas, y (vi) canoas y botes a motor (Pinto 1997). En el presente estudio, se encontraron cinco artes de pesca adicionales; la careta y snorkel, el “rapichel”, el calandrio o espinel, la ballesta y el anzuelo de aguja.

Tabla 3. Precios de venta del pescador y del acopiador de la arawana plateada en los años 90 y lo observado en el 2014.

	Precio de venta pescador (pesos colombianos)		Incremento (\bar{X})	Precio de venta acopiador (pesos colombianos)		Incremento (\bar{X})
	90	2014		90	2014	
Larvas o baby's	150-400	800-1500	5,3-6,0	500-1000	2400-2800	2,8-4,8
Alevinos o voladas	350-500	4000	8,0-11,4	3000-4000	12000	3,0-4,0
Juveniles o medianas	700-1300	8000	6,2-11,4	ND	20000	-

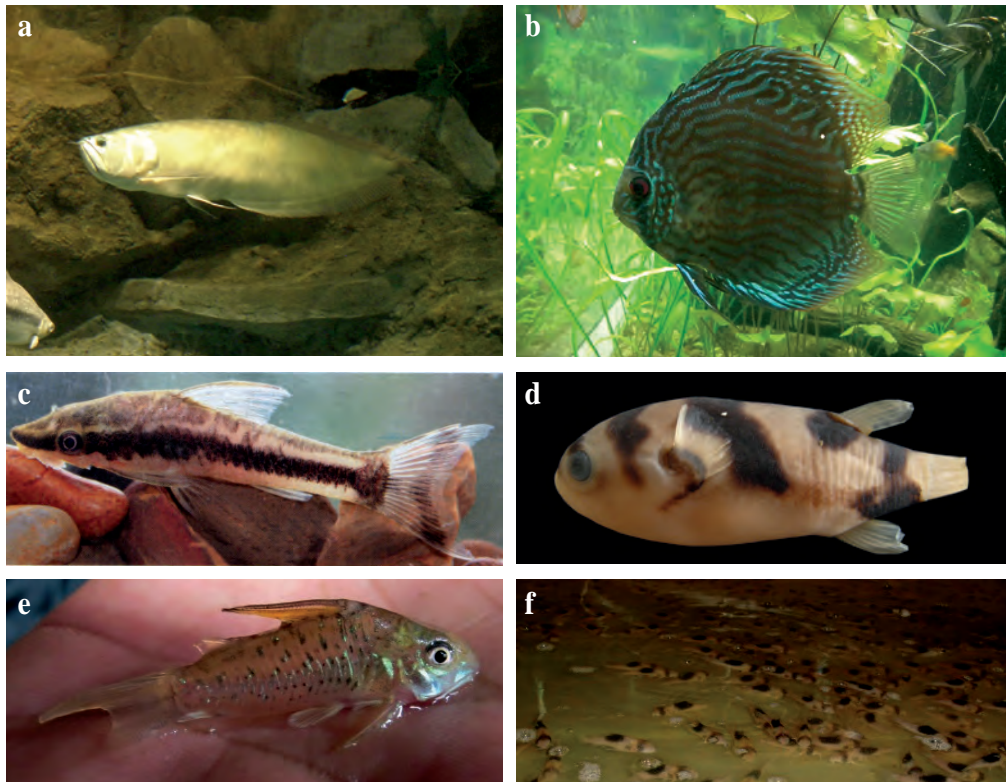


Figura 2. Peces ornamentales de importancia en la Amazonia. a) Arawana (*Osteoglossum bicirrhosum*) (Foto: M. Morales-B.). b) Disco (*Symphysodon aequifasciatus*) (Foto: M. Morales-B.). c) Otocinclus (*Otocinclus huaorani*) (Foto tomada de Galvis *et al.* 2007). d) Tamborera (*Colomesus asellus*) (Foto: A. Acosta-S. I. Sinchi). e) Pímeo (*Coryodras hastatus*). f) Corredora bicolor (*Corydoras bicolor*).

Careta y snorkel. La careta y snorkel son utilizados para capturar cuchas, rayas y corredoras en caños durante la época de aguas bajas, directamente con la mano o con el *chinchorro ornamental*. Los pescadores que poseen estos elementos en la zona de estudio, aprendieron su uso en la Orinoquia.

Rapichel. Se utiliza para capturar otocinclus (*Otocinclus spp*), corredoras (*Corydoras spp*) y tamboreras (*C. asellus*). Consiste de una tela de malla Omega (Figura 3a), con la cual los pescadores fabrican un callejón que despliegan a lo largo de los caños y luego, con canoas y nasas, arrean los peces hacia adentro. El rapichel también puede ser desplegado sobre la superficie del caño donde se observa a los otocinclus (*Otocinclus spp*) “boyar”, para que estos se quedan pegados a la tela. Para capturar las tamboreras (*C. asellus*), se utiliza igual que una red de encierre (Figura 3b).

Espinela o calandrio. Este arte de pesca se utiliza en el río Amazonas para capturar rayas adultas de gran tamaño durante su época de reproducción (julio-agosto). Cuando el pescador captura una raya hembra (*Potamotrygon spp*), esta aborta las crías que son recolectadas. La madre se devuelve al río viva ya que no tiene ningún valor comercial ni es consumida en la región.

Anzuelo de aguja. Los pescadores fabrican anzuelos a partir de agujas o alfileres para no lastimar a los ejemplares. Se utiliza principalmente para la capturar del gancho rojo (*Myloplus rubripinnis*).

Ballesta. Arte de pesca utilizado para capturar la arawana en el sector de Tarapacá. Se fabrica artesanalmente en madera simulando la forma de una escopeta, a la cual se le adapta una flecha o chuzo que se tiempla con un caucho grueso (Figura 4).

Al gatillar la puntilla de la ballesta, el arpón se dispara con mucha potencia y velocidad, conformando un arte de pesca es más efectivo que el arpón y más económico que la escopeta.

Específicamente para la pesca de arawana (*O. bicirrhossum*), Sánchez *et al.* (1996) reportan el uso de la flecha, la zagalla y la malla en el sector

de La Pedrera y únicamente el uso del chuzo en el sector de Tarapacá. El presente estudio encontró que actualmente las artes de pesca para capturar la arawana (*O. bicirrhossum*) en La Pedrera siguen siendo las mismas, mientras que en Tarapacá se han diversificado. Además del chuzo utilizado en los 90, hoy en día los pescadores utilizan la malla, la escopeta y la ballesta.



Figura 3. “Rapichel”. a) Tela malla Omega para fabricar el “rapichel”. b) Pescador utilizando el “rapichel” para capturar tamboreras (*C. asellus*) en la playa frente a Tarapacá.



Figura 4. Ballesta.

Temporadas de pesca

Sector de Leticia, río Amazonas

Sánchez *et al.* (1996) y Pinto (1997) indican que el “arawaneo” (época de pesca de larvas y alevinos de arawana) en el sector de Leticia, tenía lugar entre diciembre y abril cuando el río Amazonas tenía sus aguas en ascenso y altas. La temporada de “variedad” (época de pesca de los demás peces ornamentales), comprendía el periodo entre agosto y noviembre (Pinto 1997), cuando las aguas del río se encontraban en descenso y bajas (Figura 5). Las arawanas juveniles o “medianas” (25-30 cm) se pescaban entre agosto y septiembre, durante la época de aguas descendentes.

Actualmente la temporada de peces de “variedad” comprende los meses entre junio y noviembre, es decir, incluye dos meses más que en los 90. El “arawaneo” por su parte, comprende una dinámica compleja debido a diferencias en el régimen hidrológico de los diferentes ríos en el área de influencia de Leticia (ríos Amazonas, Jutai, Tecuai, Sacambú y Aouti Paraná) y la época de reproducción de esta especie en cada uno. Esto conlleva a que la temporada de “arawaneo” en esta localidad comprenda el periodo entre mediados de octubre hasta marzo. Es decir, la temporada de “arawaneo” cambió de fecha, no por cambios en el régimen hidrológico del río Amazonas (Figura 5) como algunos usuarios entrevistados declararon, sino debido principalmente a que los sitios de pesca de esta especie cambiaron (ver sección zonas de aprovechamiento).

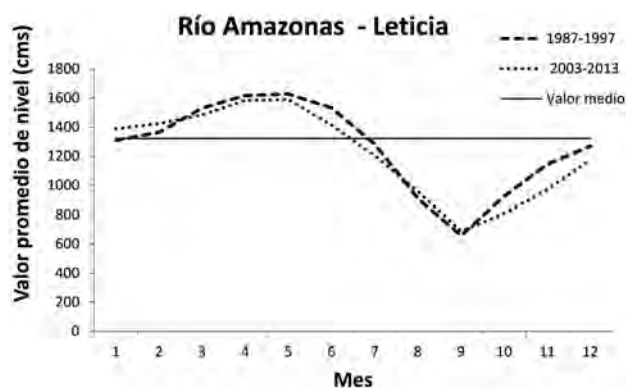


Figura 5. Valor promedio mensual del nivel del río Amazonas para los periodos 1987-1997 y 2003-2013. Fuente: Ideam, estación meteorológica N° 48017010 ubicada en Leticia.

Sector de La Pedrera, río Caquetá

En el sector de La Pedrera, la temporada de “variedad” en los 90 comprendía principalmente el periodo entre octubre y marzo (aguas descendentes y bajas), y en menor medida entre julio y agosto (aguas alta) (Pinto 1997), es decir, un total de ocho meses. Actualmente esta temporada comprende únicamente el periodo entre septiembre y febrero, cuando el río Caquetá se encuentra en aguas bajas (Figura 6), posiblemente debido a que esta actividad ya no es tan promisoriosa en este sector como veinte años atrás. Por su parte, la temporada de “arawaneo” en los 90, comprendía el periodo entre febrero y junio (aguas bajas y ascendentes) (Sánchez *et al.* 1996), mientras que hoy en día son pescadas entre principios de marzo hasta mediados de mayo. Este cambio en el periodo de pesca se debe principalmente a la veda de esta especie en este sector (Acuerdo 005 de 1997 del INPA) y posiblemente también, pero en menor medida, a un cambio en el régimen hidrológico del río, puesto que el río Caquetá actualmente alcanza su nivel máximo y empieza sus aguas empiezan a descender un poco antes que en los años 90 (Figura 6).

Sector de Tarapacá, río Putumayo

En el sector de Tarapacá, la temporada de variedad en los años 90 comprendía principalmente el periodo entre octubre y marzo (aguas descendentes y bajas), y en menor medida entre julio y agosto (aguas altas) (Pinto 1997). La temporada de “arawaneo”

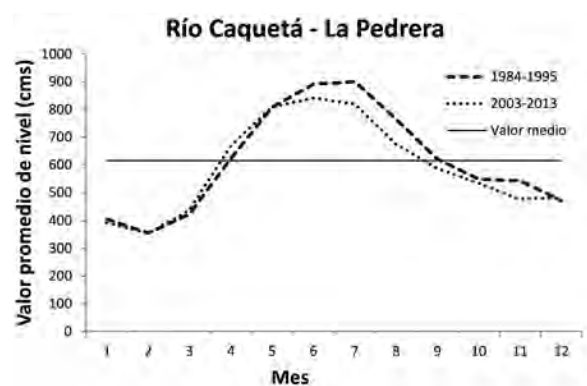


Figura 6. Valor promedio mensual del nivel del río Caquetá para los periodos 1987-1997 y 2003-2013. Fuente: Ideam, estación meteorológica N° 44187020 ubicada en La Pedrera.

comprendía el periodo entre febrero y junio (aguas bajas, ascendentes y altas) y la temporada de arawanas juveniles o medianas entre octubre y noviembre (aguas descendentes) (Pinto 1997). Actualmente la temporada de variedad en Tarapacá se presenta únicamente entre noviembre y febrero, cuando los ríos Putumayo y Cotuhé se encuentran con sus aguas bajas (Figura 7). El “arawaneo” al igual que en los años 90, comprende el periodo entre finales de febrero y termina a finales de mayo (aguas bajas, medias y altas) (Figura 8), es decir, en este sector la veda de la arawana (Acuerdo 018 de 1996 del INPA) no es respetada por los usuarios de la pesquería. Los alevinos de arawana o voladas (5-10 cm) se pescan entre junio y julio, y los juveniles o medianas (~15-20 cm) entre agosto-septiembre.

Si bien las temporadas de pesca en el sector de Tarapacá no han variado desde los años 90, al igual que para el río Caquetá, se observa que el río

Putumayo hoy en día alcanza su pico de inundación un poco antes que en los 90 (Figura 7).

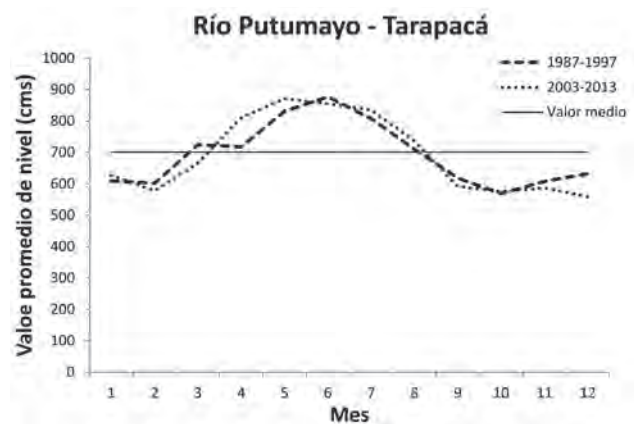


Figura 7. Valor promedio mensual del nivel del río Putumayo para los periodos 1987-1997 y 2003-2013. Fuente: Ideam, estación meteorológica N° 47107010 ubicada en Tarapacá.



Figura 8. Pesca de arawana con malla en playones del río Putumayo en época de aguas bajas (a, b, c). Pesca de arawana con flecha o chuzo en las orillas del lago Gaviota, en época de aguas altas (d).

Zonas de aprovechamiento

Área de Leticia, río Amazonas

La información disponible en Pinto (1997) indica que la zona de aprovechamiento de peces ornamentales en el área de influencia de Leticia, en el lado colombiano, comprendía la quebrada Yahuaraca, la quebrada Pichuna y Picatúa, el río Loretoyacu, el río Atacuarí y San Juan de Socó, incluyendo el lago Tarapoto. Del lado peruano, la zona de aprovechamiento iba hasta Caballo Cocha, incluyendo el río Cayarú hasta Bellavista. Del lado brasileño, comprendía el río Yavarí hasta Atalaya, incluyendo los ríos tributarios Sacambú grande y Sacambu raso (Figura 9, Anexo 1). Según Sánchez *et al.* (1996), las arawanas eran extraídas en el municipio de Puerto Nariño, desde San Juan de Atacuarí hasta San Martín de Amacayacú, incluyendo las comunidades del río Loretoyacu hasta San Juan del Socó (p. e. San Francisco, 20 de Julio, Cocha Redonda, Santarém) y Caballo Cocha en Perú (Figura 10, Anexo 1).

El presente estudio encontró que las zonas de aprovechamiento de las especies de *variedad* en el sector de Leticia, son similares a las reportadas en los 90. En el Amazonas-Solimões estas comprenden los remansos y playas que se forman en el canal principal del río, como también en algunos de sus afluentes y ecosistemas acuáticos asociados como la quebrada La Asacaya, los ríos Sacambú-Yavarí, la cocha Gamboa y el caño Erene del río Cayarú, la quebrada Yahuaraca, la quebrada La Beatriz, el río Tacana, el río Boiauasú-Atacuarí, los lagos San Juan del socó y Tipisca del río Loretoyacu y el bajo río Calderón (Figura 11, Anexo 1). Los discos provienen del río Jutai, del bajo río Putumayo-Içá y del bajo río Calderón, en Brasil. Los otocinclos provienen principalmente de las zonas inundables de los ríos Yavarí, Sacambú, y Cayarú.

Como ya se mencionó (ver sección temporadas de pesca), la pesca de larvas de arawana en el área de influencia de Leticia comprende una dinámica compleja por las diferencias en el régimen hidrológico de los diferentes ríos en esta zona y la época de reproducción de esta especie. A mediados de octubre, el “arawaneo” se presenta en el río Jutai, afluente del río Amazonas-Solimões en el Brasil. Entre noviembre y enero, se presenta principalmente en el río Yavarí



Figura 9. Zonas de pesca de peces ornamentales en la zona de influencia de Leticia (rojo), La Pedrera (morado) y Tarapacá (amarillo), para los años 90. Fuente: Pinto (1997).

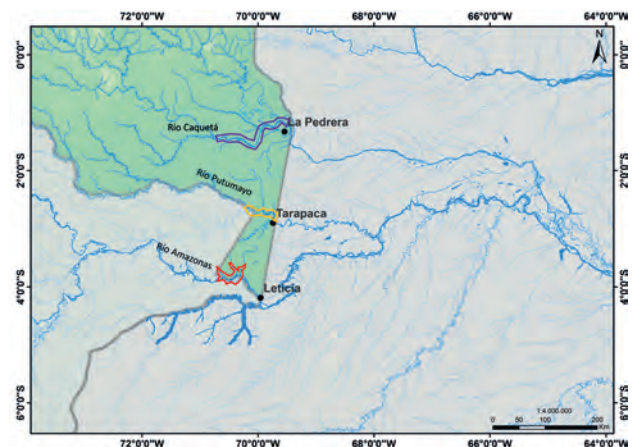


Figura 10. Zonas de pesca de arawana (*O. bicirrhosum*) para los años 90 en el municipio de Puerto Nariño (rojo), La Pedrera (morado) y Tarapacá (amarillo). Fuente: Sánchez *et al.* (1996).



Figura 11. Zonas actuales de aprovechamiento de peces de “variedad” en la zona de influencia de Leticia.

y su tributario, el río Sacambú, aunque algunos ejemplares también pueden provenir del río Tecuai (otro tributario del Yavarí). Entre enero y principios de marzo, el “arawaneo” se presenta en el río Aouti Paraná (brazuelo que conecta el río Amazonas- Solimões con el Caquetá-Japurá), en el bajo río Caquetá-Japurá y en el bajo Putumayo-Içá (Figura 12).

Las arawanas medianas o juveniles, son capturadas de mayo a junio en el río Yavarí y sus tributarios (río Sacambú y río Tecuai), cuando estos ríos se encuentran con sus aguas en descenso. Es decir, según los acopiadores entrevistados, la época de reproducción de la arawana empieza en la parte baja de los ríos y va subiendo hacia su parte media y alta de los ríos. Estos también indicaron que hoy en día ya no se acopian arawanas del municipio de Puerto Nariño, debido a los acuerdos de pesca que tienen algunas comunidades (p. e. lago Tarapoto) o porque *no hay quien pesque, ni dejan pescar*. Dice Laura: *Arriba de Puerto Nariño, después del 20 de julio, los indígenas ya no dejan entrar a pescar debido a los cultivos de coca... posiblemente para que no observemos los cultivos. Además las ganancias de la pesca por allá ya no es negocio* (A, Leticia).

Área de La Pedrera, río Caquetá

La información disponible en Pinto (1997), indica que a zona de aprovechamiento de peces ornamentales en el área influencia de La Pedrera, comprendía el sector entre Puerto Caimán y La Pedrera (Figura 9, Anexo 1). Los resultados del presente estudio indican que la corredora de mayor importancia local en La Pedrera, la “bicolor” (*Corydoras bicolor*), es explotada exclusivamente en los caños Tanimuca, Bacuri y Boliviano del resguardo indígena Comeyafú. Los otocinolos (*Otocinclus spp*) provienen de algunos caños, quebradas, “chuquios” u ondulaciones en el relieve amazónico que se llenan permanentemente de agua (Hecht 1983), y de canaguchales de las comunidades de Puerto Córdoba, Borica, Manacaro, Agosturas, Ticuna, Tanimuca y Villa Marcela (Anexo 1). La tamborera (*C. asellus*) proviene de las orillas del río Caquetá frente a La Pedrera y de los remansos que se forman en el chorro de Córdoba.

La mayoría de los discos provienen del río Caquetá-Japurá y del río Puré, desde el poblado de Limohero

hasta Villa Marcela, en Brasil, y algunos pocos de la parte baja del río Apaporis (Figura 13, Anexo 1). Según las entrevistas realizadas, en la parte colombiana los discos son poco abundantes. *En el río Apaporis hay discos, pero no es suficiente para hacer la “base”. En una noche se pueden capturar 20, mientras que en Brasil entre 200 y 300. También se puede pescar con chinchorro y sacar más de 500 en una noche*, dice José (P, La Pedrera). Lo mismo opina Pedro al decir: *En Apaporis hay, pero poco... no da la “base”. En cambio en Brasil se pueden coger 1500-2000 en una semana*” (A, La Pedrera).



Figura 12. Zonas de aprovechamiento de arawana (*O. bicirrhosum*), movilizadas principalmente por Leticia en diferentes periodos del año: octubre y noviembre (rojo), noviembre-enero (morado) y enero-marzo (amarillo).



Figura 13. Zona de aprovechamiento del disco (*Symphysodon aequifasciatus*) en el río Caquetá-Japurá.

En parte por esto esta especie es considerada por Juan como “*comercialmente extinta*” (I, La Pedrera), lo cual contrasta con la memoria histórica de Jaime, que asegura que anteriormente *del río Apaporis sacaban muchísimos discos* (I, Leticia).

Según Sánchez *et al.* (1996), las arawanas en el área de La Pedrera provenían del sector entre Tres Islas y La Pedrera (Figura 10). En el presente estudio se observó que esta especie ya no se pesca en este sector debido a su baja abundancia, razón por la cual los acopiadores deben desplazarse de río abajo, en territorio brasileño. Las arawanas actualmente provienen del sector comprendido entre Maraã, en el bajo río Caquetá-Japurá, y el río Aouti Paraná, hasta el poblado de Cerinha en Brasil (Figura 14, Anexo 1). Esto contrasta con la información consignada en las memorias del Taller de Trabajo Interinstitucional INPA - Corpoamazonia, llevado a cabo el 25-27 de junio de 1996, donde se menciona la importancia de la homologación de las políticas pesqueras entre los países (Brasil, Colombia y Perú), la necesidad de un control efectivo y que *para resolver conflictos originados por el ingreso de pescadores brasileños a áreas de pesca colombianas, se recomienda que el INPA dirija una nota informativa al Ministerio de Relaciones Exteriores, donde presente la solicitud emanada por la comunidad de pescadores de La Pedrera* (INPA-Corpoamazonia 1996: Pp. 5).



Figura 14. Zonas de aprovechamiento del arawana (*O. bicirrhosum*) en el río Caquetá-Japurá (rojo) movilizadas por La Pedrera y en el río Putumayo-Iça, movilizadas por Tarapacá (amarillo).

Es importante mencionar que los acopiadores entrevistados manifestaron no aprovechar el recurso en el río Puré, debido a que los alevinos están “en su punto” en diciembre-enero, época de veda para el río Caquetá.

Área de Tarapacá, río Putumayo

La zona de aprovechamiento de peces ornamentales en el área influencia de Tarapacá en los 90 comprendía el río sector del río Putumayo desde Tarapacá hasta la comunidad Ticuna, incluyendo los lagos de Ventura y San Cristóbal, como también los tributarios caño Peixeboy, caño Pobre y caño Miguel (Pinto 1997). Sobre en el río Cotuhé, comprendía el sector hasta Santa Lucía incluyendo el río tributario Caño Pimate (Figura 9, Anexo 1) (Pinto 1997). Las larvas o *baby's* de arawana en los 90 provenían del sector comprendido entre Puerto Palma e Ipiranga (Figura 10) (Sánchez *et al.* 1996).

Actualmente, las zonas de pesca de los peces de “variedad” en esta localidad no han variado mucho en relación a los años 90. Los otocinclos (*Otocinclus spp*) provienen principalmente del lago Tapaje, lago Cacao, lago Yacaré y de los caños de Puerto Palma. Cuando las aguas están muy bajas, estos se pescan en el canal de los ríos Putumayo y Cotuhé. La tamborera (*C. asellus*) se captura en las playas de los ríos Putumayo y Cotuhé en las cercanías de Tarapacá. La corredora “panda” (*Corydora cf. ortegai*), se encuentra únicamente en el caño Sucuruyú, tributario del río Cotuhé. Los discos provienen del caño Santa Clara, caño Pobre, caño Toro, caño Pechiboy, los caños de Puerto Palma, las orillas del río Cotuhé y del lago Quinina. La zona de aprovechamiento de la arawana (*O. bicirrhosum*) actualmente comprende el sector entre el Porvenir e Ipiranga (Figura 14, Anexo 2).

Al igual a lo que en el sector de La Pedrera para el río Puré, los pescadores de Tarapacá indicaron que las arawanas del río Cotuhé están *en su punto* entre diciembre-enero, y que por ende, no las pueden aprovechar debido a la veda para el río Putumayo.

Especies y volúmenes movilizadas

Pinto (1997) reporta que en 1996 se movilizaron desde el departamento del Amazonas 1.185.274 unidades

pertenecientes a 27 variedades o especies ícticas distintas. El 81,5 % de las unidades movilizadas estaban representadas solamente por tres variedades o especies. En primer lugar, por la arawana (*O. bicirrhosum*) (356.784 unidades, 30,1 %), seguida de las corredoras (*Corydoras spp*) (315.570 unidades, 26,6 %) y los otocinclos (*Otocinclus spp*) (294.000 unidades, 24,8 %). A estas especies le seguían importancia descendente los escalares (*Pterophyllum scalare*) (55.390 unidades, 4,7 %), estrigatas (40.900 unidades, 3,5 %), agujones (*Boulengerella spp*) (28.785 unidades, 2,4 %), doras (varias especies de la familia Doradidae) (27.500 unidades, 2,3 %), catalinas (*Bunocephalus coracoideus*) (17.150 unidades, 1,4 %) y neones (*Paracheirodon innesi*) (17.100 unidades, 1,4 %).

No obstante, Sánchez *et al.* (1996) muestran valores diferentes para las movilizaciones de la arawana (*O. bicirrhosum*) para el mismo año; un total de 106.293 unidades vivas las cuales representaban el 55,9 % del total de movilizaciones para 1996. En los años anteriores según Sánchez *et al.* (1996), los porcentajes de representatividad de arawana (*O. bicirrhosum*) con respecto a las otras especies fueron: para 1990 del 22,9 % (406.795 unidades), 1991 del 27,2 % (606.048 unidades), 1992 del 18,9 % (160.622 unidades), 1993 del 19,1 % (143.401 unidades), 1994 del 11,4 % (182.214 unidades), 1995 del 41,4 %.

El análisis de las bases de datos de la AUNAP- Leticia sobre las movilizaciones de peces ornamentales por el departamento de Amazonas durante el periodo 2007-2011 indican que se movilizó un total de 14.022.820 unidades vivas (entre 2.154.477 y 3.599.340 unidades vivas por año) de por lo menos 93 especies distintas, incluyendo las especies exóticas que algunos comerciantes están reproduciendo (Anexo 2). Los órdenes más representativos fueron los Siluriformes (64,5 %), seguido de Osteoglossiformes (29,1 %) y Characiformes (5,1 %). Las especies más representativas fueron los otocinclos (*Otocinclus spp*), la arawana plateada (*Osteoglossum bicirrhosum*), diferentes especies de corredoras (*Corydoras hastatus*, *C. leucomelas*, *C. arcuatus*, *C. agassizi* y *C. julii*), la estrigata mármol (*Carnegiella strigata*), el gancho rojo (*Myloplus rubripinnis*) y los tigrillos (*Pimelodus pictus*) entre otros (Tabla 4). De estas

especies, sólo la arawana (*O. bicirrhosum*) mostró un incremento sustancial en el número unidades vivas movilizadas desde el 2007 al 2011. De lo contrario, el gancho rojo (*M. rubripinnis*) y los tigrillos (*P. pictus*) muestran un notorio declive (Anexo 2).

Se observó que luego del 2008, el número de ejemplares movilizadas de los órdenes Siluriformes y Characiformes disminuyó considerablemente, mientras que el número de ejemplares del orden Osteoglossiformes aumentó a partir del 2009 (Figura 15). Es importante mencionar que del orden Siluriformes incluye unas 30 especies y del orden Characiformes 23 especies, mientras que del orden Osteoglossiformes solo dos especies (*O. bicirrhosum* y *O. ferreirai*), de las cuales una (*O. ferreirai*) habita en la cuenca del Orinoco y en el río Negro.

Discusión

El estudio de la pesquería de peces ornamentales en la Amazonia es complejo debido a que muchos de sus habitantes se dedican a esta actividad como una forma de “rebusque”, es decir, como una alternativa económica temporal u ocasional, ya sea pescando o actuando como intermediarios de acopiadores mayoristas, otorgándole un carácter difuso y disperso típico de pesquerías artesanales o de pequeña escala (Macedo-Lopes *et al.* 2009). No obstante, la información recolectada indica que existen actualmente más acopiadores que hace 20 años, si se tienen en cuenta los acopiadores peruanos y brasileños y los acopiadores de línea durante el “arawaneo”.

La información disponible sobre los volúmenes totales movilizadas por el departamento para los dos periodos comparados (1.391.654 unidades vivas por año en promedio entre 1990-1996, versus 2.804.564 unidades vivas por año, en promedio entre 2007-2011), sugiere que la actividad en la región se encuentra nuevamente en auge -primer auge en los años 70's según Castro (1997) y Blanco (2002)-, a pesar de que los comerciantes opinan lo contrario y que la temporada de pesca de peces de variedad en el sector de Tarapacá y La Pedrera actualmente comprende menos meses.

Tabla 4. Porcentaje de representatividad de las 28 principales especies o variedades de peces ornamentales movilizadas por el departamento del Amazonas durante el periodo 2007-2011. Fuente: registros de los salvoconductos de movilización, oficina de la AUNAP, Leticia.

Especie	Nombre vernáculo	Total 2007-2011	%
<i>Otocinclus spp</i>	Otocinco	6.379.083	45,5
<i>Osteoglossum bicirrhosum</i>	Arawana	4.075.914	29,1
<i>Corydoras hastatus</i>	Corredora astatus, pigmeos	512.170	3,7
<i>Corydoras leucomelas</i>	Corredora punctatus	496.300	3,5
<i>Corydoras arcuatus</i>	Corredora arcuatus	33.4648	2,4
<i>Corydoras agassizii</i>	Corredora agassizi	302.644	2,2
<i>Corydoras julii</i>	Corredora julis	299.156	2,1
<i>Carnegiella strigata</i>	Estrigata marmol	236.344	1,7
<i>Corydoras elegans</i>	Corredora elegans	124.320	0,9
<i>Corydoras rabauti</i>	Corredora rabauti	10.7398	0,8
<i>Myloplus rubripinnis</i>	Gancho rojo	89.220	0,6
<i>Pimelodus pictus</i>	Tigritos	77.390	0,6
<i>Nannostomus sp. 1</i>	Pencil	76.083	0,5
<i>Metynnis sp</i>	Monedas	72.268	0,5
<i>Bunocephalus coracoideus</i>	Catalina	70.530	0,5
<i>Platydoras costatus</i>	Dora rayada	64.171	0,5
<i>Abramites hypselonotus</i>	Abramites	56.651	0,4
<i>Agamyxis pectinifrons</i>	Dora de punto	56.511	0,4
<i>Pimelodus blochii</i>	Cuatro líneas	55.377	0,4
<i>Hyphessobrycon sweglesi</i>	Corazón sangriento	44.907	0,3
<i>Colomesus asellus</i>	Tamborera	42.580	0,3
<i>Corydoras splendens</i>	Corredora verde	36.444	0,3
<i>Pterophyllum scalare</i>	Escalar	35.683	0,3
<i>Carnegiella marthae</i>	Estrigata blanca	31.150	0,2
<i>Paragoniates alburnus</i>	Tetra azul	27.313	0,2
<i>Corydoras spp</i>	Corredora	23.931	0,2
<i>Corydoras armatus</i>	Corredora armatus	21.730	0,2
<i>Symphysodon aequifasciatus</i>	Disco	18.122	0,1

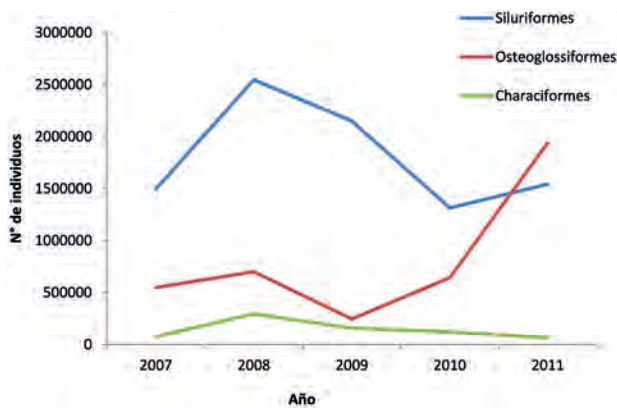


Figura 15. Número de individuos de los órdenes Siluriformes, Characiformes y Osteoglossiformes, movilizados por el departamento del Amazonas durante el periodo 2007-2011. Fuente: registros de salvoconductos de movilización, oficina AUNAP, Leticia.

El número de especies comercializadas aparentemente aumentó de 27 a 93. Sin embargo esto puede ser resultado de una mejora en la toma de información debido a la publicación realizada por el Incoder en el 2007 (Galvis *et al.* 2007), la cual facilitó la identificación de las especies de peces ornamentales a los usuarios a niveles taxonómicos más precisos. El aumento en el número de especies permitidas por la normatividad pesquera (de 140 especies en la Resolución N°80 del 1991 del INPA a 444 especies en la Resolución N° 3532 del 2007 del Incoder) y la demanda del mercado internacional por especies nuevas o raras (Ploeg 2004), también pueden ser factores explicativos de esta tendencia. No obstante, las principales especies movilizadas no han variado desde los años 90, como tampoco las especies de mayor importancia local: arawana, disco, otocinclos y corredoras. Por otro lado, actualmente algunos acopiadores se encuentran reproduciendo seis especies exóticas o variedades (*Cyprinus carpio*, *Cyprinus sp.*, *Devario malabaricus*, *Betta splendens* y *Trichogaster spp*) que en los años 90 no estaba reportado.

Si bien el nivel de escolaridad de los usuarios aumentó considerablemente, especialmente entre los pescadores, los demás indicadores socioeconómicos permanecen similares a lo observado en los 90 y el

analfabetismo sigue estando concentrado en el sector de Tarapacá. El hecho de que los exportadores fijen los precios de compra a los acopiadores mayoristas de Leticia, por un lado hace que el “endeude” caracterice la dinámica de la pesquería y por otro, que los intermediarios posean actividades económicas paralelas comprometiendo el buen desarrollo de esta pesquería en la región.

Según las entrevistas, la veda de la arawana para los ríos Putumayo y Caquetá, ha contribuido a preservar el recurso de los ríos Cotuhé y Puré respectivamente, sin embargo estas también han desencadenado conflictos sociales. En primer lugar, las comunidades asentadas sobre el río Cotuhé que anteriormente explotaban la arawana, actualmente no pueden hacerlo como antes, debido a que la temporada de “apogeo” de producción de alevinos de la arawana en este río se presenta durante el periodo de veda. En consecuencia, se observan conflictos entre estas y las comunidades asentadas sobre el río Putumayo, quienes restringen el acceso a las zonas de pesca ubicadas en lo que ellos consideran “su territorio”. La aparición de derechos de uso *de facto* de sitios de pesca ha sido ampliamente documentada en pesquerías con una gran demanda y un notorio declive del recurso natural (Ostrom 2005, Persha *et al.* 2011, Barsuto *et al.* 2012). En segundo lugar, los acopiadores colombianos han quedado en desventaja competitiva ante los peruanos, pues estos últimos al no tener veda llegan primero al mercado internacional y obtienen los mejores precios. Los acopiadores peruanos tampoco respetan la veda colombiana y por ende, pueden aprovechar el recurso primero que los colombianos, movilizándolo en vuelos chárter a Iquitos desde la frontera. La incidencia de este tipo de “usuarios no contribuyentes” o *free riders* es alta en el sector de Tarapacá, situación que si no se controla podría conllevar a la sobreexplotación del recurso pesquero.

Las diferencias observadas en las temporadas de pesca no parecen deberse a cambios en el régimen hidrológico de los ríos Amazonas, Caquetá y Putumayo. Sin embargo, sería importante verificar las temporadas de reproducción de la arawana en cada cuenca hidrográfica y determinar si es pertinente o

no, actualizar las fechas de las vedas que impuso el Estado colombiano en 1996 (Acuerdo 018 del INPA) y 1997 (Acuerdo 005 del INPA) o implementar vedas con fechas flexibles según el comportamiento de los ríos cada año.

Si bien desde los 90 a la actualidad las unidades vivas totales movilizadas por del Departamento del Amazonas se han duplicado, las zonas de pesca de dos de las principales especies (arawana y disco) se han desplazado. Mientras que hace 20 años las zonas de pesca de estas dos especies se encontraban cerca de los puntos de acopio y dentro del territorio colombiano, hoy en día la mayoría de los ejemplares provienen de los países vecinos. Esto sugiere que las poblaciones de estas especies en algunos sectores se encuentran *comercialmente extintas*, exigiéndole a los acopiadores aumentar su capacidad de pesca y costos generales, para poder encontrarlas. En lugares con pocas oportunidades de empleo es común que los pescadores se sometan a una sobreexplotación económica, inclusive llegando a una ineficiencia en la actividad (Seijo *et al.* 1997).

La extinción local de la arawana en los lagos del Yahuaraca ubicados en el medio río Amazonas, ya había sido reportada en los 90 (IGAC 1997), pero no en el lago Tarapoto o en los lagos del bajo Caquetá. Actualmente estas localidades se encuentran protegidas por acuerdos de pesca que las comunidades locales han implementado con el apoyo de algunas ONG y de Corpoamazonia. Al parecer algunas poblaciones se están recuperando (Proterra 2012), sugiriendo que se deberían implementar más iniciativas de conservación como estas.

Según lo observado, sólo en el sector de Tarapacá la explotación comercial de la arawana y del disco sigue operando en ecosistemas acuáticos bajo jurisdicción colombiana, representando una fuente de empleo importante para sus habitantes. Es importante anotar que el disco fue la primera especie íctica que se comercializó como ornamental en este sector y al parecer el impacto en las poblaciones locales es considerable. Por otro lado, la actual explotación de la arawana para fines ornamentales en este sector es también considerable, ya que durante la temporada de

pesca del año 2014 se movilizaron aproximadamente 300.000 unidades vivas de esta especie (Guzmán-Maldonado, datos no publicados).

Recomendaciones para tomadores de decisiones

Para asegurar la sustentabilidad de la pesquería de peces ornamentales en la Amazonia, es necesario que se impulsen estrategias que permitan una distribución justa y equitativa de los ingresos derivados del recurso natural (De Young *et al.* 2008). Una alternativa para esto, es que se otorguen subsidios de transporte aéreo a los comerciantes de la Amazonia, especialmente a aquellos que operan en los corregimientos de La Pedrera y Tarapacá, aumentando así el bienestar social de este eslabón de la cadena comercialización identificado como el más vulnerable.

Sería oportuno que se verifiquen las temporadas de reproducción de la arawana en cada cuenca hidrográfica, incluyendo sus principales tributarios, y determinar si es pertinente o no actualizar los periodos de veda (Acuerdo 018 de 1996 del INPA y Acuerdo 005 del INPA) o implementar vedas con fechas flexibles según el comportamiento del río cada año. Llegado el caso de que sea necesario actualizar las vedas, es de suma importancia que estas sean concertadas con el gobierno peruano. Además de esto, sería importante que se realicen evaluaciones de los costos sociales que la nueva norma podría desencadenar en las comunidades locales y se formulen estrategias para su remediación. De lo contrario, podría aumentar la aprehensión de los habitantes hacia las autoridades ambientales y pesqueras, la academia y el Estado colombiano en general.

No obstante, debido a la falta de gobernabilidad de las autoridades pesquera, ambiental y policiva en los tres puntos de muestreo (Guzmán 2013), como también a la realidad geofísica y geopolítica del sur de la Amazonia colombiana, lo más pertinente sería promover la descentralización del proceso de elaboración de políticas y relocalizarlas a nivel de comunidad (p. e. acuerdos de pesca, planes de manejo comunitario o compartido) (Jentoft *et al.*

1998; 2000, Berkes 2009). Este proceso se puede iniciar fomentando aquellas estrategias de ordenación tradicional de los pescadores o de las comunidades locales, que contribuyan a reducir la presión sobre el recurso pesquero.

A pesar de que las poblaciones de arawana en el bajo río Caquetá al parecer se están recuperando, es pertinente elevar su status de conservación de Vulnerable en la lista roja de peces dulceacuícolas de Colombia (Mojica *et al.* 2012) e impulsar las iniciativas locales para la cría de arawanas en condiciones semi-naturales.

El sector de Tarapacá debería priorizarse para investigaciones científicas que permitan establecer medidas de manejo específicas para el disco y la arawana, más aún teniendo en cuenta que allí se está implementando la ballesta para capturar la arawana, arte de pesca más lesivo para el progenitor que el tradicional chuzo o flecha. Adicionalmente, se deberían desarrollar planes de educación y concientización para una Pesca Responsable de esta especie, especialmente en relación al uso de la malla durante la época de aguas bajas y al uso de la escopeta, durante la temporada de aguas altas.

Finalmente, dado que la mayoría de peces ornamentales comercializados por el departamento del Amazonas actualmente provienen del Brasil o del Perú, especialmente las dos especies de mayor importancia para la pesquería (la arawana y el disco), es importante que se desarrollen estrategias transfronterizas para su aprovechamiento sostenible. El manejo los recursos pesqueros compartidos o transfronterizos es uno de los retos más grandes para la sostenibilidad de una pesquería (Munro *et al.* 2004). Este requiere de algún grado de cooperación y de inversión económica por los tres países (Colombia, Perú y Brasil), que permita la implementación de un programa de manejo coordinado con objetivos concertados y que los datos de toma de información pesquera sean compartidos (Gulland 1980, Munro *et al.* 2004).

Agradecimientos

Este estudio fue financiado por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt en el marco del contrato número 13-13-0086-09PS. Se agradece a Lucila Dosantos y Dagoberto Martínez por la colaboración en campo; a Bernardo Corrales (AUNAP, sede Leticia), por facilitarnos los datos de las movilizaciones de los peces ornamentales por el departamento del Amazonas; a los revisores anónimos por los comentarios; a Paula Sánchez-Duarte por la revisión de los nombres científicos; a Juliana Agudelo por su colaboración en la elaboración de los mapas y a Mónica Morales-Betancourt Germán Galvis y Astrid Acosta por las fotografías.

Bibliografía

- Aguilar, C. A. 1999. Bases conceptuales para el aprovechamiento sostenible del arawana (*Osteoglossum bicirrhosum*) en el corregimiento de La Pedrera, Amazonas, Colombia. Trabajo de grado. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Bogotá D. C. 89 pp.
- Ajiaco-Martínez, R. E., H. Ramírez-Gil, P. Sánchez-Duarte, C. A. Lasso y F. Trujillo. 2012. IV. Diagnóstico de la pesca ornamental en Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. 152 pp.
- Arce, M. y P. Sánchez-Duarte. 2002. Estudio ecológico de la fauna íctica del río Amazonas en los alrededores de Leticia, Amazonia colombiana. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Bogotá D. C. 126 pp.
- Barsuto, X., A. Cinti, L. Bourillón, M. Rojo, J. Torre y A. J. Weaver. 2012. The emergence of access controls in small-scale fishing commons: A comparative analysis of individual licenses and common property-rights in two mexican communities. *Human Ecology* 40: 597–609.
- Bejarano, I. y P. Blanco. 2001. Comunidad íctica del río Mesay durante la temporada de aguas bajas (P.N.N. Chiribiquete), Amazonia colombiana. Trabajo de grado. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Departamento de Ciencias Biológicas y Ambientales. Bogotá D. C. 125 pp.

- Berkes, F. 2009. Evolution of co-management: Role of knowledge generation, bridging organizations and social learning. *Journal of environmental management* 90: 1692-1702.
- Blanco, M. C. 1992. Ordenamiento de las pesquerías de los peces ornamentales en los Llanos Orientales. Informe Técnico. Inderena-Regional Llanos Orientales. Villavicencio, Meta. 205 pp.
- Blanco, M. C. 2002. Consideraciones sobre los peces ornamentales de Colombia. Pp. 47-54. *En*: Mojica, J. I., C. Castellanos, J. S. Usma y R. Álvarez (Eds.). El libro rojo de los peces dulceacuicolas de Colombia. La Serie de Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Ciancias Naturales - Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia.
- Castellanos, C. 2001. Distribución espacial de los peces de una quebrada de aguas negras amazónicas- Leticia, Colombia. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Bogotá D. C. 184 pp.
- Castro, D. M. 1992. La pesca en la Amazonia colombiana. Pp. 256-281. *En*: Andrade, G. I., A. Hurtado y R. Torres (Eds.). Amazonia colombiana: diversidad y conflicto. Centro de Estudios Ganaderos y Agrícolas. Bogotá D. C. 404 pp.
- Castro, D. M. 1997. Peces del río Putumayo, sector de Puerto Leguizamo. Corpoamazonia, Corporación para el desarrollo sostenible del sur de la Amazonia. Segunda edición. Bogotá D. C. 174 pp.
- Chao, N. L., P. Petry, G. Prang, L. Sonneschien y M. Tlusty (Eds.). 2001. Conservation and management of ornamental fish resources of the Rio Negro basin, Amazonia, Brazil-Project Piaba. Editora da Universidade Do Amazonas. Manaus, Brasil. 301 pp.
- De Young, C., A. Charles y A. Hjort. 2008. Human dimensions of the ecosystem approach to fisheries: an overview of context, concepts, tools and methods. Documento Técnico de Pesca 489. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 165 pp.
- Galvis, G., J. I. Mojica, S. R. Duque, C. Castellanos, P. Sánchez-Duarte, M. Arce, A. Gutiérrez, L. F. Jiménez, M. Santos, S. Vejarano, F. Arbeláez, E. Prieto y M. Leiva. 2006. Peces del medio Amazonas: Región Leticia. Conservación Internacional. Serie de Guías Tropicales de Campo 5. Bogotá D. C. 546 pp.
- Galvis, G., P. Sánchez, L. M. Mesa, Y. López, M. A. Gutiérrez, A. Gutiérrez, M. Leiva y C. Castellanos. 2007. Peces de la Amazonia Colombiana con énfasis en especies de interés ornamental. Instituto Colombiano de Desarrollo Rural, Universidad Nacional de Colombia e Instituto SINCHI, Bogotá D. C. 489 pp.
- Gómez, L. N. 2002. Aspectos biológicos y económicos de la captura, transporte, acopio y comercialización de peces ornamentales en la ciudad de Leticia (Amazonia colombiana). Estudio de caso para *Osteoglossiformes* y *Siluriformes* (Teleostei: Pisces) ornamentales. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Bogotá, D. C. 104 pp.
- Gómez, L. N. y A. A. Wood. 2003. Aspectos biológicos y económicos de la captura, transporte, acopio y comercialización de peces ornamentales en la ciudad de Leticia (Amazonia colombiana): Estudio de caso para *Osteoglossiformes* y *Siluriformes* (Teleostei: Pisces) ornamentales. *En*: Memorias IV Seminario Internacional de Acuicultura. Bogotá D. C., Colombia.
- Gulland, J. A. 1980. Some problems of the management of shared stocks. Documento Técnico de Pesca 206. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 22 pp.
- Gutiérrez, A. L. 2004. Análisis de algunos aspectos tróficos y reproductivos de la comunidad de peces de un caño de aguas negras en cercanías de Leticia, Amazonas, Colombia. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Bogotá D. C. 124 pp.
- Guzmán, A. 2013. Diagnóstico preliminar de la pesquería de peces ornamentales en tres puntos focales de la Amazonia colombiana. Informe Técnico. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. 47 pp.
- Hecht, S. B. (Ed.). 1983. Amazonia: investigación sobre agricultura y uso de tierras. CIAT. Cali Colombia. 448 pp.
- IGAC. 1997. Zonificación Ambiental para el Plan Modelo Colombo-Brasileño (eje Apaporis-Tabatinga: PAT). Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Editorial Linotipia Bolívar -Santafé de Bogotá, D. C. 410 pp.
- INPA-Corpoamazonia. 1996. Análisis del manejo y aprovechamiento de la arawana (*Osteoglossum bicirrhosum*) en la Amazonia colombiana y formulación de estrategias de ordenación. Informe Técnico. Taller de Trabajo Interinstitucional INPA-Corpoamazonia. Leticia. 6 pp.
- Jentoft, S. 2000. Legitimacy and disappointment in fisheries management. *Marine Policy* 24: 141-148.
- Jentoft, S., B. J. McCay y D. C. Wilson. 1998. Social Theory and fisheries co-management. *Marine Policy* 22 (4-5): 423-436.
- Lasso, C. A., F. de P. Gutiérrez, M. Morales-Betancourt, E. Agudelo, H. Ramírez-Gil y R. E. Ajiaco-Martínez (Eds.). 2011. Pesquería continentales de Colombia: cuencas del Magdalena,-Cauca, Sinú, Atrato, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertientes del Pacífico. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación

- de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. 304 pp.
- Macedo-Lopes, P. F., A. S. Francisco y A. Begossi. 2009. Artisanal commercial fisheries at the southern coast of São Paulo state, Brazil: ecological, social and economic structures. *Interciencia* 34 (8): 536-542.
- Maldonado, J. A, R. Vari y J. S. Usma. 2008. Checklist of the freshwater fishes of Colombia. *Biota colombiana* 9 (2): 143-237.
- Mancera, N. J. y R. Álvarez-León. 2008. Comercio de peces ornamentales en Colombia. *Acta Biológica Colombiana* 13 (1): 23-52.
- Mojica, J. I., J. S. Usma, R. Álvarez-León y C. A Lasso (Eds.). 2012. Libro rojo de peces dulceacuicolas de Colombia (2012). Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia y Universidad de Manizales. 319 pp.
- Munro, G., A. Van Houtte, y R. Willman. 2004. The conservation and management of shared fish stocks: legal and economic aspects. Documento Técnico de Pesca 465. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 71 pp.
- Ostrom, E. 2005. Understanding institutional diversity. Princeton University Press. Princeton, N. J. 384 pp.
- Persha, L., A. Agrawa y A. Chhatre. 2011. Social and ecological Synergy: Local rulemaking, forest livelihoods, and biodiversity conservation. *Science* 331:1606-1608.
- Pinto, C. A. 1997. Caracterización de la pesca de peces ornamentales en el departamento del Amazonas. Informe Técnico. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura – INPA, División de Recursos Pesqueros. Leticia. 42 pp.
- Ploeg, A. 2004. The volume of the ornamental fish trade. *FAO: Ornamental Fish International*: 48-61.
- Proterra. 2012. Evaluación participativa de los acuerdos de conservación sobre las poblaciones de Pirarucú y Arawana en lagos de la cuenca baja del río Caquetá y Apaporis. Fase IV (2012). Monitoreo biológico. Programa vigías comunitarios de la conservación. Fundación Proterra, Fondo para la Acción Ambiental y la Niñez, Conservación Internacional Colombia y Corpoamazonía. Informe técnico. 145 pp.
- Prieto, E. 2000. Estudio ictiológico de un caño de aguas negras de la Amazonia colombiana, Leticia-Amazonas. Tesis de grado. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D. C. 98 pp.
- Rodríguez, C. M. 2007. La pesca de arawana *Osteoglossum bicirrhosum* en el área de frontera Brasil-Colombia-Perú y evaluación de un sistema de manejo en cautiverio bajo condiciones de la Amazonia colombiana. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, sede Amazonas. Leticia. 189 pp.
- Sánchez, C., T. Camargo, I. C. Beltrán y M. Valderrama. 1996. Esfuerzo y captura, aspectos bioecológicos, caracterización socioeconómica y comercialización de la arawana (*Osteoglossum bicirrhosum*) en la Amazonia colombiana. Informe Técnico. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, Corporación Autónoma Regional del Putumayo. Bogotá D. C. 51 pp.
- Sánchez, C., J. Alonso, E. Agudelo y J. Chaparro. 2005. Biología de arawana (*Osteoglossum bicirrhosum*) y ensayos de levante de alevinos en jaulas, en el Parque Nacional La Paya, Puerto Leguízamo – Putumayo. Pp. 247-250. *En: Memorias del VIII Simposio Colombiano de Ictiología*. Capítulo IV, Ecología, biodiversidad y conservación. Universidad Tecnológica del Chocó Diego Luis Córdoba. Quibdó. Colombia.
- Santos, M. 2000. Aspectos ecológicos de la fauna íctica dominante en la laguna Yahuaraca (Amazonia colombiana). Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Bogotá, D. C. 99 pp.
- Seijo, J. C., O. Defeo y S. Salas. 1997. Bio-economía pesquera: teoría, modelación y manejo. Documento Técnico de Pesca 368. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 106 pp.
- Strauss A. y J. Corbin. 2002. Bases de la investigación cualitativa: técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada. Medellín, Colombia: Facultad de Enfermería de la Universidad de Antioquia, Editorial Universidad de Antioquia. 341 pp.

Anexo 1. Zonas de aprovechamiento de la arawana (*O. bicirrhosum*) y de los peces de “variedad” en la década de los 90 y lo observado por el presente estudio en el 2013.

Zonas de aprovechamiento					
90					
2013					
Punto de acopio	País	Arawana	Variedad	Arawana	Variedad
Leticia	Colombia	Municipio de Puerto Nariño, desde San Juan de Atacuari hasta San Martín de Amacayacú, incluyendo las comunidades del río Loretoyacú hasta San Juan del Socó	Río Amazonas Quebradas: Yahuaraca, Pichuna y Picatúa. Río Loretoyacú y San Juan del Socó y el lago Tarapoto. Río Atacuari	Ninguno	Río Loretoyacú, río Boyauasú-Atacuari, río Tacana y río Amazonas. Quebradas: Yahuaraca, La Beatriz y La Asacaya. Lago San Juan del Socó y Lago Tipisca
	Brasil	Río Yavari hasta Atalaya. Río Sacambú	Río Yavari hasta Atalaya. Río Sacambú	Río Jutai, río Yavari, Sacambú, río Tecuai, río Aouti Paraná, bajo río Japurá y bajo río Iça	Ríos Yavari, Amazonas, Sacambú, bajo Japurá, bajo Iça Ica y bajo río Calderón
	Perú	Caballo Cocha	Caballo cocha, río Cayarú hasta Bellavista	Río Sacambú	Río Sacambú y río Cayarú
La Pedrera	Colombia	Entre Tres Islas y La Pedrera	Río Caquetá desde La Pedrera hasta Puerto Caimán (arawans y otros). Bajo río Apaporis (discos)	Ninguno	Río Caquetá, Caños Tanimuca, Bacuri y Boliviano. Cananguchales y “chuquios” en los resguardos indígenas Curaré-Los Ingleses, Puerto Córdoba, Comeyafú y Camaritagua
	Brasil	Ninguno	Ninguno	Río Japurá y Aouti paraná, desde Mirrañ hasta Cerrinha	Río Japurá (desde limohero hasta Villa Marcela) y río Pure
Tarapacá	Colombia	Río Putumayo entre Puerto Palma y la frontera con Brasil	Río Putumayo, desde Tarapacá-hasta la Comunidad Tucuna. Río Cotuhé hasta Santa Lucía. Tributarios caño Pobre, Caño Miguel y Caño Primate. Lagos Ventura, San Cristóbal	Lagos: Cacao, Arapapá, Grande, Quinina, Gaviota, Santa Clara, piraña, San Cristóbal, Tapaje, Pirapichinga, los 14 lagos de Puerto Palma y las orillas del río Putumayo y Cotuhé	Río Putumayo, río Cotuhé y caños de altura del resguardo Cotuhé-Putumayo. Discos en Peixeboy. Corredora panda en caño Sucuruyú
	Brasil	Desde la frontera hasta Ipiranga	Ninguno	Desde la frontera hasta los lagos río abajo de Ipiranga. Lagos Arriramba, Tachú, Dario, Onça y caño Furo del Brasil, entre otros	Ninguno
	Perú	Lagos entre Puerto Palma y la frontera con Colombia	Ninguno	Lagos entre Primavera y la frontera con Colombia	Ninguno

Anexo 2. Especies y volúmenes de peces ornamentales movilizados por el departamento del Amazonas durante el periodo 2007-2011. Fuente: registros de los salvoconductos de movilización, oficina de la AUNAP, Leticia. (*) especies exóticas, (**) trasplantadas.

Orden	Familia	Especie	Nombres vernáculos	2007	2008	2009	2010	2011	Total
Myliobatiformes	Potamotrygonidae	<i>Potamotrygon motoro</i>	Raya motoro	0	758	24	49	47	878
		<i>Potamotrygon</i> sp.	Raya, raya común	609	406	15	12	15	1.057
		Subtotal Myliobatiformes		609	1164	39	61	62	1.935
Osteoglossiformes	Osteoglossidae	<i>Osteoglossum bicirrhosum</i>	Arawana	549.226	696.242	245.886	642.895	1.941.665	4.075.914
		<i>Osteoglossum ferreirai</i>	Arawana azul	0	5.135	0	0	0	5.135
		Subtotal Osteoglossiformes		549.226	701.377	245.886	642.895	1.941.665	4.081.049
Cypriniformes	Cyprinidae	<i>Cyprinus carpio*</i>	Balainas	0	300	98	0	0	398
		<i>Cyprinus</i> sp. 1 *	Golfish	0	300	30	310	0	640
		<i>Devario malabaricus*</i>	Zebra transgénica roja	0	400	0	0	0	400
		Subtotal Cypriniformes		0	1000	128	310	0	1438
Characiformes	Anostomidae	<i>Abramites hypselonotus</i>	Abramites	7.662	26.627	9.422	9.840	3.100	56.651
		<i>Leporinus fasciatus</i>	Leporinus	0	1.032	2.522	2.405	575	6.534
		<i>Chalceus erythrus</i>	Ararí	5.467	8.731	1.071	1.742	660	17.671
	Characidae	<i>Hemigrammus pulcher</i>	Tetra pulcher	0	0	400	0	1.000	1.400
		<i>Hemigrammus</i> sp.	Tetra brillante, emigramus sardina	0	250	0	0	0	250
		<i>Hyphessobrycon peruvianus</i>	Tetra trifasciatus	0	10.157	33.550	500	700	44.907
		<i>Hyphessobrycon sweglesi</i>	Corazón sangriento, Blidinger (bleeding heart)	0	0	1.500	0	0	1.500
		<i>Metynnis</i> sp.	Monedas	0	34.568	37.600	0	100	72.268
		<i>Paracheirodon innesi</i>	Neón, neón tetra, tetra loreto	0	4.000	3.000	0	7.530	14.530
		<i>Paragoniates alburnus</i>	Tetra azul	0	11.490	200	3.993	11.630	27.313
	Indeterminado 1	Sardinita, sardinita perro	0	0	0	0	406	406	
Chilodontidae	<i>Chilodus punctatus</i>	Chilodus	0	100	800	0	2.300	3.200	
	Indeterminado 2	Chillón	0	0	0	0	6	6	
Crenuchidae	<i>Characidium</i> sp.	Caracidum	0	0	0	0	100	100	
Ctenoluciidae	<i>Boulengerella</i> sp	Agujones	4.064	2.413	1.384	1.427	1.325	10.613	
Erythrinidae	<i>Hoplias malabaricus</i>	Dormilón	0	0	0	0	10	10	
Gasteropelecidae	<i>Carnegiella marthae</i>	Estrigata blanca	14.350	5.800	11.000	0	0	31.150	
	<i>Carnegiella myersi</i>	Estrigata miersi	0	5.000	0	0	0	5.000	
	<i>Carnegiella strigata</i>	Estrigata mármol, estrigata negra	32.100	91.952	23.990	73.220	15.082	236.344	

Cont. Anexo 2. Especies y volúmenes de peces ornamentales movilizados por el departamento del Amazonas durante el periodo 2007-2011. Fuente: registros de los salvoconductos de movilización, oficina de la AUNAP, Leticia. (*) especies exóticas, (**) trasplantadas.

Orden	Familia	Especie	Nombres vernáculos	2007	2008	2009	2010	2011	Total	
Characiformes	Gasteropelecidae	<i>Gasteropelecus sternicla</i>	Estrigata gastropeleucos	0	0	200	0	0	200	
		<i>Thoracocharax</i> sp.	Estrigata gallo	3.850	3.245	1.200	0	0	8.295	
	Lebiasinidae	<i>Copella vilnae</i>	Copeína	1.880	245	0	1.000	0	3.125	
		<i>Nannostomus</i> sp. 1	Pencil	2.000	38.130	9.529	21.474	4.950	76.083	
		<i>Nannostomus</i> sp. 2	Pencil trifasiatus	500	5.150	0	4850	600	11.100	
	Prochilodontidae	<i>Prochilodus</i> sp.	Prochilodus	0	0	500	0	0	500	
	Serrasalminidae	<i>Myloplus rubripinnis</i>	Gancho rojo	4.368	45.860	20.837	1.210	16.945	89.220	
			Subtotal Characiformes	76.241	294.750	158.705	121.661	67.019	718.376	
	Siluriformes	Aspredinidae	<i>Bunocephalus coracoideus</i>	Catalinas	4.220	26.925	26.919	9.016	3.450	70.530
			<i>Bunocephalus verrucosus</i>	Catalina palo, pez palo	0	0	0	0	20	20
Auchenipteridae		<i>Tatia</i> sp.	Novia	0	0	0	0	1	1	
Callichthyidae		<i>Corydoras aeneus</i>	Corydora aeneus	0	200	2620	0	0	2.820	
		<i>Corydoras agassizii</i>	Corydora agasizi	84.000	114.044	29.770	41.590	33.240	302.644	
		<i>Corydoras arcuatus</i>	Corydora arcuatus	43.680	118.650	97.853	17.050	57.415	334.648	
		<i>Corydoras armatus</i>	Corydora armatus	0	0	10.250	11.480	0	21.730	
		<i>Corydoras elegans</i>	Corydora elegans	22.950	39.380	26.420	12.280	23.290	124.320	
		<i>Corydoras hastatus</i>	Corydora astatus, pigmeos	43.860	213.390	47.430	145.930	61.560	512.170	
		<i>Corydoras julii</i>	Corydora Juli, Julis	97.050	111.513	40.493	23.870	26.230	299.156	
	<i>Corydoras leucomelas</i>	Corydora punctatus	124.240	125.798	58.357	135.255	52.650	496.300		
<i>Corydoras rabauti</i>	Corydora rabauti	22.200	29.475	7.480	37.743	10.500	107.398			
Doradidae	<i>Corydoras reticulatus</i>	Corydora reticulatus	0	35	0	0	0	35		
	<i>Corydoras reynoldsi</i>	Corydora reinaldis	0	0	0	140	0	140		
	<i>Corydoras</i> sp.	Corydoras, Corydora "panda", Corydora euclinae	0	6.150	30	11.520	6.231	23.931		
	<i>Corydoras</i> sp. 1	Corydora playera	0	12	10.300	0	0	10.312		
	<i>Corydoras splendens</i>	Corydora verde	7.600	8.940	2.700	6.965	10.239	36.444		
	<i>Megalechis thoracata</i>	Chiruy	0	0	0	0	10	10		
Doradidae	<i>Agamyxis pectinifrons</i>	Dora de punto	0	11.151	37.410	6.970	980	56.511		
	<i>Amblydoras nauticus</i>	Dora común	7.676	0	0	0	50	7.726		
	<i>Platydoras costatus</i>	Dora rayada	0	21.637	30.764	590	11.180	64.171		

Cont. Anexo 2. Especies y volúmenes de peces ornamentales movilizados por el departamento del Amazonas durante el periodo 2007-2011. Fuente: registros de los salvoconductos de movilización, oficina de la AUNAP, Leticia. (*) especies exóticas, (**) trasplantadas.

Orden	Familia	Especie	Nombres vernáculos	2007	2008	2009	2010	2011	Total		
	Loricariidae	<i>Acanthicus hystrix</i>	Cucha mama	0	4	1.075	2.255	5.024	8.358		
		<i>Ancistrus triradiatus</i>	Cucha Xenocara, Cucha punto de oro, Plecostomus	17	293	580	2.957	9.684	13.531		
			<i>Hypostomus</i> sp.	Hipostomos, cucha hipostoma	200	20	0	3.863	3.280	7.363	
			<i>Loricaria</i> sp.	Loricaria	8.530	2720	175	0	0	11.425	
			<i>Otocinclus</i> spp	Otocinclos	947.360	1.687.788	1.703.665	829.920	1.210.350	6.379.083	
			<i>Panaque nigrolineatus</i>	Cucha real	0	1.522	100	606	6.303	8.531	
			<i>Panaque</i> sp. 1	Cucha falsa zebra	0	3.921	600	200	830	5.551	
			Indeterminado 5	Cucha	1.871	310	0	0	0	2.181	
			<i>Brachyplatystoma</i> sp.	Brachyplatystoma	0	3	0	0	0	3	
			<i>Pimelodus blochii</i>	Cuatro líneas	31.570	10.806	11.200	800	1.001	55.377	
<i>Pimelodus pictus</i>			Tigres	50.280	7.000	2.800	11.230	6.080	77.390		
<i>Pimelodus</i> sp. 1			Picalón transparente	0	0	0	0	40	40		
<i>Batrochoglanis raninus</i>			Pacamas	0	4.577	2.430	1.700	2.600	11.307		
Gymnotiformes				Subtotal Siluriformes		1.497.304	2.546.264	2.151.421	1.313.930	1.542.238	9.051.157
				Caballitos		5.648	7.953	150	870	2.000	16.621
				Cuchillos		0	20	0	0	0	20
				Macaná		0	0	0	0	6	6
	Subtotal Gymnotiformes			5.648	7.973	150	870	2.006	16.647		
Cyprinodontiformes		Platys		0	4.500	800	500	0	5.800		
		Gupis, Gupi cobra		0	0	1.900	550	1.750	4.200		
		Poecilia reticulata		0	0	0	300	0	300		
		Subtotal		0	4.500	2.700	1.350	1.750	10.300		
Perciformes	Cichlidae	<i>Aequidens</i> sp.	Aequidens tallery, porquinho puerquito	0	159	0	0	0	159		
		<i>Apistogramma agassizii</i>	Apistograma agazizi	0	60	0	0	0	60		
		<i>Apistogramma</i> sp.	Apistogramas	2.065	5.050	927	6.959	1.010	16.011		
		<i>Astronotus ocellatus</i>	Oscar, carauzú	0	7	4	20	0	31		
		<i>Bujurquina mariae</i>	Bujurquina	0	0	0	50	0	50		
		<i>Cichlasoma</i> sp.	Cichlosoma, cichlosoma festivum, cichlosama severum	4.100	1.586	45	698	310	6.739		
		Subtotal		0	4.500	2.700	1.350	1.750	10.300		

Cont. Anexo 2. Especies y volúmenes de peces ornamentales movilizados por el departamento del Amazonas durante el período 2007-2011. Fuente: registros de los salvoconductos de movilización, oficina de la AUNAP, Leticia. (*) especies exóticas, (**) trasplantadas.

Orden	Familia	Especie	Nombres vernáculos	2007	2008	2009	2010	2011	Total		
Perciformes	Cichlidae	<i>Crenicichla</i> sp.	Jabón	0	0	0	0	12	12		
		<i>Crenicichla anthurus</i>	Mataguros	0	0	0	40	0	40		
		<i>Dicrosoma</i> sp.	Crenicarias	0	0	170	10	0	180		
		<i>Geophagus brasiliensis</i>	Cará, Biodotoroma cupido	6.750	0	0	0	40	6.790		
		<i>Geophagus</i> sp. 1	Juan Viejo	0	0	150	640	0	790		
		<i>Geophagus surinamensis</i>	Cará bonito	0	133	0	278	0	411		
		<i>Heros severus</i>	Falso disco	0	100	0	0	0	100		
		<i>Laetacara thayeri</i>	Laeticara thayeri	0	0	0	200	26	226		
		<i>Mesonauta festivus</i>	Festivum	220	0	190	1.676	160	2.246		
		<i>Pterophyllum scalare</i>	Escalares	9.268	12.645	2.785	5.935	5.050	35.683		
		<i>Symphysodon aequifasciatus</i>	Discos	2.309	1.915	3.219	5.218	5.461	18.122		
		Osphronemidae		<i>Betta splendens</i> **	Betas	0	160	329	55	0	544
				<i>Trichogaster</i> sp. 1 **	Gurami perla	0	800	340	0	0	1.140
<i>Trichogaster</i> sp. 2 **	Gurami azul			0	2.200	745	0	0	2.945		
Polycentridae		<i>Monocirrhus polyacanthus</i>	Pez hoja	737	5.057	210	101	2	6.107		
		Subtotal Perciformes		25.449	2.9872	9.114	21.880	12.071	98.386		
Pleuronectiformes	Achiridae	<i>Achiropsis nattereri</i>	Medio pez	0	0	0	2	50	52		
		Subtotal Pleuronectiformes		0	0	0	2	50	52		
Tetraodontiformes	Tetraodontidae	<i>Colomesus asellus</i>	Tamborera, pez globo, pez bomba	0	11.740	3.138	15.992	11.710	42.580		
		Subtotal Tetraodontiformes		0	11.740	3.138	15.992	11.710	42.580		
Indeterminado	Indeterminado	Indeterminado 6	Leonas	0	200	0	0	0	200		
		Indeterminado 7	Ilegible	0	500	0	200	0	700		
		Subtotal Indeterminado		0	700	0	200	0	900		
TOTAL			2.154.477	3.599.340	2.571.281	2.119.151	3.578.571	14.022.820			

Adriana Guzmán-Maldonado
Universidad Nacional de Colombia, sede Amazonia.
Leticia, Amazonas, Colombia

guzmadri@hotmail.com

Carlos A. Lasso

Programa Ciencias Básicas de la Biodiversidad
Instituto de Investigación de Recursos Biológicos
Alexander von Humboldt, Colombia

classo@humboldt.org.co

Análisis comparativo (1990-2014) de la pesquería de
peces ornamentales en el departamento del Amazonas,
Colombia

Cítese como: Guzmán-Maldonado, A. y C. A. Lasso. 2014.
Análisis comparativo (1990-2014) de la pesquería de peces
ornamentales en el departamento del Amazonas, Colombia.
Biota Colombiana 15 (Supl. 1): 83-108.

Recibido: 21 de mayo de 2014
Aprobado: 18 de febrero de 2015

Geographic distribution and conservation status of sawfish *Pristis* spp (Pristiformes: Pristidae) in the southern Caribbean Sea

Distribución geográfica y estado de conservación de los peces sierra *Pristis* spp (Pristiformes: Pristidae) en el Caribe sur

Santiago Gómez-Rodríguez, Juan P. Caldas, Arturo Acero-P., María A. Martínez-Silva, Paola Sáenz-Okuyama, Carlos A. Lasso & Oscar M. Lasso-Alcalá

Abstract

The former presence of sawfishes (*Pristis* spp) is confirmed for the southern Caribbean Sea from the coasts of Colombia and Venezuela, based on review of eleven rostral saws exhibited in businesses, museums and private collections, as well as bibliographic references, photographs and surveys to detect sightings or captures in both countries. We determined that *Pristis pristis* and *Pristis pectinata* were present in the southern Caribbean coasts of Colombia and Venezuela, but that they are now probably locally extinct.

Key words. *Pristis pristis*. *Pristis pectinata*. Sawfish. Threatened species. Colombia. Venezuela.

Resumen

Se confirma la presencia en el pasado de las especies de pez sierra (*Pristis* spp) en el mar Caribe de Colombia y Venezuela, a partir de la revisión de once extensiones rostrales exhibidas en establecimientos, museos y colecciones de particulares, así como la consulta bibliográfica, encuestas y el examen de material fotográfico disponible sobre avistamientos o capturas realizadas en ambos países. Se determinó que las especies presentes en el Caribe de Colombia y Venezuela eran *Pristis pristis* y *Pristis pectinata*, las cuales en la actualidad se encuentran probablemente extintas localmente.

Palabras clave. *Pristis pristis*. *Pristis pectinata*. Pez sierra. Especies amenazadas. Colombia. Venezuela.

Introduction

Sawfishes are elasmobranchs of the order Pristiformes, and the unique family Pristidae that includes two genera and five species (Faria *et al.* 2013). The genus *Pristis* is characterized by the presence of an anteriorly depressed body, with an elongate rostrum bearing large teeth on each side, two large, well-separated dorsal fins, and the posterior region of the head, anterior trunk of the body and pectoral fins widened and joined into a disc-like shape. The eyes

and spiracles are on the dorsal surface of the head. The nares and straight mouth are ventral, without barbels or grooves and with numerous teeth forming a band all along the jaws, and the anterior nares are completely separate from the mouth (Cervigón & Alcalá 1999, McEachran & Carvalho 2002).

The species reported from Colombia and Venezuela differ mainly in the number of teeth on the rostrum.

Pristis pristis has 14 to 23 pairs of teeth in its jaw, the upper and lower caudal-fin lobes are well developed and differentiated and the origin of the first dorsal fin is anterior to a vertical through the pelvic-fin origins. *Pristis pectinata* has 20 to 34 teeth, the lower caudal fin lobe is poorly developed or absent and not well differentiated from the dorsal lobe, and the origin of the first dorsal fin is at or behind a vertical through the pelvic-fin origins (Compagno & Last 1999, Faria *et al.* 2013). The records of *P. perotteti* from both countries correspond instead to *P. pristis* according to Faria *et al.* (op. cit.).

It was once thought that the genus *Pristis* consisted of two groups of species that differed in characteristics of their dermal denticles: The *P. pristis* group, commonly referred to as the “largetooth sawfishes”, included *P. pristis*, *P. perotteti* and *P. microdon* which had both their dorsal and ventral dermal denticles with crests and grooves along their anterior margins; and the *P. pectinata* group, or “smalltooth sawfishes” that included *P. clavata*, *P. zijsron* and *P. pectinata*, that lacked grooves or crests on their denticles (Deynat 2005). However Faria *et al.* (2013), using genetic analysis, determined that *P. pristis*, *P. perotteti* and *P. microdon* are just one species, for which the valid name is *P. pristis*, thus reducing to four the number of *Pristis* species in the entire world.

The worrisome situation of the sawfishes of the world has been widely recognized because their populations have been severely decimated, to the point that global captures are now only 4-6 % of historical harvests, suggesting that in many regions the population decline is more than 90 % (IUCN 2011). The main causes of sawfish mortality are directed and incidental fisheries, habitat modification and pollution, the sale of the saw and fins, and crashes with boats and wounds from propellers (Seitz & Poulakis 2006).

Keeping in mind the existing reports for species of the genus *Pristis*, the previous taxonomic confusion and the current National Action Plan for Sharks and Rays in Colombia, in which the genus *Pristis* is earmarked for high priority for research and conservation (Caldas *et al.* 2010), the “*Pristis* Colombia”, project was developed with the specific objective of determining the presence and current distribution of sawfishes in

the Caribbean versant of Colombia. At the same time, the same information was gathered for the Caribbean coasts of Venezuela.

Materials and methods

To begin this project, an exhaustive literature search was undertaken as well as the revision of available photographs and surveys. To confirm the identifications of the species of *Pristis* found in the Caribbean Sea the rostral saws of all available species were located, examined and photographed from businesses, museums, and aquarium exhibits including the following: Mundo Marino (Magdalena), Acuario El Rodadero (Magdalena), Oceanario Islas del Rosario (Bolívar) and Las Flores (Atlántico); private collections in Medellín, Antioquia in Colombia & museums in Venezuela: Museo de Historia Natural La Salle (MHNLS) and Estación Biológica de Rancho Grande (EBRG).

Morphometric methods follow Robillard & Séret (2006): i) rostrum length; ii) rostrum width at anteriormost (distal) teeth; iii) rostrum width at posteriormost teeth; iv) length of the last three distal teeth; v) distance between teeth; and vi) number of rows of teeth along the rostrum. Taxonomic identification follows Faria (2007, 2013), where the number of tooth pairs on the rostrum is the diagnostic character differentiating species of the genus.

Results

Colombia

Eight saws were examined, six of which were identified as *P. pectinata*, because they had 27 pairs of rostral teeth (Figure 1a), 28 (Figure 1b), 29 (Figure 1c), 29 (Figure 1d), 28 (Figure 1e) and 26 (Figure 1f) and two identified as *P. pristis* which each had 20 pairs of teeth (Figure 2a, b).

Venezuela

Three museum specimens of saws and one photographic record were examined *P. pectinata*: EBRG 10774 (sand bar in Lake Maracaibo) (20-04-1961) (26 pairs of teeth; photograph in Cervigón &



a. *P. pectinata*. Magdalena Department. 27 pairs of teeth.



b. *P. pectinata*. Magdalena Department. 28 pairs of teeth.



c. *P. pectinata*. Bolívar Department. 29 pairs of teeth.



d. *P. pectinata*. Bolívar Department. 29 pairs of teeth.
Livespecimen.



e. *P. pectinata*. Antioquia Department. 28 pairs of teeth.



f. *P. pectinata*. Magdalena Department. 26 pairs of teeth.

Figure 1. Photographs of saws identified as *P. pectinata*. a) Santa Marta, Magdalena. b) Santa Marta, Magdalena. c) Cartagena, Bolívar. d) Cartagena, Bolívar. e) Medellín, Antioquia. f) Santa Marta, Magdalena. Photo by www.siemma.org.



a) *P. pristis*. Magdalena Department. 17 pairs of teeth.



b) *P. pristis*. Magdalena Department. 20 pairs of teeth.

Figura 2. Photographs of saws identified as *P. pristis*. a, b) Departamento de Magdalena. Photo by www.siemma.org.

Alcalá 1999, p. 147-148) (south of Trinidad = Gulf of Paria, Delta Amacuro state) (28 pairs of teeth) (Figure 3).

Pristis pristis: EBRG 10775 (north coast Cumaná, Sucre state) (18-06-1957) (16 pairs of teeth); MHNLS (not cataloged) (Orinoco River delta, no additional data) (17 pairs of teeth).

As a complement to the revision of sawfish rostra, pertinent literature was reviewed to update the identifications of those records. And via surveys and questioning of the owners of the rostra located during this study and local ichthyologists, the distribution

pattern of *Pristis* species from the Caribbean coasts of Colombia and Venezuela was reconstructed. The two species were sympatric in Colombia and seven bibliographic records were confirmed from 1920 (Atrato River, Eigenmann 1920) up to 1985 (Cartagena Bay, Alvarez & Blanco 1985), although the latter referred to older specimens and not living specimens obtained at that date. So it was determined that both species occurred in the Atrato River, the Gulf of Urabá, Sinu River, Magdalena River, Cartagena Bay and Salamanca Island (Table 1, Figure 4).

It is important to note that *P. pectinata* was recorded mainly from the Gulf of Urabá and Cispatá Bay.



Figure 3. *Pristis pectinata*. South of Trinidad (= Gulf of Paría), Delta Amacuro state. Photo courtesy of Fernando Cervigón.

In Venezuela more records (12) were found than from Colombia, and the species probably were sympatric as well. Records date from 1925 (Gulf of Venezuela, Schultz 1949) to 2011 (Lago de Maracaibo, Barboza 2011), and as for Colombia, the recent records are actually of older reports of specimens that have probably disappeared. Both species were distributed from Lake Maracaibo to the Orinoco Delta, including Margarita Island for *P. pectinata* (Table 1, Figure 4).

Discussion

Previous studies were unclear as to the precise distribution of *Pristis* species. From the Western Atlantic, Simpfendorfer (2000), reported *P. pectinata* and *P. perotteti* and McEachran & Carvalho (2002), reported *P. pectinata* & *P. pristis*. Colombian and Venezuelan reports were also unclear. For fishing area 31 of FAO, which includes Colombia and Venezuela (Western Central Atlantic) (McEachran & Carvalho 2002), reported *P. pristis* and *P. pectinata*. More recently Charvet & Faria (2014) reported records of both species from the Caribbean.

Table 1. Historic geographic records of *Pristis* species from the Caribbean coasts of Colombia and Venezuela.

Lcality	Author/Museum	Species	Reviews
Colombia			
Atrato River	Eigenmann (1920)	<i>Pristis pristis</i> - <i>Pristis pectinata</i>	More abundant: <i>P. pectinata</i>
Gulf of Urabá	Gómez (1972)	<i>Pristis pristis</i> - <i>Pristis pectinata</i>	More abundant: <i>P. pectinata</i>
Cispata Bay	Dahl (1971)	<i>Pristis pristis</i> - <i>Pristis pectinata</i>	More abundant: <i>P. pectinata</i>
Sinú River	Dahl (1964, 1971)	<i>Pristis pristis</i> - <i>Pristis pectinata</i>	<i>P. pectinata</i> arriving at Montería and <i>Pristis pristis</i> at Betanci
Magdalena River	Dahl (1971)	<i>Pristis pristis</i> - <i>Pristis pectinata</i>	More abundant: <i>P. pectinata</i> . <i>Pristis pristis</i> travels upstream to Calamar
Cartagena Bay	Alvarez & Blanco (1985)	<i>Pristis pristis</i> - <i>Pristis pectinata</i>	More abundant: <i>P. pectinata</i>
Ciénaga Grande de Sta. Marta	Acero <i>et al.</i> (1986)	<i>Pristis pectinata</i>	-
Gulf of Salamanca	Frank & Rodríguez (1976), Acero <i>et al.</i> (1986)	<i>Pristis pristis</i> - <i>Pristis pectinata</i>	More abundant: <i>P. pectinata</i>

Cont. **Table 1.** Historic geographic records of *Pristis* species from the Caribbean coasts of Colombia and Venezuela.

Lcality	Author/Museum	Species	Reviews
Venezuela			
Lake Maracaibo sandbar	EBRG: 10774	<i>Pristis pectinata</i>	20/04/1961
Lake Maracaibo	Cervigón (1966)	<i>Pristis pristis</i> - <i>Pristis pectinata</i>	-
Lake Maracaibo	Barboza, J. (2011)	<i>Pristis pristis</i> - <i>Pristis pectinata</i>	see: "Aquellos Peces" http://gustavoguillenzulia.blogspot.com/2011/06/aquellos-peces-jesus-barboza.html
Sagua Creek, Sinamaica	Schultz (1949)	<i>Pristis pristis</i>	-
Gulf of Venezuela, Pta. Macoya	Schultz (1949)	<i>Pristis pectinata</i>	1925
Margarita Island	Cervigón & Alcalá (1999)	<i>Pristis pectinata</i>	Hypersaline lagoons
Margarita Island (La Restinga, Raya and Las Marites lagoons)	Ehemann (com. pers.)	<i>Pristis pectinata</i>	Extinct for 50 years
Cumaná (north coast)	EBRG: 10775	<i>Pristis pristis</i>	18/07/1977
Punta Arenas, Sucre state	Tavares (pers. com.)	<i>Pristis pristis</i> - <i>Pristis pectinata</i>	Upper records over 10 years ago
Araya Peninsula, Sucre state	Cervigón & Alcalá (1999)	<i>Pristis pectinata</i>	-
Southern Trinidad (= Gulf of Paria)	Cervigón & Alcalá (1999)	<i>Pristis pristis</i>	-
Southern Trinidad (= Gulf of Paria)	Tavares (pers.com.)	<i>Pristis pristis</i> - <i>Pristis pectinata</i>	Upper records over 10 years ago
Orinoco River Delta	MHNLS (not cataloged)	<i>Pristis pristis</i>	-

Dahl (1971) reported *P. perotteti* and *P. pectinata* from Colombia in the Magdalena and Sinú rivers, and mentioned that the fishermen did not distinguish between the species, that they were easily tangled in fishing nets, and that large specimens were extremely dangerous when handled. Mejía & Acero (2002) reported *P. pristis* (identified by them as *P. perotteti*), as the only species present in Colombian territory, a claim they based on review a reference collection. The other species (*P. pectinata*) was considered of doubtful presence since there were no specimens deposited in collections or museums (Mejía-Falla *et al.* 2007). Rey and Acero (2009) reported more records of *P. pectinata* than *P. pristis*. Acero (2010) and Acero & Morales-Betancourt (2010) mentioned that the two species occurred in both the Caribbean Sea and the

Atlantic Ocean. More details about this information are shown in Table 1 and Figure 4. It is important to emphasize that the people interviewed all stated that in all probability both species of sawfishes have been eliminated from the Colombian coast, with the only case of a live individual (a female of *P. pectinata*) is in the Oceanario Ceiner on San Martín de Pajares Island, of the Rosario Island archipelago), that was captured more than 26 years ago. This specimen was photographed by the the authors in December of 1989 (C. Lasso) and again in November 2012 (S. Gómez) (Figure 5). Acero *et al.* (2002) considered both *P. pectinata* and *P. pristis* as Critically Endangered (CR A2a) and no specimens have been captured since that time (Viera, R., com. pers.).

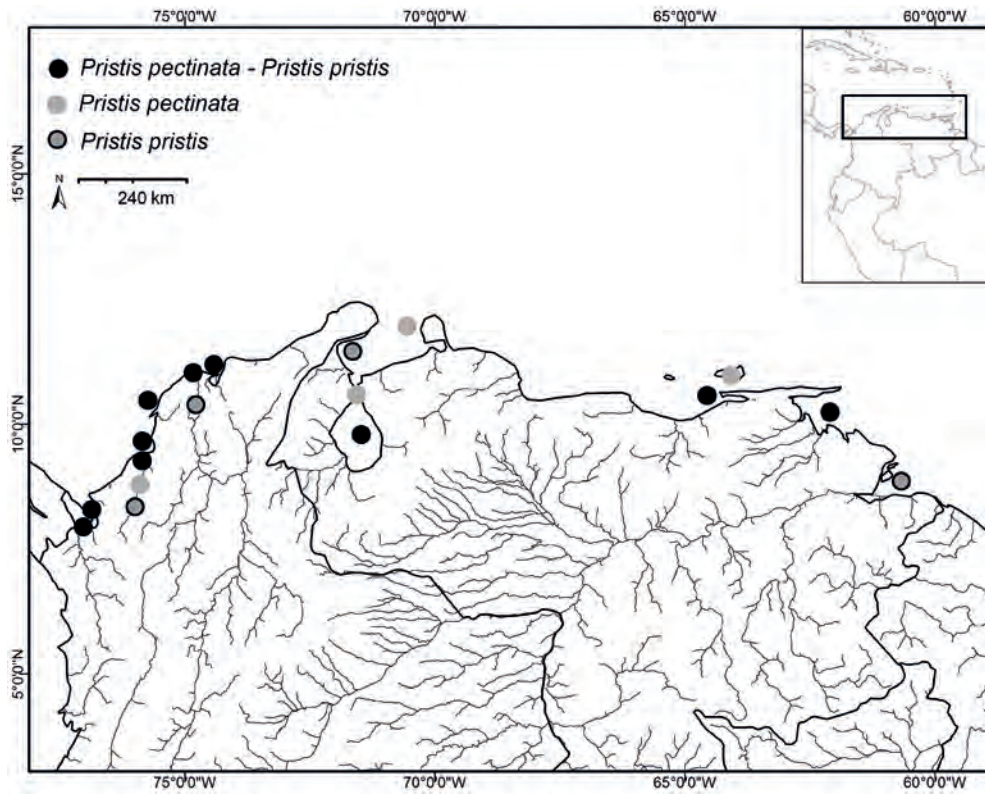


Figure 4. Geographic distribution of *Pristis* species from the Caribbean coast of Colombia and Venezuela). Map elaborated by: Mónica A. Morales-B.



Figure 5. a) Last living specimen of *Pristis pectinata* from Colombia, photographed in December of 1989 at the Oceanario Ceiner, San Martín de Pajares Island, Islas del Rosario Archipelago by C. A. Lasso. b) Photographed in November 2013 by S. Gómez.

In Venezuela there has also been confusion because of the taxonomic problems already mentioned. In Table 1 the records are shown with corrected taxonomy. Both species were common in various regions of Venezuela in the past. For example, Cervigón and Alcalá (1999) noted that *P. pectinata* was frequent and abundant in the Gulf of Paria and south of Trinidad in front of the Orinoco River delta, but that recent searches found it extirpated from that region (Lasso & Lasso-Alcalá 2011). Cervigón and Alcalá (op. cit.), stated much the same situation for the Gulf of Venezuela and Lake Maracaibo. The story is similar for *P. pristis*, which was present along the entire continental coastline of Venezuela, but is no longer found there (Tavares com. pers.). Only *P. pectinata* has been recorded from Margarita Island, from hypersaline lagoons, and the species was considered rare by Cervigón and Alcalá (op. cit.) and that Ehemann, N. (com. pers.), stated that the last sawfish captured from La Restinga, La Raya and Las Marites lagoons were over 60 years ago. Both species are considered Data Deficient (DD) in the Red Data Book (*P. pristis* identified as *P. perotteti*) (Rodríguez & Rojas-Suárez 2008), but newer evaluation of their status reports them as extinct from Venezuela (Tavares com. pers.).

Both species were used for their meat and decorative value of their jaws (Cervigón & Alcalá 1999, Acero & Morales-Betancourt 2010, Lasso & Lasso-Alcalá 2011). One former use of this species has not been previously reported: Barboza (2011) reported the following with respect to the harvest of their eggs in fish from Lake Maracaibo:

“...the unloading of the fishermen was another spectacle, with tied up animals over two meters long arriving in their long boats, grey in color and looking like sea monsters, from which a thick beak armed with two rows of teeth protruded, those were the famous sawfishes, very common in the area, and with tasty meat, whose eggs were buried until ripe, when their oil could be used to combat asthma and whose saw was painted and hung up as a trophy...”

The extinction of both species is associated with their extreme vulnerability to diverse factors including overfishing, their propensity to become entangled in fishing nets because of their jaws, incidental fishing, their narrow habitat limits, low fecundity,

late maturation and low population growth (Acero *et al.* 2002). In Venezuela, the shrimp trawling industry has negatively impacted this species (Cervigón 1992) which was perhaps the principal cause of their demise (Lasso obs. pers.). According to the IUCN both species are now classified as Critically Endangered species (CR A2 cd) and the entire family is listed in Appendix I of CITES.

In conclusion, the available data indicates that both species have been extirpated from the continental and insular Caribbean coasts of Colombia and Venezuela. Recently Harrison and Dulvy (2014) presented a global conservation strategy that will hopefully have a positive impact for the recuperation of *Pristis* populations.

Acknowledgements

The authors thank The Mohamed bin Zayed Species Conservation Fund and Idea Wild for financial help with project 11253181, the Fundación Siemma help carrying out this project. We also thank the research group “Evaluación y Ecología Pesquera de la Universidad del Magdalena”, and all of those who collaborated with the project “*Pristis* Colombia”. We must recognize Rafael Tavares, Nicolas Ehemann, Jorge D. Carrillo and Orangel Aguilera for their contribution of information about sawfishes in Venezuela. We are grateful to Mónica A. Morales-Betancourt for making the map, to Fernando Cervigón for the photograph of *P. pectinata* and to Donald Taphorn for translating the document.

Bibliography

- Acero, A. 2010. *Pristis pristis* (Pristiformes, Pristidae), Pp: 129-133. In: Lasso, C. A., E. Agudelo- Córdoba, L. F. Jiménez-Segura, H. Ramírez-Gil, M. A. Morales-Betancourt, R. E. Ajiaco-Martínez, F. P. Gutiérrez, J. S. Usma, S. E. Muñoz-Torres y A. I. Sanabria Ochoa (Eds.). Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos & Pesqueros Continentales. Instituto Alexander Von Humboldt, Bogotá.
- Acero, A. & M. A. Morales-Betancourt. 2010. *Pristis pectinata* (Pristiformes, Pristidae), Pp: 129-133. In: Lasso, C. A., E. Agudelo- Córdoba, L. F. Jiménez-Segura, H. Ramírez-Gil, M. A. Morales-Betancourt, R.

- E. Ajiaco-Martínez, F. P. Gutiérrez, J. S. Usma, S. E. Muñoz-Torres & A. I. Sanabria Ochoa (Eds.). Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales. Instituto Alexander Von Humboldt, Bogotá.
- Álvarez, R. & J. Blanco. 1985. Composición de las comunidades ictiofaunísticas de los complejos lagunares y estuarinos de la Bahía de Cartagena, Ciénaga de Tesca y Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. Pp: 535-556. *In*: Yáñez-Arancibia, A. (Ed.). Fish community ecology in estuaries and coastal lagoons: Toward and ecosystem interaction. UNAM, México.
- Barboza, J. 2011. Aquellos peces. Recuperado de <http://gustavoguillenzulia.blogspot.com/2011/06/aquellos-peces-jesus-barboza.html>
- Caldas, J. P., E. Castro-González, V. Puentes, M. Rueda, C. A. Lasso, L. O. Duarte, M. Grijalba-Bendeck, F. Gómez, A. F. Navia, P. A. Mejía-Falla, S. Bessudo, M. C. Díazgranados y L. A. Zapata-Padilla (Eds.). 2010. Plan de Acción Nacional para la Conservación y Manejo de Tiburones, Rayas y Quimeras de Colombia (PAN-Tiburones Colombia). Instituto Colombiano Agropecuario (ICA); Secretaría Agricultura y Pesca San Andrés Isla; Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT); Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (ICDR); Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras Invemar; Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt; Universidad del Magdalena; Universidad Jorge Tadeo Lozano; Pontificia Universidad Javeriana; Fundación SQUALUS; Fundación Malpelo y otros Ecosistemas Marinos, Conservación Internacional; WWF Colombia. Editorial Produmedios, Bogotá. 60 pp.
- Charvet, P. & V. V. Faria. 2014. South West Atlantic Ocean. Pp. 48-49. *In*: Harrison, L. R. y N. K. Dulvy (Eds). 2014. Sawfish: A global strategy for conservation. IUCN Species Survival Commission's Shark Specialist Group, Vancouver, Canada.
- Cervigón, F. 1996. Los peces marinos de Venezuela. Vol. IV. Segunda Edición. Fundación Científica Los Roques, Caracas. 255 pp.
- Cervigón, F. & A. Alcalá. 1999. Los peces marinos de Venezuela. Vol. V. Fundación Museo del Mar, Caracas. 230 pp.
- CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora). 2013. Fourteenth meeting of the Conference of the Parties, The Hague (Netherlands), 3-15 June 2007, Consideration of Proposals for Amendment of Appendixes I and II. CoP14 Prop. 17. 21 pp.
- Compagno, L. J. V. & P. R. Last. 1999. Pristidae. Sawfishes. Pp. 1410-1417. *In*: Carpenter, K. E. & V. Niem (Eds.).
- FAO Identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Pacific. FAO, Rome, Italy.
- Dahl, G. 1964. Los peces cartilagosos y del estuario de la bahía de Cispatá y del estuario del río Sinú. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias* 12 (46): 175-195.
- Dahl, G. 1971. Los Peces del Norte de Colombia. Inderena, Bogotá. 391 pp.
- Deynat, P. P. 2005. New data on the systematics and interrelationships of sawfishes (Elasmobranchii, Batoidea, Pristiformes). *Journal of Fish Biology* 66: 1447-1458.
- Eigenmann, C. 1920. The fishes of the rivers draining the western slope of the Cordillera Occidental of Colombia, ríos Atrato, San Juan, Dagua, and Patia. *Indiana University Studies* 46:1-19.
- Faria, V. V. 2007. Taxonomic review, phylogeny, and geographical population structure of the sawfishes (Chondrichthyes, Pristiformes). PhD Thesis. Iowa State University, USA. 219 pp.
- Faria, V. V., M. T. Mcdavitt, P. Charvet, T. R. Wiley, C. A. Simpfendorfer & G. J. P. Naylor. 2013. Species delineation and global population structure of critically endangered sawfishes (Pristidae). *Zoological Journal of the Linnean Society* 167: 136-164.
- Franky, S. M. & P. I. Rodríguez. 1976. Parque Nacional Isla de Salamanca. INDERENA. Bogotá. 209 pp.
- Gómez, A. 1972. Estudio comparativo de las ictiofauna acompañante del camarón rojo, *Penaeus duorarum notialis*, Pérez-Farfante, *Penaeus brasiliensis*, Latreille y el camarón blanco, *Penaeus schmitti* (Burkenroad) en zonas costeras al Sur de Cartagena. Trabajo de Grado. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Bogotá. 90 pp.
- Harrison, L. R. & N. K. Dulvy (Eds). 2014. Sawfish: A global strategy for conservation. IUCN Species Survival Commission's Shark Specialist Group, Vancouver, Canada. 112 pp
- IUCN, 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.1. Downloaded on 11 October 2013.
- IUCN, 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. www.iucnredlist.org. Febrero de 2012.
- Lasso, C. A. & O. M. Lasso-Alcalá. 2011. Pez sierra: *Pristis pectinata* Latham 1794 y *Pristis pristis* (Linnaeus 1758). Pp. 74-75. *In*: Lasso, C. A. y P. Sánchez-Duarte. Los peces del delta del Orinoco. Diversidad, bioecología, uso y conservación. Chevron y Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Caracas.
- McEachran J. D. & M. R. Carvalho. 2002. Pristidae, Pp: 524-526. *In*: Carpenter, K.E. The living marine resources of the Western Central Atlantic, Vol. 1: Introduction, mollusks, crustaceans, sharks, batoid fishes and chimaeras. New York.

- Mejía, L. S. & A. Acero. 2002. Libro rojo de peces marinos de Colombia. INVEMAR, Instituto de Ciencias Naturales – Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de Medio Ambiente. La serie de Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Bogotá. 174 pp.
- Mejía-Falla, P. A., A. F. Navia, L. M. Mejía-Landino, A. Acero & E. A. Rubio. 2007. Tiburones y rayas de Colombia (Pisces, Elasmobranchii): lista actualizada, revisada y comentada. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* 36: 111-149.
- Rey, I. & A. Acero. 2009. Biodiversidad íctica del Caribe Colombiano. Publicación en línea. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 250 pp. <http://intranet.utadeo.edu.co/documentos/publicaciones/biodiversidad.pdf>
- Robillard, M. & B. Séret. 2006. Cultural importance and decline of sawfish (Pristidae) populations in West Africa. *Cybius* 30 (4): 23-30.
- Rodríguez, J. P. & F. Rojas-Suárez. 2008. Libro Rojo de la fauna venezolana. Tercera Edición. Provita & Shell Venezuela S. A., Caracas, Venezuela. 364 pp.
- Schultz, L. P. 1949. A further contribution to the ichthyology of Venezuela. *Proceeding United States National Museum* 49: 1-111.
- Seitz, J. C. & G. R. Poulakis. 2006. Anthropogenic effects on the smalltooth sawfish (*Pristis pectinata*) in the United States. *Marine Pollution Bulletin* 52: 1533-1540.
- Simpfendorfer, C. A. 2000. Predicting population recovery rates for endangered western Atlantic sawfishes using demographic analysis. *Environmental Biology of Fishes*, 58: 371 – 377.

Santiago Gómez-Rodríguez

Fundación Siemma
Bogotá, D. C., Colombia
sangoro@hotmail.com

Juan P. Caldas

Conservación Internacional Colombia
Bogotá, D. C., Colombia
jcaldas@conservation.org

Arturo Acero-P.

Universidad Nacional de Colombia sede Caribe, Cecimar
Santa Marta, Colombia
aacerop@unal.edu.co

María A. Martínez-Silva

Fundación Siemma
Bogotá, D. C., Colombia
mams26@gmail.com

Paola Saenz-Okuyama

Fundación Siemma
Bogotá, D. C., Colombia
paookuyama@hotmail.com

Carlos A. Lasso

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

Oscar M. Lasso-Alcalá

Fundación La Salle de Ciencias Naturales
Museo de Historia Natural
Caracas, Venezuela
oscar.lasso@gmail.com

Geographic distribution and conservation status of
sawfish *Pristis spp* (Pristiformes: Pristidae) in the
southern Caribbean Sea

Cítese como: Gómez-Rodríguez, S., J. P. Caldas, A. Acero, M. A. Martínez-Silva, P. Saenz-Okuyama, C. A. Lasso, O. M. Lasso-Alcalá. A. 2014. Geographic distribution and conservation status of sawfish *Pristis spp* (Pristiformes: Pristidae) in the southern Caribbean Sea. *Biota Colombiana* 15 (Supl. 1): 109-117.

Recibido: 17 de diciembre de 2013

Aprobado: 20 de diciembre de 2014

Nuevo registro del cecílido *Typhlonectes compressicauda* (Duméril & Bibron 1841) (Gymnophiona: Typhlonectidae) en la Amazonia colombiana

New record of the caecilian *Typhlonectes compressicauda* (Duméril & Bibron 1841) (Gymnophiona: Typhlonectidae) from the Colombian Amazon Basin

Andrés R. Acosta-Galvis, Carlos A. Lasso y Mónica A. Morales-Betancourt

Resumen

Se registra el primer ejemplar en colección de referencia de *Typhlonectes compressicauda* (Duméril y Bibron 1841) (Gymnophiona: Typhlonectidae), proveniente de la Amazonia colombiana, corroborando así observaciones previas en la región. Los datos obtenidos incorporan información adicional sobre la historia de vida, especialmente aspectos relacionados con características físicas y químicas del hábitat.

Palabras clave. Gymnophiona. *Typhlonectes*. Hábitat. Actividad.

Abstract

The first voucher specimen in a reference collection of *Typhlonectes compressicauda* (Duméril y Bibron 1841) (Gymnophiona: Typhlonectidae), was obtained in the Colombian Amazon, confirming previous observations in the region. Additional information obtained provide additional knowledge about their life history and in particular physical and chemical habitat features.

Key words. Gymnophiona. *Typhlonectes*. Habitat. Activity.

Introducción

Los cecílidos o cecilias (orden Gymnophiona) son el grupo de anfibios con la menor información sobre sus historias de vida. Es raro encontrar muchas de las especies durante el desarrollo de estudios herpetofaunísticos, debido a la ausencia de métodos adecuados de muestreo relacionados con sus hábitos de vida acuáticos y fosoriales (Verdade *et al.* 2000, Gower y Wilkinson 2005, Lynch 2006, Tapley y Acosta 2010), así como de la identificación de sus hábitats potenciales (Lynch y Acosta 2004).

La familia neotropical de cecilias acuáticas y semiacuáticas Typhlonectidae (Verdade *et al.* 2000,

Kupfer *et al.* 2006, Wilkinson *et al.* 2011), agrupan dos géneros en el territorio colombiano, que ocupan los ambientes ribereños, lagunas y zonas inundables (Lynch 1999, Tapley y Acosta 2010). Dos especies pertenecen al género *Typhlonectes* e incluyen a *T. natans*, con amplia distribución en la región transandina de Colombia hasta el norte de Venezuela, considerada una especie común (Tapley y Acosta 2010), y *T. compressicauda*, con amplia distribución cisandina en la región nororiental de Suramérica, distribuida desde las Guayanas hasta la Amazonia peruana (Gascon *et al.* 1991, Duellman y Trueb 1994, Lynch 1999, Lescure y Marty 2000,

Lynch 2006, Maciel y Hoogmoed 2011). Para esta última especie, en Colombia únicamente se conocen los registros en dos localidades, uno proveniente de Leticia, departamento de Amazonas y fotografiado por Marvatee H. Wake (Duellman y Trueb 1994, Lynch 1999) y otro ejemplar colectado en una charca de la Hacienda Las Orquídeas, en el municipio de Puerto Gaitán, departamento del Meta (Orinoquia colombiana) (Lynch 2006).

Durante el desarrollo de estudios de la fauna acuática de la región de Leticia (Lagos de Yahuaraca), se colectó un ejemplar adicional, que permite aportar al conocimiento de la historia de vida y un registro adicional en colecciones de referencia para esta especie en el país.

Material y métodos

Como parte de los inventarios de la biodiversidad acuática desarrollados por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), en el marco del estudio “Peces y crustáceos asociados a troncos en la Orinoquia y Amazonia”, el 9 de julio de 2014 en la quebrada San Antonio, afluente del complejo lagunar Yahuaraca (04°11'35,8" S, 69°57'9,5" O, 48 m s.n.m.), municipio de Leticia, departamento de Amazonas (Colombia), se capturó



Figura 1. Ejemplar macho adulto de *Typhlonectes compressicauda* (IAvH-AM-10288), colectado en la quebrada San Antonio, afluente de la laguna Yahuaraca, en el municipio de Leticia (Amazonas, Colombia).

un macho adulto de la cecilia acuática *Typhlonectes compressicauda* (Figura 1), que fue depositado en la Colección de Anfibios del IAvH, Villa de Leyva (Boyacá, Colombia), bajo el número de catálogo IAvH-Am-10288.

Para su identificación se utilizó la literatura especializada propuesta por Taylor (1968), Wilkinson (1991), Lynch (1999) y Maciel y Hoogmoed (2011), junto con la revisión de la colección de tiflonéctidos depositados en la colección de referencia del IAvH-AM. El espécimen fue fijado usando formol al 10% y posteriormente preservado en etanol al 70%. Parte de la caracterización del ambiente donde se encontró el espécimen involucró el registro de algunos parámetros fisicoquímicos mediante un equipo Hanna HI 98129.

La localidad estudiada (Figura 2) está enmarcada en la ecorregión denominada “bosques mixtos Solimões-Japurá”, constituida por áreas selváticas inundables, bordeadas por vegetación arbustiva y árboles pequeños (*sensu* Higuera 1996). El complejo lagunar Yahuaraca se encuentra en la llanura de inundación del río Amazonas, sus aguas tienen características heterogéneas ya que recibe aportes del río Amazonas (aguas blancas tipo I) y de un pequeño tributario de aguas negras tipo I, la quebrada de Yahuaraca. Dependiendo de la época climática



Figura 2. Hábitat de *Typhlonectes compressicauda* en la quebrada San Antonio, afluente del sistema lagunar Yahuaraca en el municipio de Leticia (Amazonas, Colombia).

la mezcla de estas aguas presenta variaciones afectando la tipología de aguas del sistema. De acuerdo a los parámetros medidos en el momento de la captura, el sistema se perfiló como aguas blancas tipo II según la clasificación de Núñez-Avellaneda y Duque (2001). La intervención antropogénica es media debido a la cercanía a la ciudad de Leticia.

Material comparativo examinado

- *Typhlonectes natans*

COLOMBIA: Atlántico, Barranquilla, hembra adulta, IAvH-Am-3548 (ex IND 3548). Caldas La Dorada, corregimiento de Guarinocito, laguna Guarinocito, hembra adulta, IAvH-Am-5629 (ex IND 5629). **Cauca**, río Cauca, hembras, IAvH-Am-3520-3521 (ex IND 3520-3521). **Magdalena**, PNN Isla de Salamanca, macho adulto IAvH-Am-4318 (ex IND 4318). **Sucre**, San Benito Abad, Vda. La Caimanera, sector de La Caimanera, macho adulto, IAvH-Am-8275.

- *Potamotyphlus kaupii*

COLOMBIA: Amazonas, río Caquetá, Angosturas del Yupati, IAvH-Am-9169 (publicado en Lynch (1999) con el número 599, este número corresponde al colector original Thomas Deffler).

Resultados

Este registro corresponde al primer ejemplar en colecciones nacionales de referencia para la Amazonia colombiana y el segundo para esta bioregión tras la fotografía publicada por Duellman y Trueb (1994), en ausencia del ejemplar colectado. El ejemplar fue obtenido a las 10:24 horas mediante la colecta manual de troncos sumergidos y hallado oculto en el interior de un tronco sumergido de yarumo (*Cecropia distachya*), a 70 cm de profundidad, asociado a larvas de insectos acuáticos del orden Ephemeroptera. El microhábitat donde se localizó el tronco sumergido, corresponde a un sistema lótico con sustrato fangoso y hojarasca, donde se registraron los siguientes parámetros al momento de su captura: pH = 6,16, T= 25,4 °C, conductividad = 30 µS/cm, sólidos suspendidos totales = 15 ppm y una transparencia total.

El nuevo ejemplar (IAvH-Am-10288) posee 10 denticulaciones cloacales (Figura 3), con una longitud total de 146 mm. Exhibe 85 surcos primarios, una circunferencia en la mitad del cuerpo de 49 mm, longitud cefálica de 13,3 mm, una distancia interorbital de 7,7 mm, distancia internarinas de 5, una distancia ojo-narina de 5 y una distancia ojo-tentáculo de 4 mm, corroborando los rasgos morfométricos propuestos por Maciel y Hoogmoed (2011), quienes reportan la variabilidad morfológica de la especie en las poblaciones de la Amazonia brasileña.

En cuanto a su coloración en vida, el patrón de la superficie dorsal y lateral que incluye las regiones cefálicas, corporal y caudal, es homogénea, exhibiendo un color café-grisáceo; el área ocular presenta una coloración crema-violácea (Figura 1); las superficies ventrales se tornan de color más café y la región interna del disco cloacal es de color salmón.

Discusión

Typhlonectes compressicauda es conocido de dos localidades en Colombia. La primera en el departamento del Amazonas (Duellman y Trueb 1994, Lynch 1999), y otra en el departamento del Meta (Lynch 2006). En el caso particular de esta última, no fue inicialmente considerada en el mapa propuesto por el *Global Amphibian Assessment* (La Marca *et al.* 2010), pero la reciente actualización de Maciel y Hoogmoed (2011) agregan esta localidad. Lynch (1999) señala sobre este particular, que la ausencia de ejemplares en colecciones colombianas obedece más a la ausencia de metodologías adecuadas de muestreo, ya que *Typhlonectes compressicauda* es una especie relativamente común en los ríos y otros cuerpos de agua en las regiones de la Orinoquia venezolana y la Guayanas (Wilkinson 1996, Lynch 2006, Kupfer *et al.* 2006) y en general, en la región de la Amazonia (Duellman y Trueb 1994, Lynch 1999, Lescure y Marty 2000, Lynch 2006, Maciel y Hoogmoed 2011). El hallazgo de este ejemplar bajo el esquema de la remoción de troncos sumergidos, permite orientar metodologías alternas para la obtención de muestras e incrementar así su conocimiento biológico de este grupo tan poco conocido.

Por otra parte, al evaluar la información del hábitat reportado para *Typhlonectes compressicauda* en otras localidades, se corrobora que esta especie está asociada principalmente con ambientes lóticos que incluyen ríos medianos con evidencias puntuales de preferencia por microhábitats cripticos. Moodie (1978) reporta algunos ejemplares en túneles localizados entre 30-60 cm de profundidad en el banco de ríos. Gorzula y Señaris (1998) señalan para la Guayana venezolana, ejemplares que se movilizan en las orillas de quebradas y en las madrigueras de anguilas (*Synbranchus marmoratus*). Así mismo, Verdade *et al.* (2000) reportaron un ejemplar a 10 cm de profundidad en un río de aguas blancas en la región de Manaus (Brasil), con árboles muertos caídos, nadando activamente en la vegetación herbácea de la margen y en hábitats con fondos arenosos-arcillosos. No obstante, la información de historia de vida de esta especie se hace extensiva a ambientes lénticos y en el caso de las poblaciones de *T. compressicauda* registrados en la Guayana Francesa, estos hacen uso de pozos artificiales permanentes rodeados de vegetación densa marginal y parches de vegetación emergente asociadas a humedales (Kupfer *et al.* 2006). Lynch (2006) señala que es una especie resistente a las estaciones secas, basado en los datos de colección del único espécimen (ICN 53001) reportado hasta el presente en la Orinoquia colombiana. En este particular, Jairo Sánchez (com. pers.) quién depositó este espécimen en dicha colección, reportó su hallazgo en una charca estacional.

En cuanto a los aspectos relativos a su actividad, *T. compressicauda* presenta una marcada actividad nocturna (Moodie 1978), siendo este aspecto corroborado por Gorzula y Señaris (1998), quienes registraron la observación de un ejemplar activo en la noche al borde de una quebrada. Verdade *et al.* (2000) colectaron un ejemplar sobre las 23:00 h y Kupfer *et al.* (2006), realizaron capturas con trampas de túnel durante la noche. El ejemplar aquí reportado fue hallado oculto al interior de un tronco durante el día, aspecto que suministra evidencia sobre su probable actividad nocturna. Sin embargo, este limitado número de observaciones documentadas en otras localidades en su área de distribución, deja algunas dudas sobre si esta actividad nocturna es exclusiva

para esta especie. Las observaciones en especies muy relacionadas, como *Typhlonectes natans*, muestran que se pueden observar durante el día en rocas de las quebradas aferentes a la laguna de Guarinocito en el departamento de Caldas, o desplazándose durante la noche en zonas del plano de inundación del río Nechí en el departamento de Antioquia (Tapley y Acosta 2010), indicando así que posiblemente las especies de este género, son versátiles en cuanto a su actividad y que la disponibilidad de alimento o refugio sea factores relacionados con su actividad, donde se reconoce la búsqueda activa en presencia de alimento (p. e. restos de peces). Su dieta es insectívora, carnívora y carroñera, consumiendo desde larvas de insectos (Ephemeroptera) hasta vertebrados pequeños (Hofer 2000, Kupfer *et al.* 2006, Tapley y Acosta 2010). Es probable entonces, que el ejemplar reportado en el presente trabajo, se relacione no sólo con refugio si no que incluya la disponibilidad de alimento (Ephemeroptera).

En este sentido, se requieren mayores esfuerzos de captura, incluyendo desde la remoción de microhábitats potenciales como el aquí reportado (troncos sumergidos en ambientes acuáticos), el marcaje y seguimiento de ejemplares *in situ*, hasta la medición de parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua, junto con aspectos básicos de la historia natural como la dieta, hábitat y reproducción durante diferentes épocas climáticas.

En cuanto a los aspectos taxonómicos, se tiene que uno de los caracteres diagnósticos de *Typhlonectes compressicauda* frente a *T. natans*, está relacionado con el número de denticulaciones cloacales: *T. compressicauda* posee 10, mientras que *T. natans* tiene nueve (Taylor 1968, Wilkinson 1991, 1996, Lynch 1999). Maciel y Hoogmoed (2011) corroboran este aspecto en las poblaciones brasileñas, denotando la importancia de este carácter (Figura 3).

Sin embargo, cuestionan su validez con el hallazgo de un ejemplar (MPEG 4616), que poseía nueve denticulaciones cloacales, por lo que la asignaron a *T. natans*, dentro de una serie de varios ejemplares colectados en la misma localidad en la Amazonia brasileña identificados como *T. compressicauda*. En

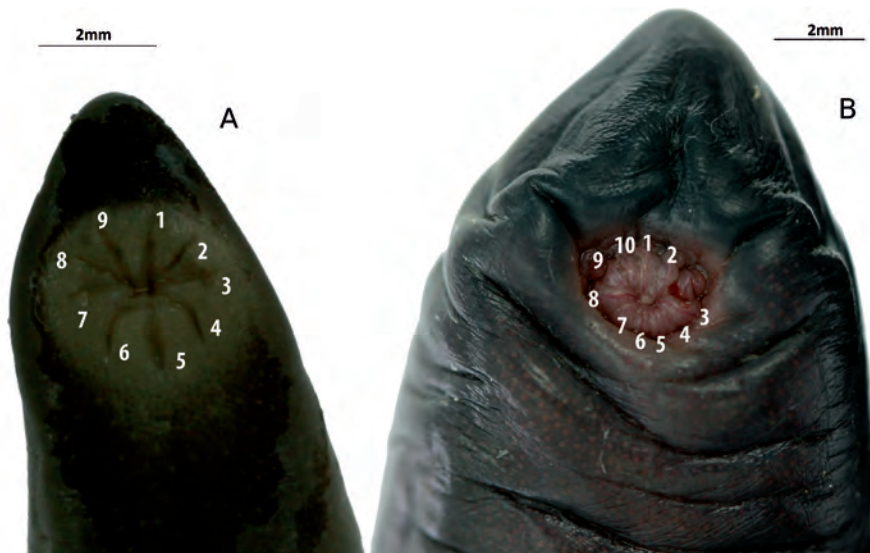


Figura 3. Denticulaciones cloacales en las especies del género *Typhlonectes* en Colombia. A) *Typhlonectes natans*, hembra adulta IAvH-Am-3548; B) *Typhlonectes compressicauda*, macho adulto IAvH-Am-10288.

este aspecto en particular, Wilkinson (com. pers. en La Marca *et al.* 2010), señala que las poblaciones reportadas requieren de una evaluación taxonómica más precisa, debido a que probablemente incluyan una serie de especies crípticas asignables a este género.

Bibliografía

- Duellman, W. E. y L. Trueb. 1994. *Biology of Amphibians*. Johns Hopkins University Press, Maryland. 670 pp.
- Gascon, P., J. S. Lima-Verde y R. B. Marqués. 1991. Una nova espécie de *Typhlonectes* da Amazônia Brasileira (Amphibia: Gymnophiona: Typhlonectidae) *Boletim do Museu Paraense, Emilio Goeldi, séries Zoologia* 7 (1): 95-100.
- Gorzula, S. y J. C. Señaris. 1998. Contribution to the herpetofauna of the Venezuelan Guayana I. A data base. *Scientia Guianae* 8 (1- 270).
- Gower, D. J. y M. Wilkinson. 2005. Conservation biology of caecilian amphibians. *Conservation Biology* 19: 45-55.
- Higuera, L. R. 1996. Información básica y socioeconómica del área de la microcuenca de la quebrada Yahuaraca. Gobernación del Amazonas, Salud y Ambiente Ltda. Leticia.
- Hofer, D. 2000. A short note about the status and abundance of caecilian populations. *Froglog* 42: 1.
- Kupfer, A., P. Gaucher, M. Wilkinson y D. Gower. 2006. Passive trapping of aquatic caecilians (Amphibia, Gymnophiona, Typhlonectidae) *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 41: 93-96.
- La Marca, E., C. Azevedo-Ramos, M. Hoogmoed, M. Wilkinson y J. Measey. 2010. *Typhlonectes compressicauda*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 06 August 2014.
- Lescure, J. y C. Marty. 2000. Atlas des amphibiens de Guyane. Patrimoine nationale 45. Muséum National d'Histoire Naturelle. Paris. 388 pp.
- Lynch, J. D. 1999. Una aproximación a las culebras ciegas de Colombia (Amphibia: Gymnophiona). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 23 (suplemento especial): 317-337.
- Lynch, J. D. 2006. The amphibian fauna in the Villavicencio region of eastern Colombia. *Caldasia* 28 (1): 135-155.
- Lynch, J. D. y A. R. Acosta. 2004. Discovery of *Oscacilia polyzona* (Amphibia: Gymnophiona: Caeciliidae) in the Middle Magdalena with notes on its abundance and habitat. *Revista de la Academia Colombiana De Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 28: 585-589.
- Maciel, A. O. y M. Hoogmoed. 2011. Taxonomy and distribution of caecilian amphibians (Gymnophiona) of Brazilian Amazonia, with a key to their identification. *Zootaxa* 2984: 1-53
- Moodie, G. E. E. 1978. Observations on the life history of the caecilian *Typhlonectes compressicaudus* (Duméril

- and Bibron) in the Amazon basin. *Canadian Journal of Zoology* 56: 1005–1008.
- Núñez-Avellaneda, M. y S. R. Duque. 2001. Fitoplancton de algunos ríos y lagos de la Amazonia colombiana. Pp. 305-335. *En*: Franky, C. y C. Zarate (Eds.). Imani Mundo, estudios en la Amazonia colombiana. Universidad Nacional de Colombia, Instituto Amazónico de Investigaciones Imani. Editorial Unibiblos. Bogotá D. C., Colombia.
- Tapley, B. y A. Acosta-Galvis. 2010. Distribution of *Typhlonectes natans* in Colombia environmental parameters and implications for captive husbandry. *Herpetological Bulletin* 113: 24-29.
- Taylor, E. H. 1968. The caecilians of the world: a taxonomic review. Lawrence, KS: University of Kansas Press. 848 pp.
- Verdade, V. K., L. C. Schiesari y J. A. Bertoluci. 2000. Diet of juvenile aquatic caecilians, *Typhlonectes compressicauda*. *Journal of Herpetology* 34: 291–293.
- Wilkinson, M. 1991. Adult tooth crown morphology in the Typhlonectidae (Amphibia: Gymnophiona): a reinterpretation of variation and its significance *Zeitschrift fuer Zoologische Systematik und Evolutionsforschung* 29: 304-311.
- Wilkinson, M. 1996. The taxonomic status of *Typhlonectes venezolense* Fuhmann (Amphibia: Gymnophiona: Typhlonectidae). *Herpetological Journal* 6: 30-31.
- Wilkinson, M., D. San Mauro, E. Sherratt y D. J. Gower. 2011. A nine-family classification of caecilians (Amphibia: Gymnophiona). *Zootaxa* 2874: 41–64.

Andrés R. Acosta-Galvis

Programa de Evaluación y Monitoreo del Estado de la Biodiversidad - Colecciones Biológicas (Anfibios y Reptiles)
Instituto de Investigación de Recursos Biológicos
Alexander von Humboldt - Claustro de San Agustín
Villa de Leyva (Boyacá), Colombia.
aacosta@humboldt.org.co

Carlos A. Lasso

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

Mónica A. Morales-Betancourt

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

Nuevo registro del cecílido *Typhlonectes compressicauda* (Duméril & Bibron 1841) (Gymnophiona: Typhlonectidae) en la Amazonia colombiana

Cítese como: Acosta-Galvis, A. R., C. A. Lasso y M. A. Morales-Betancourt. 2014. Nuevo registro del cecílido *Typhlonectes compressicauda* (Duméril & Bibron 1841) (Gymnophiona: Typhlonectidae) en la Amazonia colombiana. *Biota Colombiana* 15 (Supl. 1): 118-123.

Recibido: 20 de agosto de 2014
Aprobado: 14 de diciembre de 2014

Potential distribution of the Orinoco crocodile (*Crocodylus intermedius* Graves 1819) in the Orinoco basin of Colombia and Venezuela

Distribución potencial del caimán del Orinoco (*Crocodylus intermedius* Graves 1819) en la Orinoquia colombiana y venezolana

Mónica A. Morales-Betancourt, Carlos A. Lasso, Laura C. Bello & Francisco de Paula Gutiérrez

Abstract

Crocodylus intermedius (Graves 1819), commonly known as the Orinoco Crocodile, is an endemic species of the Orinoco River Basin that occurs in Colombia and Venezuela. Within the Neotropical Crocodylia, it is considered the most endangered species, listed as Critically Endangered. The use of potential distribution models is an important tool in biogeographical analysis for the conservation of rare and endangered species threatened with extinction. For this reason in this study we determined the potential distribution range for the Orinoco Crocodile using the maximum entropy model Maxent. Initial data to calculate potential range included 654 records of known occurrence for this species, 20 environmental and one limnological variable. The distribution of the Orinoco Crocodile was found to be correlated with precipitation climate variables and the type of water (white, clear or black).

Key words. Orinoco River Basin. *Crocodylus intermedius*. Water type. Endangered species. Conservation.

Resumen

Crocodylus intermedius (Graves 1819) comúnmente denominado caimán llanero o caimán del Orinoco, es una especie endémica de la cuenca del Orinoco, con distribución en Colombia y Venezuela. Dentro de los Crocodylia del Neotrópico, es considerada la especie más amenazada y se encuentra en la categoría de Peligro Crítico. El uso de modelos de distribución potencial en el análisis biogeográfico es una herramienta importante para la conservación de especies raras o en peligro de extinción. Es por ello que en este trabajo se buscó determinar la distribución potencial del caimán llanero mediante el uso del algoritmo de maximización de la entropía, Maxent. Como información de entrada se utilizaron 654 registros de presencia de la especie y 20 variables ambientales incluyendo una limnológica. Se concluye que la distribución del caimán llanero está relacionada con la precipitación y con el tipo de aguas (blancas, claras y negras) presentes en la cuenca.

Palabras clave. Cuenca del río Orinoco. *Crocodylus intermedius*. Tipos de aguas. Especie amenazada. Conservación.

Introduction

Crocodylus intermedius (Graves 1819) is a critically endangered species endemic to the Orinoco River Basin in Colombia and Venezuela (<http://www.iucnredlist.org/>). Its critical status is due principally to extreme overharvest of their populations during the first half of the twentieth century (Medem 1981).

In the two countries where *C. intermedius* occurs, different conservation actions have been taken. Hunting and egg collection were prohibited in Colombia by Resolution N° 411 enacted by the Ministry of Agriculture in 1968. In 1997 the species was declared to be critically endangered in Resolution 676 and in 1998 the Ministerio del Medio Ambiente, the Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH) and the Universidad Nacional de Colombia-Unal, formulated the National Conservation Plan for the Orinoco Crocodile (Procaimán). Their principal objective was to “prevent the extinction of the species and promote its recovery, to thus contribute to their conservation and integration into regional economic and cultural systems” (MMA *et al.* 1998). Within the framework of that plan various projects and activities have been carried out, mainly by the Tropical Biological Station “Roberto Franco”. These initiatives have been focused on *ex situ* conservation, so today development of *in situ* projects are a top priority in Colombia.

Meanwhile in Venezuela, the first legal actions to conserve *C. intermedius* - given the evidence that indicated extremely reduced population numbers - were taken in the 70's of the last century. First, hunting was prohibited (as it was for many other species) by a decree issued on April 4, 1973, a decision later ratified by presidential resolution in 1979 (Seijas 2011). Diverse conservation strategies were then implemented, including a captive breeding program that started in the mid 80's. In addition, the Caño Guaritico Wildlife Refuge, Fishing Reserve and Protection Zone was created by decree N° 2702 of 1989. This protected area was used as a pilot project for the reintroduction into natural systems of Orinoco crocodiles raised in captivity. Since 1990, the release of captive-raised animals has become routine in several sites of the Venezuelan Llanos (Seijas 2011). Furthermore, in 1993 the Crocodile Specialist Group

in Venezuela (GECV) published an Action Plan: Survival of the Orinoco Crocodile in Venezuela 1994 -1999 (FUDENA 1993), and in 1994 the Ministerio del Ambiente published a Strategic Plan: Survival of the Orinoco Crocodile in Venezuela (Profauna 1994). More recently in 2007 the National Strategy for the Conservation of the Orinoco Crocodile in Venezuela and Action Plan was updated and published (GECV 2007).

Breaking a world record for reintroductions of this kind, from 1990 to 2010 more than 7600 Orinoco Crocodiles were released into the wild in Venezuela (Seijas 2011). Studies *in situ* have shown that a new population with at least 400 subadult and adult individuals has been established in the Caño Guaritico Refuge, in the section that is part of Hato El Frío in the state of Apure, which throughout the world is considered to be a remarkable success, especially considering that for the first time a stable crocodile population has become established based exclusively on specimens raised in captivity (Antelo 2008).

These *in situ* conservation projects of the Orinoco Crocodile in Venezuela have generated fruitful local results, and so could serve as examples to be replicated in habitats where crocodiles might be reintroduced, or where extant populations need reinforcement. To be able to do that successfully it is essential to know the potential distribution of the species, which because it continues to be critically endangered, is today absent from much of its original natural range. It should be possible to return the Orinoco Crocodile to regions where it is currently locally extinct, recovering at least part of its previous natural distribution and contributing to the reestablishment of populations that could restore equilibrium in aquatic ecosystems where it has been extirpated.

For this purpose, species distribution modelling tools (MDE) are especially useful. These tools are based, either explicitly or implicitly, on the ecological niche concept of Hutchinson (1957) and take into account climate and geomorphologic parameters that determine the niche of each species (Martínez-Meyer 2005). The delimitation of the niche for each species is created using geographic overlays that plot

the records of species occurrence in multidimensional environmental space using climate and geographic layers available in geographic information systems (GIS). Starting there, the different MDE methods use different rules and mathematical algorithms to define niche boundaries for each species. Once an abstract niche definition is obtained, dots from occurrence records are projected into geographic space to produce a predictive map of potential distribution (Tsoar *et al.* 2007).

These models have been widely used to determine places of particular interest for conservation, sites where species can be reintroduced (Martínez-Meyer *et al.* 2006), sites where future exploration is required (Pearson *et al.* 2007) and are currently being used to predict changes in species distributions caused by climate change (Martínez-Meyer 2005, Phillips *et al.* 2006).

In this report our objective is to generate information about the potential distribution of the Orinoco Crocodile that will be useful to the efforts for its conservation, especially with regard to possible areas where reintroduction could be successful, or where reduced populations need reinforcement.

Materials y methods

Study area

The Orinoco River Basin is a binational drainage shared between Venezuela (65 %) and Colombia (35 %), with a total surface area of 991,587 km², of which 347,165 km² are in Colombian territory (Domínguez 1998) (Figure 1). In water volume the Orinoco is the third largest river in the world. Along its 2,150 km length, tributaries drain the Guyana Shield, the Eastern slopes of the northern Andes Mountains, the Coastal

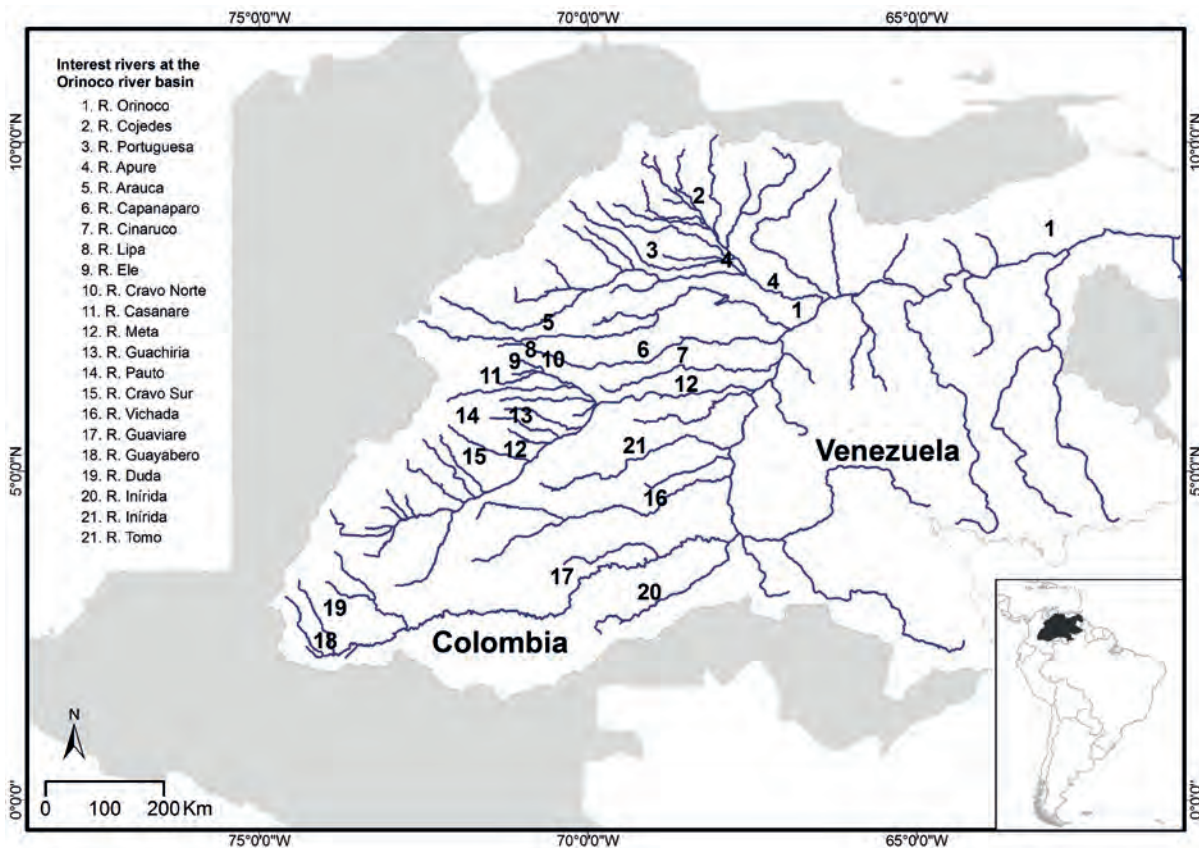


Figure 1. Orinoco River Basin.

Mountain Range of Venezuela, plains of the Amazon Basin transition region, and the seasonally flooding plains and high plains (llanos) of western Colombia and the eastern-central region of Venezuela to finally form a delta at its juncture with the Atlantic Ocean (Rosales *et al.* 2010).

The Orinoco River Basin includes rivers with the three main types of water as defined by Sioli (1975) that mainly differ in their apparent color: white (turbid), clear (more or less transparent) and black (tea-colored). Whitewater rivers are more productive and richer in nutrients and electrolytes, have high conductivity, pH near neutral (6.2-7.2), and owe their color to the turbidity caused by suspended inorganic sediments, such as illite and motmorillonite clays that are transported from the Andes Mountains to the alluvial plains (Lasso 2004).

Blackwater rivers originate in the Orinoco Guiana Shield or the penepains of Precambrian origin, and drain sandy soils of floodplain forests, acquiring their characteristic tea color from the great quantity of decomposing organic material that leach from podsoils or histosols. Their transparent but darkly stained water is low in conductivity, with acid pH due to the large number of soluble acids (especially fulvic and humic) that leach from organic material (Sioli 1975, Lasso 2004). Because of these characteristics they are less productive (oligotrophic) than white or clearwater rivers.

Most rivers with clear water originate on flat terrain, covered with forests that attenuate the erosive effects of the rains that penetrate the soil without producing runoff (Sioli 1975). These waters are transparent or greenish, depending on the hydrochemistry characteristics of the soil through which they flow. They tend to become turbid in the rainy season, have varying pH (from 4.5-7.8) less acid than blackwaters but more acid than clearwater streams (Lasso 2004). They are typically found on the Guiana Shield and high plains (Rosales *et al.* 2010). In figure 2 rivers of each water type are shown.

In an ecosystemic framework including both terrestrial and aquatic ecoregions (taking into account shoreline corridors), Rosales *et al.* (2010), recognized ten major

regions: the Guyanese Orinoco, Orinoco Andes, coastal Orinoco, the Orinoco plains, the Orinoco high plains, the Orinoco-Amazon transition zone and the flooded riparian corridors of the main channel and its tributaries: Upper Orinoco, and lower Orinoco Delta.

Model of potential distribution

To model potential distribution of the Orinoco Crocodile (*Crocodylus intermedius*) the MaxEnt algorithm was considered to be more efficient than other predictive models (Elith *et al.* 2006, 2011). MaxEnt is based on the principle of maximized entropy (version 3.3.3.k) (Phillips *et al.* 2006, Phillips and Dudík 2008), that seeks to generate distributions of probability that involve the greatest level of uncertainty in situations with incomplete data (Raynal 2008), that is to say, it only uses presence data (occurrence sites). The result from MaxEnt is a geographic potential distribution model for the species inferred from climate parameters (Elith *et al.* 2006). The model correlates presence data for the species with environmental parameters. Each site of occurrence is taken to be a source location instead of a sink location, assuming that the conditions where the species is present are optimal to define its fundamental niche (Phillips *et al.* 2006). Based on these correlations MaxEnt determines the ecological niche of each species and assigns a probability of occurrence to each pixel (cell) in the predetermined space (Phillips *et al.* 2006).

The variables that were used to apply the model were: records for the occurrence of the species, climate information, limnological or hydrochemical information (water type: white, clear, or black). The algorithm was given occurrence records from both countries based on collection or observation of the species from different sources such as scientific publications (Godshalk 1978, Medem 1981, Thorbjarnarson y Hernández 1992, Castro *et al.* 2012, Clavijo & Anzola 2013), grey literature (Lugo & Ardila-Robayo 1998), databases and personal observations of researchers. If occurrence records are geographically skewed (for example by oversampling in some regions) valid predictive models can be applied, if and when the geographic array of records is representative of the environmental habitat variability present in the study area (García *et al.* 2011).

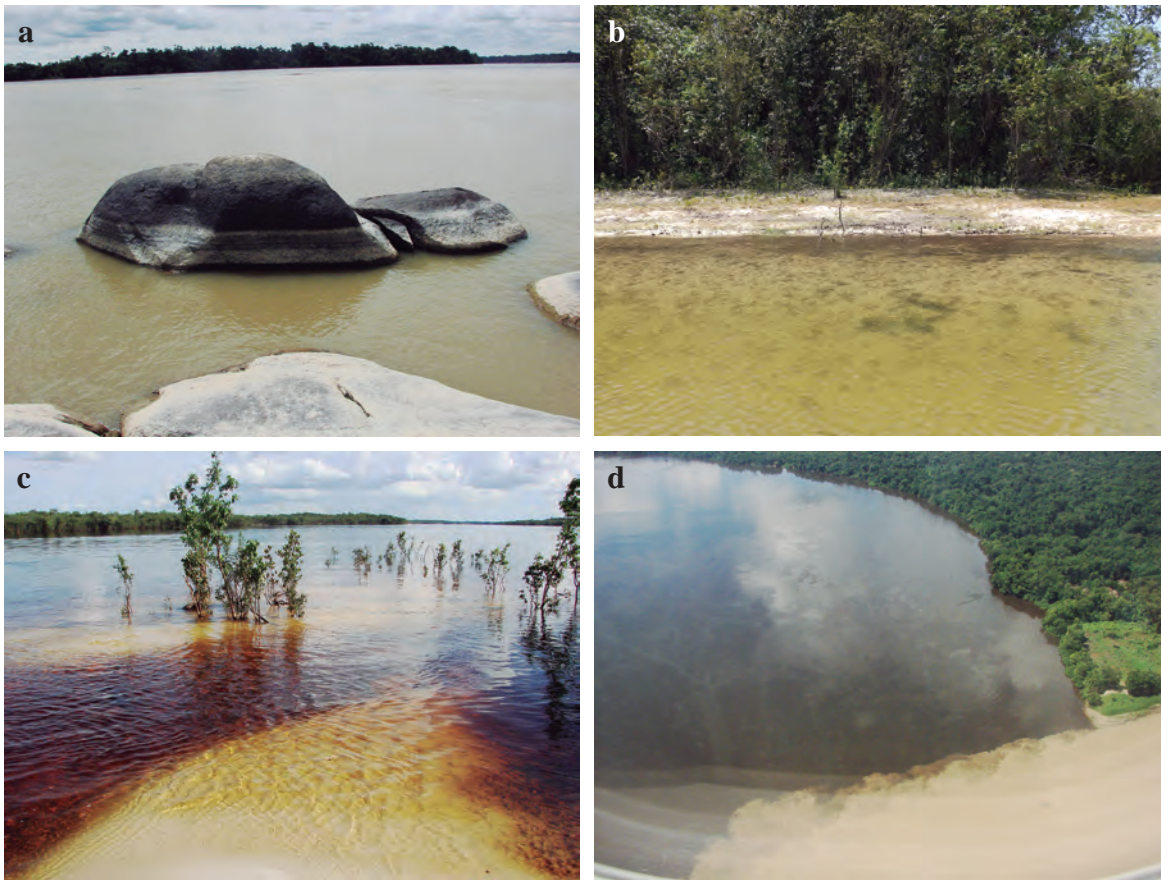


Figure 2. Types of water in the Colombian Orinoco River Basin: a) Guaviare river (whitewater), b) caño Dagua (clearwater), c) Atabapo river (blackwater), d) confluence of Inirida river (black) with Guaviare river (whitewater).

Nineteen Worldclim bioclimatic variables and one hydrological variable were used (Table 1) for the selected area, with a resolution of 30 seconds (1 km aprox.) (Hijmans *et al.* 2005). The climate layers available in Worldclim were interpolated using a world meteorological network that incorporates averages mainly from the period from 1960-1990 (Hijmans *et al.* 2005).

With respect to the limnological information, a map of water types using the Sioli (1975) system was constructed: white, clear and black. This was done using the Arcgis 10.1 program. Information was compiled from various sources: bibliographic information (Vegas-Villarrubia *et al.* 1988a, b, Lasso 2004, Galvis *et al.* 2007), limnological databases from NGOs, and consultation with experts.

Two models were tested, one with occurrence data and climate (model 1) and the other adding the water type variable (model 2), to see which gave a better fit, taking into consideration that the Orinoco Crocodile is an aquatic species.

In each model the records were divided into 75 % for training and 25 % for evaluation. The models were evaluated using the statistical procedure “area below the curve” (AUC) by cross validation. This procedure assumes values from 0 to 1 and measures the discriminatory capacity of the models. A value of 1 corresponds to perfect discrimination between areas of presence and absence; a value of 0.5 indicates discrimination not significantly different from that expect by chance. Models with scores above 0.7 are considered acceptable (Fielding & Bell 1997).

Table 1. Bioclimatic variables.

Variable	Significance
BIO 1	Mean annual temperature
BIO 2	Mean diurnal temperature range [(T ⁰ máx-T ⁰ min) monthly mean)].
BIO 3	Isothermality [(Bio2/Bio7) x 100]
BIO 4	Temperature seasonality (standard deviation x 100)
BIO 5	Maximum temperature in hottest month
BIO 6	Minimum temperature in coolest month
BIO 7	Annual temperature range (Bio5-Bio6)
BIO 8	Mean temperature in trimester with highest rainfall
BIO 9	Mean temperature in driest trimester
BIO 10	Mean temperature of hottest trimester
BIO 11	Mean temperature of coolest trimester
BIO 12	Annual precipitation
BIO 13	Precipitation of wettest month
BIO 14	Precipitation
BIO 15	Precipitation seasonality (coefficient of variance)
BIO 16	Precipitation of wettest trimester
BIO 17	Precipitation of driest trimester
BIO 18	Precipitation of hottest trimester
BIO 19	Precipitation of coolest trimester

Results

To use the models, 654 occurrence records from both countries were used (Figure 3) and a water type map was constructed for the Orinoco River Basin (Figure 4).

Application of model 1 included the 19 climate parameters and occurrence of *C. intermedius*. The graphic output from the MaXent is shown in figure 5. The model had an AUC value of 0.86. According to the potential distribution model, it can be observed that the north-western region of the basin has a high probability of favorable conditions for the Orinoco Crocodile, and that the probability diminishes to the southeast. In the eastern part of the basin, the probability of favorable conditions is very low.

The result from model 2 had a higher AUC value of 0.93. The graphic output (Figure 6) shows that in the Venezuelan Orinoco Basin only in the northwest section are favorable conditions indicated for this species.

In the Apure River drainage (and its subdrainage, the Portuguesa River), specifically in the Cojedes River systems, the area of highest probability of favorable habitat conditions for the species is found, followed by the Arauca River drainage. On the Colombian side, there are high probabilities of favorable habitat in the Meta River drainage, especially in the Lipa-Ele-Cravo Norte systems and its mouth with the Casanare River, as well as the lower portion of the Meta River drainage. To a lesser degree, the upper Vichada and Guaviare River were classified as favorable, especially the Duda-Guayabero system.

In table 2 the percent contribution of the most significant (> 10 %) parameters are shown for both models. Variables Bio 14 (precipitation in driest month) and Bio 15 (precipitation seasonality), contributed most to model 1, but in model 2 water type (distance to blackwater rivers and distance to whitewater rivers, and temperature seasonality contributed more.

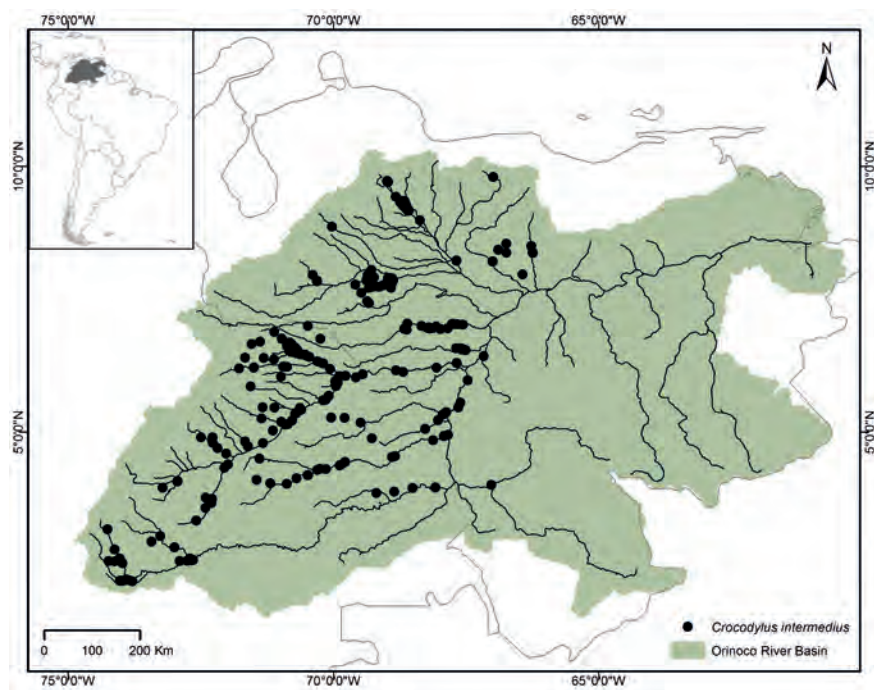


Figure 3. Records of occurrence of *Crocodylus intermedius*.

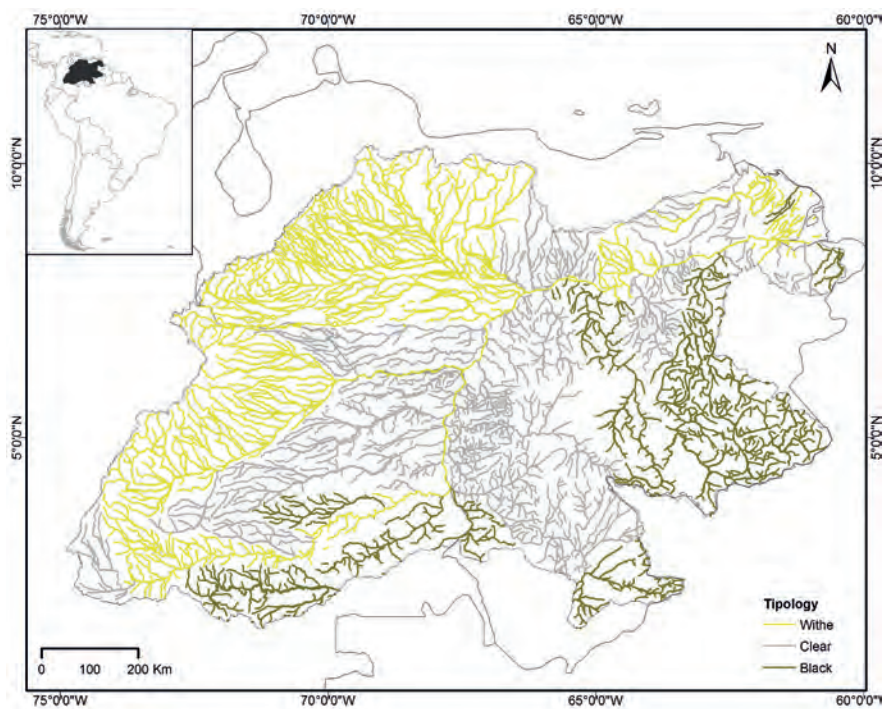


Figure 4. Water type map for the Orinoco River Basin.

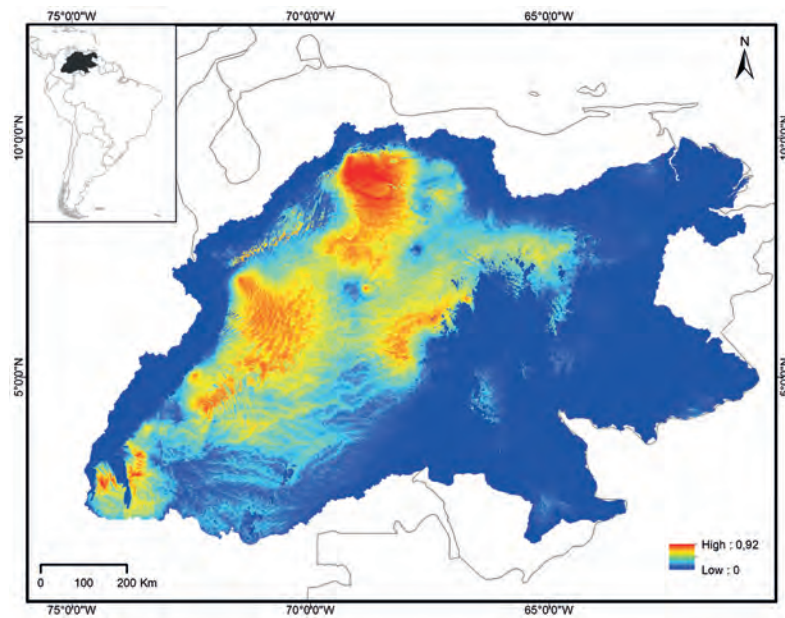


Figure 5. Model 1 of potential distribution of *Crocodylus intermedius*. In the image, colors indicate the probability of favorable conditions. Red indicates high probability of adequate conditions for the Orinoco Crocodile, yellow indicates conditions similar to those where this species is currently found, and shades of blue indicate low and lowest probabilities of adequate habitat conditions for this species.

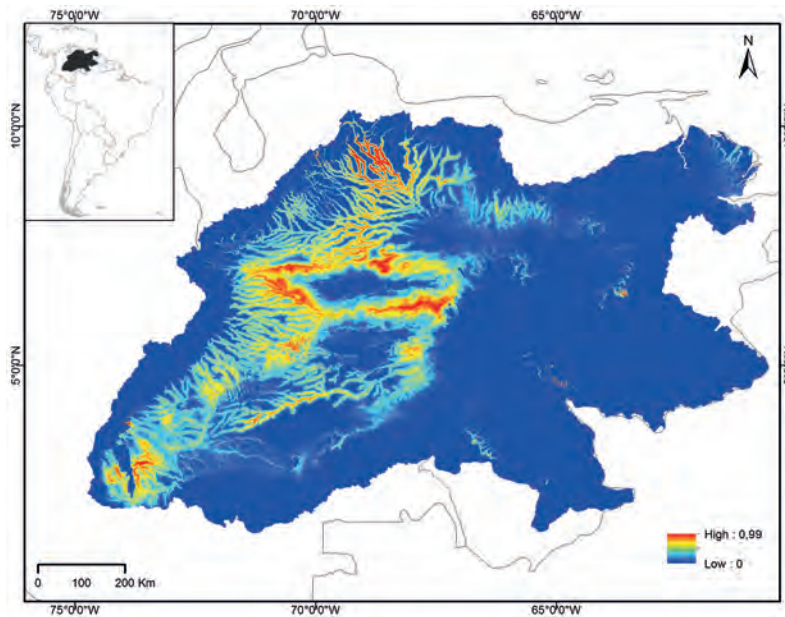


Figure 6. Model of potential distribution for *Crocodylus intermedius*. In the image, colors indicate the probability of favorable conditions. Red indicates high probability of adequate conditions for the Orinoco Crocodile, yellow indicates conditions similar to those where this species is currently found, and shades of blue indicate low and lowest probabilities of adequate habitat conditions for this species.

Table 2. Percent contribution of each variable to model results (model 1: AUC = 0.86; model 2: AUC = 0.93).

Variable	Model 1	Model 2
Black waters	18.5	
White waters	18.4	
Bio 4	16.6	
Bio 14		15.2
Bio 15		14.7
Clear waters	12.2	
Bio 3		11.3

Discussion

Both models indicate a high probability of favorable habitat conditions for the Orinoco Crocodile in the north-western part of the Orinoco River Basin (the Cojedes, Apure, Portuguesa, Arauca and Meta River drainages), with diminishing probability towards the south. In the eastern portion of the Orinoco River Basin there is a very low probability of favorable habitat. The area indicated as having favorable habitat conditions correlates with areas known to have abundant Orinoco Crocodile populations in the past according to accounts of naturalists like Alexander von Humboldt (1875) and Federico Medem (1981, 1983). Those authors mention that the rivers with the highest numbers of crocodiles were the Arauca, Meta, Guayabero and Vichada in Colombia and the Apure, Portuguesa, Arauca and mainstem Orinoco in Venezuela.

Model 1 is a conventional model since it employs commonly selected variables (records of occurrence and climate data) for this type of analysis. The inclusion of water type (white, clear, or black) in model 2 gave a better fit of potential habitat with areas known to have abundant crocodile populations in the past. The distribution of aquatic organisms is highly correlated to the productivity of the waters, and so perhaps reflects the availability of potential prey to a carnivorous species like *C. intermedius*.

In general terms, the highest probability of favorable habitat conditions corresponds to the Orinoco llanos,

or seasonably flooding savannahs (Rosales *et al.* 2010). This region is drained by rivers flowing from the Andean piedmont (around 200 m a.s.l.), through high and low llanos to join with the mainstem of the Orinoco River at elevations less than 100masl (Rosales *et al.* op. cit.), the Orinoco Crocodile is found up to 300 m a.s.l. (Godshalk 1978). These rivers begin in the Andes as clear water streams that gather ever more sediments from lateral terrestrial erosion as they descend eventually becoming turbid whitewater rivers carrying heavy loads of sediment and nutrients (Rosales *et al.* 2010). In the map in figure 6 for example, the intensity of color increases towards the lower parts of the rivers tributary to the Meta River (Guapanapalo, Pauto, and Guachiría rivers). Thus, in the lowest portion of the Meta River Basin we observe a high probability of favorable crocodile habitat. This pattern of increasing turbidity due to sediments is associated with both suspended and dissolved solids, and is directly related to the productivity of these waters (Lasso 2004).

The Cojedes River (Venezuela) where the highest probability of favorable habitat conditions was observed is home to the most robust *C. intermedius* population known to still exist at this time (Medem 1983, Espinosa-Blanco & Seijas 2012). It is a whitewater river, with a pH near neutral (pH 7 - 8) (Seijas 1998), characteristic of rivers of its type, such as the Arauca (pH 6.7 Yáñez & Ramírez 1988) and the Meta (pH 7-8).

In the Orinoco llanos some rivers originate in the plains, such as the eolic plains of the Capanaparo and Cinaruco rivers (Iriondo 1997). These rivers have clear water that darkens during the dry season to a dark tea color as observed in rivers classified as blackwater. For this area we can see how water type influences model predictions. Model 1 predicts medium habitat suitability for the upper stretches of these two rivers but with model 2, where water type is included, the predicted suitability drops considerably. In any case, there is a viable population of Orinoco Crocodiles living today in the lower stretch of the Capanaparo River (Medem 1983, Llobet & Seijas 2003, Espinosa-Blanco & Seijas 2012).

The hydrochemistry (water type) and hence the productivity of the system is determinant for the distribution, abundance and biomass of the aquatic biota, especially fishes which are the principal food source for Orinoco Crocodiles. It is for this reason that water type affects the distribution of *C. intermedius* and other crocodylians in the Orinoco River Basin. However, other parameters are also related such as soil type and climate, among others. For example, in the whitewater Guaviare River (Colombia) one might reasonably expect high probability of favorable habitat conditions, but the model predicts the opposite. This is possible due to the presence of relictual formations of the Guyana Shield in this region similar to those found in the eastern part of the Venezuelan llanos where low probabilities of suitable habitat are also predicted by the model. Although the Guaviare River is whitewater, it has lower conductivity (30 μS) (Ideam 1995), and is not as productive as other whitewater rivers such as the Arauca (120 μS , Yáñez & Ramírez 1988). Along the length of the Guaviare River's flow towards the Orinoco, the left-bank tributaries are clearwater rivers that originate in the poor soils of the high plains, and the right-bank tributaries are blackwater streams that come from the Guiana Shield (Galvis *et al.* 2007). The Guyana region of the Orinoco River Basin has scarcely evolved soils, poor in nutrients and quite acid (Rosales *et al.* 2010), that in turn affects the productivity of the rivers there.

In addition, in the north-western part of the basin of the Cojedes River drainage where the models predict the highest habitat favorability, rainfall is low (Rosales *et al.* 2010). In model 1 the variables that most contribute to predictions are precipitation in the driest month (Bio14) and seasonality of precipitation (Bio15). According to Gorzula *et al.* (1988), this species' populations are associated with low precipitation (644 ± 1.797 mm). The distribution of rainfall throughout the year also influences the distribution of this species. In the south-eastern portion of the basin, where northeast trade winds bring the highest amount of annual rainfall (2.500 to 3.500 mm) (Rosales *et al.* 2010) we find the least probability of favorable crocodile habitat.

Conclusions

According to the model of potential distribution, the geographic distribution area of *C. intermedius* is to a large degree influenced by physical factors such as water type, soils and precipitation. Its distribution is associated principally with high productivity rivers (whitewater) that provide abundant prey in regions marked by highly seasonal rainfall.

The model permitted a more precise calculation of potential favorable habitat for the Orinoco crocodile in the Orinoco River Basin. It also identified zones where environmental conditions (climate, water type)



Figura 7. *Crocodylus intermedius*.

are most suitable for crocodile populations. This permits concentration of conservation efforts in areas where crocodile populations are most likely to thrive.

The Orinoco Crocodile is endemic to the Orinoco River Basin, but is only found in a small part of that basin. The very restricted distribution pattern is of great relevance because it indicates that the areas where current populations remain and those thought to be most favorable to Orinoco crocodiles are crucial to the successful conservation of this species. For this reason, it is imperative that the environmental authorities of both countries seriously take into account the areas indicated as most favorable habitat when making decisions about territorial planning and development, and avoid ongoing and future negative impacts of agro-industrial, mining, hydropower, and other projects.

The high degree of endemism and small number of existing populations indicate the urgency of implementing *in situ* conservation strategies already proposed in the conservation plans and strategies of both countries, again, and especially in those drainages where favorable habitat conditions exist for this species.

The model applied predicted which areas are the most appropriate as suitable habitat for the Orinoco Crocodile, confirming and reinforcing the hypothesis that water type and climate variables are strong determinant factors influencing the geographic distribution of this species. The model is a useful tool for decision makers when planning conservation of endangered species. However, it should be remembered that this type of analysis only takes into account the physical (and in part biological) habitat parameters that should be complemented with an analysis of the human impacts on the habitat of this species (threats and opportunities). A study evaluating the availability and quality of nesting beaches is also needed.

Acknowledgements

We thank Andrés Seijas (UNELLEZ-Venezuela) and Omar Hernández (FUDECI-Venezuela) for sharing their Orinoco Crocodile sighting databases. Rafael

Antelo provided limnological data from the Palmarito Foundation. Thanks to German Gálvis for his help to build the water type map. We also thank María Cecilia Londoño, Liliana Corso, Marcela Portocarrero and Lina Mesa (IAvH), Antonio Castro (Asociación Chelonia Colombia) and Myriam Lugo for their assistance in data acquisition. To Donald Taphorn for the translation of this manuscript. We thank the IAvH and the Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia for technical assistance and funding.

Bibliography

- Antelo, R. 2008. Biología del cocodrilo o caimán del Orinoco (*Crocodylus intermedius*), en la Estación Biológica El Frio, en el Estado de Apure (Venezuela). Tesis Doctoral. Departamento de Ecología, Universidad Autónoma de Madrid. 336 pp.
- Antelo, R. 2012. Conservación. Pp. 133-147. *In*: Fundación Chelonia (Ed.). Historia natural y conservación del caimán llanero (*Crocodylus intermedius* Graves, 1819) en Colombia. Asociación Chelonia.
- Castro, A., M. Merchán, M. Garcés, M. Cárdenas & F. Gómez. 2012. New data on the conservation status of the Orinoco crocodile (*Crocodylus intermedius*) in Colombia. Pp. 65-73. *In*: Crocodiles. Proceedings of the 21st Working Meeting of the IUCN-SSC Crocodile Specialist Group. IUCN: Gland, Switzerland.
- Clavijo, J. M. & L. F. Anzola. 2013. Elementos claves para la conservación *in situ* de *Crocodylus intermedius* derivados del seguimiento de metapoblaciones y hábitats en Arauca, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal* 5 (2): 560-573.
- Domínguez, C. 1998. La gran cuenca del río Orinoco. Pp. 39-67. *In*: Domínguez, C. (Ed.). Colombia Orinoco. Fondo FEN, Instituto de Estudios Orinoquenses, Bogotá, Colombia.
- Elith, J., C. Graham, R. Anderson, M. Dudík, S. Ferrier, A. Guisan, R. J. Hijmans, F. Huettmann, J. R. Leathwick, A. Lehmann, J. Li, L.G. Lohmann, B. A. Loiselle, G. Manion, C. Moritz, M. Nakamura, Y. Nakazawa, J. McC. Overton, A. T. Peterson, S. J. Phillips, K. Richardson, R. Scachetti-Pereira, R. E. Schapire, J. Soberón, S. Williams, M. S. Wisz & N. E. Zimmermann. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129-151.
- Elith, J., S. J. Phillips, T. Hastie, M. Dudík, Y. Chee & C. J. Yates. 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and distributions* 17: 43-57.

- Espinosa-Blanco, A. & A. E. Seijas. 2012. Declinación poblacional del caimán del Orinoco (*Crocodylus intermedius*) en dos sectores del sistema del río Cojedes, Venezuela. *Ecotrópicos* 25 (1): 22-35.
- Fielding, A. H. & J. F. Bell. 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation* 24: 38-49.
- FUDENA. 1993. Plan de acción: Supervivencia del caimán del Orinoco en Venezuela 1994 -1999. FUDENA-GECV. 24 pp.
- Galvis, G., J. Mojica, F. Provenzano, C. Lasso, D. Taphorn, R. Royero, C. Castellanos, A. Gutiérrez, M. Gutiérrez, Y. López, L. M. Mesa, P. Sánchez & C. Cipamocha. 2007. Peces de la Orinoquia colombiana con énfasis en especies de interés ornamental. Incoder. Universidad Nacional. Instituto Sinchi. Bogotá, Colombia. 425 pp.
- García, J. C., F. Dormann, J. H. Sommer, M. Schmidt, A. Thiombiano, S. Da, C. Chatelain, S. Dressler & W. Barthlott. 2012. A methodological framework to quantify the spatial quality of biological databases. *Biodiversity and Ecology* 4: 25-36.
- GECV-Grupo de Especialistas en Crocodilos de Venezuela. 2007. Estrategia nacional para la conservación del caimán del Orinoco en Venezuela y su plan de acción. Pp. 59-63. In: Seijas, A. E. (Ed.). Memorias del III Taller para la conservación del caimán del Orinoco, San Carlos, Venezuela. 17-19 de enero de 2007. *Biollania* Edición Especial 8.
- Godshalk, R. 1978. El caimán del Orinoco, *Crocodylus intermedius*, en los llanos occidentales de Venezuela con observaciones sobre su distribución en Venezuela y recomendaciones para su conservación. FUDENA, Caracas. 58 pp.
- Gorzula, S. J., J. Paolini & J. B. Thorbjarnarson. 1988. Some hydrochemical and hydrological characteristics of crocodylian habitats. *Tropical Freshwater Biology* 1 (1): 50-61.
- Hijmans, R. J., S. E. Cameron, J. L. Parra, P. G. Jones & A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978.
- Humoldt, A. 1975 (1859-1869). Del Orinoco al Amazonas. Viaje a las regiones equinociales del nuevo continente. Ed. Labor, Barcelona. 429 pp.
- Hutchinson, G. E. 1957. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 22: 415-427.
- Ideam. 1995. Estadísticas hidrológicas de Colombia 1990-1993. Tomo 2. Diego Samper Ediciones.
- Iriondo, M. H. 1997. Models of deposition of loess and loessoids in the upper Quaternary of South American. *Journal of South American Earth Sciences* 10 (1): 71-79.
- Lasso, C. A. 2004. Los peces de la Estación Biológica El Frio y Caño Guaritico (estado Apure), Llanos del Orinoco, Venezuela. Publicaciones del Comité Español del Programa MaB y de la red IberoMaB de la UNESCO. Sevilla. 458 pp.
- Lugo, L. M. & M. C. Ardila. 1998. Programa para la conservación del caimán del Orinoco (*Crocodylus intermedius*) en Colombia. Proyecto 290. Programa Research Fellowship NYZS. The Wildlife Conservation Society. Proyecto 1101-13-205-92 Colciencias. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Estación de Biología Tropical Roberto Franco. Villavicencio. Informe no publicado. 58 pp.
- Llobet, A. & A. E. Seijas 2003. Estado poblacional y lineamientos de manejo del caimán del Orinoco (*Crocodylus intermedius*) en el río Capanaparo, Venezuela. Pp. 117-129. In: Polanco-Ochoa, R. (ed.). Manejo de Fauna Silvestre en Amazonía y Latinoamérica. Selección de Trabajos V Congreso Internacional. Bogotá, CITES, Fundación Natura.
- Martínez-Meyer, E. 2005. Climate change and biodiversity: some considerations in forecasting shifts in species potential distributions. *Biodiversity Informatics* 4: 25-36.
- Martínez-Meyer, E., A. Townsend, J. I. Servín & L. F. Kiff. 2006. Ecological niche modelling and prioritizing areas for species reintroductions. *Oryx* 40 (4): 411.
- Medem, F. J. 1981. Los Crocodylia de Colombia. Volumen 1. Los Crocodylia de Suramerica. Colciencias. Bogotá. 354 pp.
- Medem, F. 1983. Los Crocodylia de Sur América. Volumen II. Los Crocodylia de Suramerica. Colciencias. Bogotá. 406 pp.
- Ministerio de Medio Ambiente, Instituto von Humboldt & Universidad Nacional de Colombia. 1998. Programa Nacional para la Conservación del Caimán Llanero. Ministerio del Ambiente Dirección General de Ecosistemas Subdirección de Fauna. Santafé de Bogotá. 22 pp.
- Pearson, R. G., C. J. Raxworthy, M. Nakamura & T. Peterson. 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography* 34: 102-117.
- Phillips, S. J. & M. Dukí. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: New extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31: 161-175.
- Phillips, S. J., R. P. Anderson & R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190 (2006): 231-259.
- Profauna. 1994. Plan estratégico: supervivencia del caimán del Orinoco en Venezuela. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, Servicio Autónomo de Fauna Profauna. 15 pp.

- Raynal J. 2008 Comparación del método del principio de la máxima entropía en la estimación de parámetros de la distribución de valores extremos tipo I. *Información Tecnológica* 19 (2): 103-112.
- Rosales, J., C. Suárez & C. A. Lasso. 2010. Descripción del medio natural de la cuenca del Orinoco. Capítulo 3. Pp. 51-73. In: Lasso, C. A., J. S. Usma, F. Trujillo & A. Rial (Eds.). 2010. Biodiversidad de la cuenca del Orinoco: bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle e Instituto de Estudios de la Orinoquia-Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D. C., Colombia.
- Seijas, A. E. 1998. The Orinoco crocodile (*Crocodylus intermedius*) in the Cojedes river system, Venezuela: Population status and Ecological characteristics. Tesis Doctoral, Universidad de Florida. 192 pp.
- Sioli, H. 1975. Tropical rivers as expressions of their terrestrial environments. Pp. 275-288. In: Goley, F. & E. Medina (Eds.). Tropical ecological system. Trend in terrestrial and aquatic research. Springer-Verlag. New York Inc.
- Thorbjarnarson, J. & G. Hernández. 1992. Recent investigations on the status and distribution of Orinoco crocodile *Crocodylus intermedius* in Venezuela. *Biological Conservation* 62: 179-188.
- Tsoar, A., O. Allouche, O. Steinitz, D. Rotem & R. Kadmon. 2007. A comparative evaluation of presence-only methods for modelling species distribution. *Diversity and Distributions* 13: 397-405.
- Vegas-Villarrubia, T., J. Paolini & R. Herrera. 1988a. A physic-chemical survey of blackwater rivers from the Orinoco and the Amazon basin in Venezuela. *Archiv fuer Hydrobiologie* 111 (4): 491-506.
- Vegas-Villarrubia, T., J. Paolini & J. García. 1988b. Differentiation of some Venezuelan blackwater rivers based upon physico-chemical properties of their humic substances. *Biogeochemistry* 6: 59-77.
- Yáñez, C. & A. Ramírez. 1988. Estudio geoquímico de grandes ríos venezolanos. *Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle* 48: 41-58.

Mónica A. Morales-Betancourt

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

Carlos A. Lasso

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

Laura C. Bello

Programa Gestión de la Información y el Conocimiento
Instituto de Investigación de Recursos Biológicos
Alexander von Humboldt
Bogotá, D. C., Colombia
caro.bello58@gmail.com

Francisco de Paula Gutiérrez

Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano
Bogotá, D. C., Colombia
francisco.gutierrez@utadeo.edu.co

Potential distribution of the Orinoco crocodile (*Crocodylus intermedius* Graves 1819) in the Orinoco basin of Colombia and Venezuela

Cítese como: Morales-Betancourt, M. A., C. A. Lasso, L. C. Bello y F. de P. Gutiérrez. 2014. Potential distribution of the Orinoco crocodile (*Crocodylus intermedius* Graves 1819) in the Orinoco basin of Colombia and Venezuela. *Biota Colombiana* 15 (Supl. 1): 124-136.

Recibido: 4 de julio de 2014
Aprobado: 1 de octubre de 2014

Distribución, abundancia y reproducción de las aves acuáticas de las sabanas inundables de Meta y Casanare (Colombia) y sitios prioritarios para la conservación

Distribution, abundance and reproduction of aquatic birds from the Meta and Casanare (Colombia) flooded savannahs and priority sites for conservation

Carlos Ruiz-Guerra, Diana Eusse-González y César Arango

Resumen

En las sabanas inundables de los departamentos del Meta y Casanare (SIMC), Colombia, se identificaron 83 especies de aves acuáticas durante los meses de julio y noviembre de 2012 y marzo y abril de 2013. Cuatro especies fueron adicionadas a la lista de aves de la cuenca del Orinoco colombiano. Tanto en época lluviosa como seca, el grupo de aves vadeadoras presentó el mayor número de especies e individuos. Una de las principales características de las aves acuáticas de las SIMC es la de ser en su mayoría gregarias. La mayoría de estas aves se reproducen en la época lluviosa y existe variación de la abundancia de acuerdo con el periodo climático. También se identificaron seis áreas de alta concentración de individuos, algunas de las cuales albergan las mayores densidades de poblaciones en Colombia de *Neochen jubata* (pato carretero), *Mycteria americana* (cabeza de hueso), *Phimosus infuscatus* (coquito), *Eudocimus ruber* (corocora) y *Phaetusa simplex* (gaviotín picudo).

Palabras clave. Llanos colombianos. Avifauna acuática. Poblaciones. Reproducción. *Neochen jubata*.

Abstract

We identified 83 species of birds in the flooded savannas of Meta and Casanare (Colombia) states during July and November 2012 and March and April 2013. We added four species to the checklist of birds of the Colombian Orinoco Basin. In both the rainy and dry seasons, wading birds had the largest number of species and individuals. Most species congregated and bred during the rainy season and abundance of aquatic birds varied according to the season. We also identified six sites that harbored the largest concentration of *Neochen jubata* (Orinoco Goose), *Mycteria americana* (Wood Stork), *Phimosus infuscatus* (Bare-Faced Ibis), *Eudocimus ruber* (Scarlet Ibis) and *Phaetusa simplex* (Large-billed Tern) in Colombia.

Key words. Colombian Llanos. Waterbirds. Populations. Breeding. *Neochen jubata*.

Introducción

Las sabanas neotropicales son la segunda mayor extensión de sabanas en el mundo (Furley 1999), de las cuales se destaca la cuenca del Orinoco como el segundo ecosistema de sabana más grande de Suramérica, después del Cerrado de Brasil (Hamilton *et al.* 2002). El Orinoco es una cuenca binacional compartida por Venezuela (65 %) y Colombia (35 %), con un área de 981.446 km² (Rosales *et al.* 2010), que

se subdivide en quince subregiones biogeográficas, una de las cuales corresponde a los Llanos inundables que se distribuyen en las zonas planas e inundables de los departamentos de Meta, Casanare y Arauca en Colombia y en los estados Apure, Barinas, Cojedes, Guárico y sur de Portuguesa en Venezuela (Restrepo-Calle *et al.* 2010).

Las sabanas inundables son áreas de relieve homogéneo que transforman su oferta natural en función de los pulsos de inundación de los principales ríos de la Orinoquia (Restrepo-Calle *et al.* 2010), de tal manera que durante el período de sequía (diciembre - mayo) se aíslan del cauce principal y eventualmente, las de poca profundidad se secan. Mientras que durante el período de lluvias (junio-noviembre) las áreas planas de sabana son inundadas tanto por la acumulación de agua proveniente de las lluvias, como por el represamiento de ellas y la subida de las aguas de los grandes ríos (Lasso *et al.* 2010).

Pese a que la cuenca del Orinoco ha sido considerada como una de las últimas “áreas silvestres” o “regiones vírgenes” del planeta (Rivas *et al.* 2002) y una de las áreas de mayor diversidad de aves acuáticas no migratorias en Suramérica y el mundo (Williamson *et al.* 2013), existen pocos estudios que describan aspectos ecológicos y biológicos de este grupo de aves, en especial en Colombia, si se compara con las investigaciones existentes en Venezuela (p.e. Ayarzagüena *et al.* 1981, Bruzual y Bruzual 1983, Odgen y Thomas 1985, Frederick y Bildstein 1992, Aguilera *et al.* 1993, González 1996, 1998, 1999, González y Castroviejo 1997, Tárano *et al.* 1995, Kriese 2004, Marín *et al.* 2007, Lau 2008, Navarro *et al.* 2011, Baltzersen 2011, Vilella *et al.* 2010, Bastidas *et al.* 2013), mientras que para Colombia, la mayor parte de la información publicada sobre aves acuáticas se limita a lo reportado por Borrero (1960), Olivares (1962, 1974, 1982), McKay (1980, 1981), Stiles (1998), Hilty y Brown (2001), Restrepo-Calle y Peña-Herrera (2005), Murillo (2005), McNish (2007), Restrepo-Calle (2009), Restrepo-Calle *et al.* (2010), Zamudio *et al.* (2011) y Antelo (2013), documentos que en su mayoría corresponden a descripciones generales de la avifauna.

Cabe anotar que en la Orinoquia colombiana, el uso del suelo para actividades agrícolas se incrementó notablemente entre mediados de los años ochenta y mediados de los noventa (Andrade *et al.* 2009), lo cual sumado a un déficit en representatividad de los ecosistemas de la Orinoquia en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas-SINAP (Andrade *et al.* 2009) y al escaso conocimiento sobre su biodiversidad (Restrepo-Calle *et al.* 2010), crean la necesidad de contribuir prontamente con información que pueda

ser utilizada en estrategias de conservación orientadas a esta región.

Con el objetivo de llenar vacíos de información sobre las aves acuáticas en el Orinoco colombiano y contribuir con la identificación de áreas de importancia para la conservación de las aves, se realizaron censos en las sabanas inundables de Meta y Casanare en julio y noviembre de 2012 y en marzo- abril de 2013. En este documento se describe la distribución, abundancia y riqueza de las aves acuáticas y se identificaron aquellas áreas que albergan la mayor importancia para la conservación de las aves en la región.

Material y métodos

Se seleccionaron los llanos aluviales o inundables de los departamentos de Meta y Casanare en Colombia, entre la base de la cordillera Oriental (500 m s.n.m.) hasta el río Meta (120-180 m s.n.m.), (06°15'19,036"-03°2'34,55" N y 69°37'24,36"-73°51'48,08" O) (Figura 1).

En Colombia, los llanos inundables corresponden a la depresión de Casanare y Arauca cuya topografía es casi completamente plana y anegadiza en los que predominan cuerpos de agua estacionales como esteros y morichales de sabana. Su clima se caracteriza por una época de lluvias (junio-noviembre) y una época seca (diciembre mayo) (Machado-Allison *et al.* 2010).

Se realizaron tres visitas al área de estudio: julio de 2012 (mitad de la época lluviosa), noviembre de 2012 (final de la época lluviosa) y marzo-abril de 2013 (final de la época seca). En cada una de estas jornadas se implementó una combinación de censos terrestres y aéreos. Los censos terrestres se basaron en el método de puntos de radio fijo ubicados en su mayoría a lo largo de las vías, basado en el North American Breeding Bird Survey (Robbins *et al.* 1986, Droege 1990) con algunas modificaciones. Cada punto de 200 m de radio fue evaluado durante cinco minutos, registrando visual y auditivamente todas las aves, buscando evidencia reproductiva, la cual fue confirmada con el hallazgo de huevos, polluelos o adultos en postura de incubación. Los sitios fueron cubiertos a pie o en vehículo 4x4 y cada uno de los puntos fue visitado una sola vez en cada jornada. Adicional a esto, los puntos

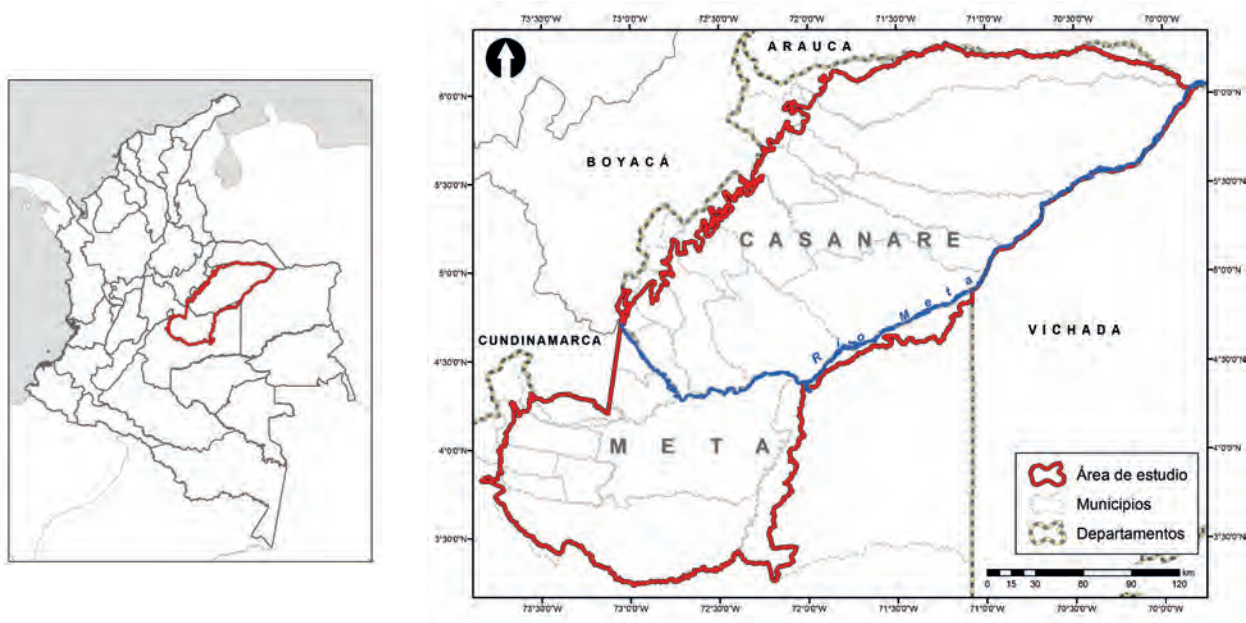


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

estuvieron separados 500 m entre sí para evitar sobre muestreo. En total se cubrieron 662 puntos de radio fijo, 331 para cada una de las dos épocas.

Las áreas no accesibles vía terrestre fueron cubiertas por conteos aéreos matutinos de tres horas de duración. Cada ruta de vuelo cubrió entre 300 a 350 km y los censos fueron hechos por un observador a cada lado de una avioneta Cessna a 50 y 150 m de altura sobre el terreno, a una velocidad promedio de 150 a 200 km·h⁻¹. Cada observador registró lo avistado a 250 m de cada lado de la avioneta. En los sobrevuelos no se pudo identificar algunas especies de la familia Ardeidae y Scolopacidae, que fueron agrupados respectivamente en garzas blancas y aves limícolas pequeñas o grandes.

Se desarrolló un sistema de clasificación de seis categorías de las aves acuáticas encontradas en el área de estudio, basado en la historia natural de las especies, su taxonomía y su asociación a los diferentes tipos de ambientes acuáticos. De esta manera, un primer grupo acoge a las especies de la familia Anatidae propias de humedales superficiales, al cual se denominó anátidos. En un siguiente grupo se incluyeron las especies de biotipo de patas largas y cuello largo que usan aguas

superficiales, al cual se denominó aves vadeadoras o zancudas que en su mayoría se reproducen en colonias ubicadas en árboles (Kushlan *et al.* 1985, Baltzersen 2011). Las aves limícolas o de orillas, un tercer grupo que incluye representantes de los subórdenes Charadrii y Scolopaci, sin considerar a Jacanidae. Precisamente esta familia fue incluida en las aves paludícolas, que agrupa aquellas especies asociadas a humedales con vegetación emergente (Jenkins y Ormerod 2002) o flotante (marismas o pantanos) (Conway 2011). El resto de aves acuáticas fueron incluidas en el grupo de aves piscívoras que incluye especies que obtienen su presa a través del nado, buceo o captura desde percha (De Graaf *et al.* 1985). Finalmente, aquellas aves del orden Passeriformes asociadas a la vegetación acuática (Vilella *et al.* 2010) fueron denominadas especies semiacuáticas.

La lista de aves registradas en el estudio está organizado con base en la clasificación de las especies de aves de Suramérica del “South American Classification Committee” de octubre de 2013 (www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html), el estatus migratorio de cada especie está basado en Naranjo *et al.* (2012) y los nombres comunes según Hilty y Brown (2001).

Para determinar los sitios de interés de conservación se identificaron aquellas áreas que albergaran el 1 % o un porcentaje mayor de la población de una especie de ave acuática, de acuerdo con lo propuesto por BirdLife Internacional y Conservación Internacional (2005) para la designación de Áreas Importantes para la Conservación de las Aves (AICA). Para esto se consideró el estimativo poblacional de cada especie acuática establecido por Wetlands International (2013; <http://wpe.wetlands.org/search>). Se asumió un sitio como un conjunto de puntos de radio fijo que corresponde a uno o varios predios delimitándolos sobre imágenes de satélite de acuerdo con el contorno de cuerpos de agua. En algunos casos, los grupos de puntos ya pertenecían a una localidad específica que había sido asignada en campo y que tomaba el nombre de un predio o cercanía a una población.

Análisis de datos

Se realizó una predicción de la riqueza específica como una función de la acumulación de especies (Magurran 2004) mediante el programa EstimateS versión 7 (Colwell 2004, <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>); se realizaron las curvas de acumulación y se utilizaron los estimadores Chao 1 y ACE para determinar el número de especies que deberían haber sido observadas tanto en época lluviosa como seca.

Adicional a esto, se empleó un análisis de similitud (ANOSIM) con el paquete estadístico PRIMER ©, para evaluar cambios significativos en la abundancia de las aves en época seca y lluviosa. Los datos de todas las muestras fueron transformados con raíz cuarta, de acuerdo con la ley de potencias de Taylor (Taylor *et al.* 1978), debido a que fue necesario reducir el peso de las especies dominantes (abundantes y comunes) en relación con las especies poco comunes (Clarke y Warwick 1994).

Resultados

Riqueza

En las sabanas inundables de Meta y Casanare se registraron 83 especies de aves acuáticas pertenecientes a 29 familias y 13 órdenes. De la lista total de especies, 27 son migratorias de acuerdo con Naranjo *et al.* (2012), diez son invernantes con poblaciones reproductivas, 14 invernantes no reproductivas y tres migratorias locales (Anexo 1). Cabe anotar que se adicionaron cuatro especies a la lista de aves acuáticas de la cuenca del Orinoco colombiano, el flamenco (*Phoenicopterus ruber*), el zambullidor común (*Podilymbus podiceps*), la becasina piquicorta (*Limnodromus griseus*) y la gaviota reidora (*Leucophaeus atricilla*) (Tabla 1). Adicionalmente, se obtuvo un registro del avetorillo

Tabla 1. Especies adicionadas al listado de aves acuáticas del Orinoco colombiano y otros registros importantes. Se muestra número de individuos y la localidad donde fueron observados.

Especie	Número de individuos	Fecha	Localidad	Municipio
<i>Phoenicopterus ruber</i>	1	Noviembre 15 de 2012	5,511380 N -71,201390 O	Paz de Ariporo
	1	Noviembre 16 de 2012	5,607160 N -71,162720 O	
	1	Abril 5 de 2013	5,50903 N -71,20343 O	
	1	Abril 5 de 2013	5,45179 N -71,90703 O	Nunchía
<i>Podilymbus podiceps</i>	1	Marzo 14 de 2013	4,892950 N -71,438460 O	Orocué
<i>Limnodromus griseus</i>	11	Marzo 15 de 2013	5,511380 N -71,201390 O	Paz de Ariporo
<i>Leucophaeus atricilla</i>	1	Marzo 15 de 2013	5,511380N -71,201390 O	
	1	Marzo 16 de 2013	5,651080 N -71,268910 O	
<i>Ixobrychus exilis</i>	1	Marzo 17 de 2013	4,094010 N -73,184870 O	Villavicencio
<i>Egretta tricolor</i>	1	Marzo 16 de 2013	5,651080 N -71,268910 O	Paz de Ariporo

bicolor (*Ixobrychus exilis*) que corresponde al segundo avistamiento para la región y el primero para Meta y el de la garza tricolor (*Egretta tricolor*), que corresponde al segundo para el Orinoco colombiano.

Según la clasificación en los seis grupos funcionales se encontró que siete especies pertenecen al grupo de anátidos, 27 especies a vadeadoras, quince especies a limícolas, nueve especies a paludícolas, quince a piscívoras y diez a especies de aves semiacuáticas (Anexo 1). Igualmente se identificó un flamenco, especie amenazada bajo la categoría de vulnerable a escala nacional (Renjifo *et al.* 2002), así como el pato carretero (*Neochen jubata*), una especie casi amenazada en Colombia (Renjifo *et al.* 2002) y en el mundo de acuerdo con la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza UICN (2013; <http://www.iucnredlist.org/>) y el correlimos escamado

(*Tryngites subruficollis*), ave casi amenazada a escala global mundo según UICN (2013; <http://www.iucnredlist.org/>).

De acuerdo con las curvas de acumulación de especies (Figura 2), los estimadores ACE y Chao 1 indican una muestra representativa, a juzgar por el hecho de que tanto para época lluviosa como para seca se obtuvo un porcentaje mayor al 85%. No obstante, entre las épocas son notorias las diferencias entre las especies con un solo individuo registrado (*singletons*), pues en época seca (marzo-abril) estas especies se comportaron de forma asintótica mientras que para la época de lluvias (noviembre) declinaron notablemente. En la época lluviosa (Figura 2a) de las 67 especies esperadas se registraron 61, es decir, 91%; mientras que para la época seca (Figura 2b) de las 84 especies esperadas se observaron 71, es decir, el 85%.

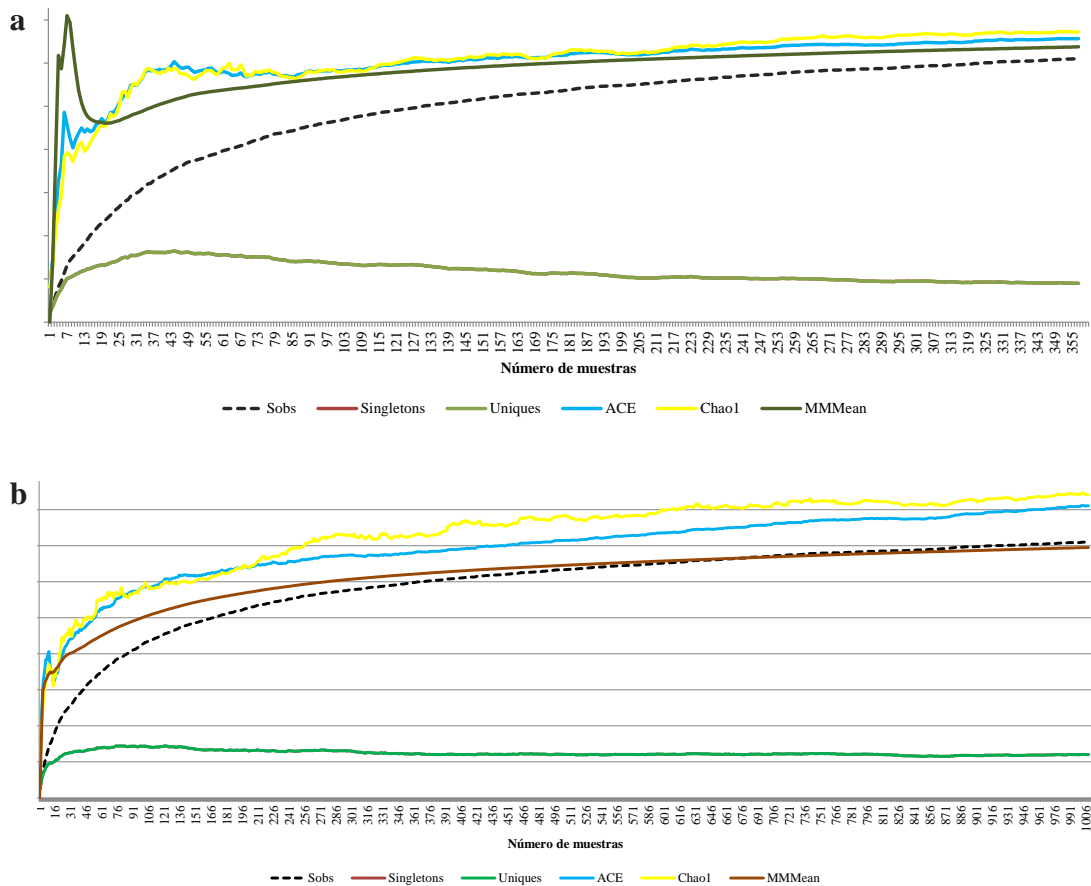


Figura 2. Curva de acumulación de especies para la época lluviosa (a) y época seca (b).

Abundancia y distribución

Se encontró variación de la abundancia de todas las aves acuáticas según la época del año (R Global 0,02; p 0,01). En noviembre se observaron 13489 individuos; en marzo-abril se encontraron 52801 individuos y 13582 individuos en julio. Los mapas de abundancia para noviembre (época lluviosa) y marzo-abril (época seca) muestran que además de la diferencia en las abundancias (Figura 3), en la época seca se registró la más alta concentración de aves mientras que en la época lluviosa los individuos estuvieron uniformemente distribuidos en el área de estudio. En las tres jornadas de censos se encontraron concentraciones de aves en la zona noreste del área de estudio.

Durante las tres jornadas de censos, las aves vadeadoras y los anátidos fueron los grupos con mayor número de individuos (Tabla 2). En julio, las especies más abundantes fueron el pato carretero (*Neochen jubata*), la garcita del ganado (*Bubulcus ibis*) y la corocora (*Eudocimus ruber*), de las cuales la sumatoria de sus abundancias representó el 44 % de las aves para esta jornada. En la época lluviosa, la garcita del ganado (*B. ibis*), el pato careto (*Anas discors*) y el cabeza de hueso (*Mycteria americana*) fueron las especies con mayor número de individuos, y la sumatoria de la abundancia de estas tres correspondió al 53 % del total de individuos registrados durante este mes. Así mismo, en marzo la garcita del ganado (*B. ibis*) fue también la especie más abundante seguida por el pato carretero (*N. jubata*) y la iguasa común (*D. autumnalis*), cuyas tres abundancias agrupadas correspondieron al 53 % de todos los individuos registrados. Se encontró la mayor abundancia para todos los grupos funcionales en época seca y únicamente la abundancia de los grupos anátidos, vadeadoras y paludícolas varió de acuerdo con la época climática (R global 0,082; p 0,01. R Global 0,029; p 0,01. R global 0,026; p 0,01, respectivamente).

Evidencias de reproducción

Se obtuvo evidencia de reproducción de un total de 20 especies (Figuras 4, 5 y 6), en su mayoría en la jornada de julio (Tabla 3). Los esteros Banco Largo y Las Marías, con nueve y seis especies, respectivamente, se destacaron por ser las áreas de reproducción de varias especies de aves acuáticas.

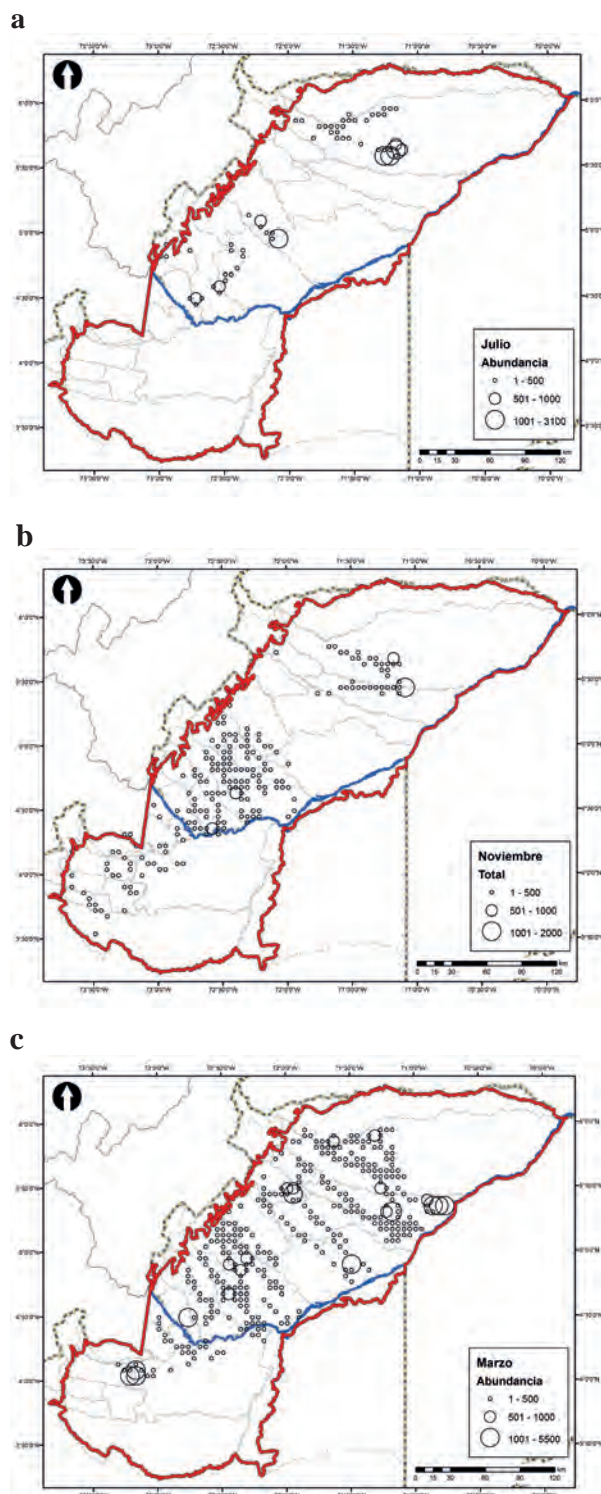


Figura 3. Mapas de distribución de la abundancia en el área de estudio en: a) julio de 2012; b) noviembre de 2012 y c) marzo-abril de 2013.

Tabla 2. Abundancia y riqueza de grupos funcionales por censos. Se muestra el número máximo de individuos y la especie más abundante del grupo funcional.

Censo	Grupo funcional	Número de especies	Número máximo de individuos	Especie más abundante
Julio	Vadeadoras	23	6066	<i>Bubulcus ibis</i>
	Anátidos	4	5025	<i>Neochen jubata</i>
	Limícolas	13	1115	<i>Tringa flavipes</i>
	Semiacuáticas	10	887	<i>Progne tapera</i>
	Paludícola	6	384	<i>Jacana jacana</i>
	Piscívoros	12	105	<i>Phaetusa simplex</i>
	Total	68	13582	
Noviembre	Vadeadoras	23	8141	<i>Bubulcus ibis</i>
	Anátidos	7	3382	<i>Anas discors</i>
	Limícolas	11	1398	<i>Vanellus chilensis</i>
	Paludícolas	7	396	<i>Jacana jacana</i>
	Piscívoros	11	98	<i>Rynchops niger</i>
	Semiacuáticas	7	74	<i>Chrysomus icterocephalus</i>
	Total	66	13489	
Marzo-abril	Vadeadoras	26	28218	<i>Bubulcus ibis</i>
	Anátidos	7	17069	<i>Neochen jubata</i>
	Limícolas	16	3312	<i>Vanellus chilensis</i>
	Paludícolas	7	3070	<i>Jacana jacana</i>
	Piscívoros	14	928	<i>Rynchops niger</i>
	Semiacuáticas	8	205	<i>Fluvicola pica</i>
	Total	78	52802	

**Figura 4.** Individuo de cigüeña llanera transportando material para la construcción de nido en un estero. Foto: R. Johnston.



Figura 5. Polluelos y adulto del cabeza de hueso (*Mycteria americana*), observado en la colonia El Remache (noviembre de 2012). Foto: R. Johnston.



Figura 6. Pato carretero (*Neochen jubata*): las cuencas Guachiría y Yaguarapo concentran el mayor número de individuos de esta especie en Colombia, 12% y 18% respectivamente. Foto: R. Johnston.

Uno de los hallazgos a destacar es la anidación de la garza silbadora (*S. sibilatrix*), de la cual se observó un individuo que transportó ramas a un árbol mientras que otro permaneció en el nido en construcción. El nido, en forma de plataforma, se encontraba entre las ramas proximales de un árbol de mamoncillo (*Melicoccus bijugatus*), a menos de 10 m del suelo y cercano a una vivienda. Aunque también se observó otro individuo en vuelo durante el transporte de material en una localidad de Paz de Ariporo, no se logró observar el nido.

Sitios de alta concentración de individuos

Se identificaron seis sitios, todos ubicados en Casanare, que presentaron porcentajes iguales o mayores a 1 % de

las poblaciones estimadas a escala global Wetlands International (2013; <http://wpe.wetlands.org/search>), para cinco especies de aves acuáticas (Tabla 4). A excepción del sitio denominado laguna Las Delicias, ubicado en la cuenca del caño Guarimena, municipio de Orocué, los sitios restantes se encuentran localizados en la cuenca de los ríos Guachiría y Yaguarapo, en los municipios de Trinidad y Paz de Ariporo, respectivamente.

Adicionalmente, se identificaron dos sitios con presencia de aves acuáticas amenazadas: el Parque Ecotemático Wisirare (municipio de Orocué) en la cuenca del caño Duya, y La Poyata-Maní (municipio de Maní), en la cuenca del caño Bujumea, donde se

Tabla 3. Especies con evidencia reproductiva encontradas en el área de estudio por mes y localidades. La presencia de individuos adultos en plumaje nupcial o jóvenes sin cuidado parental, no fue considerada como evidencia reproductiva.

Mes	Especies	Evidencia reproductiva	Municipio	Localidades
Julio	<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Adulto con polluelos	Maní	4,64338 N -72,43455 O
			Paz de Ariporo	5,86695 N -71,35132 O
	<i>Anhinga anhinga</i>	Adulto con nido activo	Orocué	Banco Largo (4,93081 N -72,03962 O)
	<i>Ciconia maguari</i>	Adulto con nido en construcción	Paz de Ariporo	5,70729 N -71,49453 O
	<i>Nycticorax nycticorax</i>	Adulto con nido en construcción	Orocué	Banco Largo (4,93081 N -72,03962 O)
	<i>Bubulcus ibis</i>	Adultos con nidos activos e inmaduros	Tauramena	Las Marías (4,48612 N -72,71625 O)
			Orocué	Banco Largo (4,93081 N -72,03962 O)
	<i>Ardea alba</i>	Adultos con nidos activos e inmaduros	Tauramena	Las Marías (4,48612 N -72,71625 O)
			Orocué	Banco Largo (4,93081 N -72,03962 O)
	<i>Syrigma sibilatrix</i>	Pareja con nido en construcción	Paz de Ariporo	(5,95049 N -71,15268 O), (5,60057 N -71,15208 O)
	<i>Egretta thula</i>	Adultos con nidos activos e inmaduros	Tauramena	Las Marías (4,48612 N -72,71625 O)
	<i>Egretta caerulea</i>	Adultos con nidos activos e inmaduros	Tauramena	Las Marías (4,48612 N -72,71625 O)
			Orocué	Banco Largo (4,93081 N -72,03962 O)
	<i>Eudocimus ruber</i>	Adultos con nido activo e inmaduros	Orocué	Banco Largo (4,93081 N -72,03962 O)
	<i>Platalea ajaja</i>	Adultos con nidos activos	Orocué	Banco Largo (4,93081 N -72,03962 O)
	<i>Porphyrio martinicus</i>	Adulto con nido en construcción	Paz de Ariporo	5,85179 N -71,52231 O
	<i>Jacana jacana</i>	Cópula	Orocué	Banco Largo (4,93081 N -72,03962 O)
			Paz de Ariporo	(5,70729 N -71,49453 O)
	<i>Vanellus chilensis</i>	Adultos con nidos y polluelos	Paz de Ariporo	5,96675 N -71,13491 O
	<i>Himantopus mexicanus</i>	Adulto con nido	Paz de Ariporo	5,70729 N -71,49453 O
<i>Opisthocomus hoatzin</i>	Pareja con polluelo en nido	Tauramena	Las Marías (4,48612 N -72,71625 O)	
<i>Donacobius atricapilla</i>	Pareja con nido en construcción	Tauramena	Las Marías (4,48612 N -72,71625 O)	
Noviembre	<i>Mycteria americana</i>	Adultos con polluelos e inmaduros	Paz de Ariporo	El Remache (5,43439 N -71,03833 O), (5,67298 N -71,1101 O)

Tabla 4. Lista de sitios con altas concentraciones de individuos. Se muestra la cuenca a la que pertenece el sitio, el nombre del sitio, sus coordenadas, la especie con un porcentaje igual o superior al 1% de lo estimado a escala global y el mes en que se encontró tal porcentaje de esa especie en el sitio. Los porcentajes de las poblaciones encontrados en los sitios para las especies coquito y gaviotín picudo, corresponden a los estimados poblacionales de las subespecies *Phimosus infuscatus berlespchi* y *Phaetusa simplex simplex*.

Cuencas	Sitios	Coordenadas	Especie importante	Estimado poblacional global (%)	Mes
Yaguarapo-Guachiría	El Lagunazo-El Boral	5,33737N -70,78990 O	Pato carretero	30	Marzo
	Taparas-Miramar-El Venado	5,60302 N -71,16297 O	Pato carretero	10	Julio
	El Lagunazo-El Boral	5,33737N -70,78990 O	Gaviotín picudo	3	Marzo
Guarimena	Estero Banco Largo	4,93081 N-72,03962 O	Corocora	1	Julio
Yaguarapo-Guachiría	Laguna Las Delicias	5,33081 N -71,15152 O	Coquito	1	Marzo
	Estero El Remache	5,43439 O -71,03833 N	Cabeza de hueso	1	Noviembre

encontraron respectivamente 174 y 200 individuos del correlimos escamado. Cabe anotar que en la laguna de Las Delicias también se registraron 416 individuos del pato carretero, adicional a lo encontrado en El Lagunazo-El Boral y las Taparas-Miramar-El Venado.

Discusión

De acuerdo con Restrepo-Calle *et al.* (2010), no existe una lista unificada del número de especies de aves de la Orinoquia colombiana, no obstante, se puede considerar que alrededor de 850 especies conforman la avifauna de esta región (Umaña *et al.* 2009), es decir cerca del 40 % de las especies registradas para Colombia. De esta lista de especies, 90 son aves acuáticas cuyos registros en la Orinoquia han sido publicados por varios autores (Hilty y Brown 2001, Murillo 2005, McNish 2007). De esta lista no se registraron 35 especies, entre las cuales se encuentran: la garza colorada (*Agamia agami*), la garza cucharón (*Cochlearius cochlearius*), el vaco cabecinegro (*Tigrisoma fasciatum*), la garza zigzag (*Zebrilus undulatus*), el avetoro (*Botaurus pinnatus*), el avetorillo estriado (*Ixobrychus involucris*), la garcita verde (*Butorides virescens*); y las aves paludícolas: el tente (*Psophia crepitans*), la polluela cabecirrufa (*Anurolimnas viridis*), la polluela moteada (*Coturnicops notata*), la polluela bicolor (*Laterallus*

exilis), polluela ocelada (*Micropygia schomburgkii*), polluela piquirroja (*Neocrex erythrops*), polluela cienaguera (*Porzana albicollis*) y la polluela de antifaz (*Porzana flaviventer*). La mayoría de estas especies son raras, ariscas, escondidizas y de hábitos nocturnos o crepusculares (Hilty y Brown 2001, McNish 2007), características que dificultan su detección con los métodos empleados.

En cuanto a las aves limícolas no observadas, cabe mencionar las del género *Gallinago* cuya identificación es a menudo difícil en campo. En el Orinoco colombiano existen registros para tres especies muy similares, la caica gigante (*Gallinago undulata*), la caica común (*Gallinago delicata*) y la caica suramericana (*Gallinago paraguaiae*), precisamente esta última fue la única identificada a nivel de especie, pues en julio se observaron sus despliegues aéreos, lo cual no es propio de la caica común en sus áreas de invernada (Hilty 2003). Adicionalmente, su tamaño y vocalizaciones no correspondieron a la caica gigante. De acuerdo con Hilty (2003), los individuos de *Gallinago* observados en tierras bajas entre mayo y septiembre corresponden probablemente a *G. paraguaiae*, aquellos registros del resto del año pueden corresponder a cualquiera de las especies antes mencionadas. No obstante, es necesario conocer más acerca de estas tres especies del género *Gallinago*,

buscar mayor evidencia reproductiva en el caso de la caica gigante y de la caica suramericana, así como conocer más sobre la migración de la caica común. El otro limícola migratorio no registrado en el área de estudio y cuyo conocimiento en Colombia es escaso, fue el correlimos rabiblanco (*Calidris fuscicollis*), un probable transeúnte de primavera y otoño poco común al este de los Andes (Ruiz-Guerra 2012).

En lo que respecta a los anátidos no registrados, el pato colorado (*Anas cyanoptera*) es una especie migratoria con poblaciones reproductivas permanentes en Colombia (Cárdenas Posada y Cifuentes-Sarmiento 2012) y cuyo único registro en el Orinoco fue realizado en la reserva Natural Palmarito (Restrepo-Calle 2009) y probablemente corresponde a la subespecie *Anas cyanoptera septentrionalium*. Por otra parte, no se encontró el pato encapuchado (*Nomonyx dominicus*) que había sido registrada en Casanare (McNish 2007). El grupo restante de aves acuáticas no registradas corresponde a especies que no son comunes o abundantes en la región y varias de ellas son propias de áreas boscosas. Si se tiene en cuenta que la representatividad de los muestreos fue alta, es necesario aclarar que trece de las 35 especies no registradas son aves migratorias, mientras que el resto de especies se pueden considerar como localmente raras. Por ello, para conocer más a fondo la avifauna acuática de la región del Orinoco, las visitas mensuales son realmente necesarias para incluir tanto especies residentes de invierno como de paso durante su migración de otoño y primavera, de origen austral o boreal.

No obstante, se adicionaron cuatro especies a la lista de aves acuáticas del Orinoco colombiano (McNish 2007, Umaña *et al.* 2009, Zamudio *et al.* 2011). El flamenco (*Phoenicopterus ruber*) había sido registrado para el estado Apure en Venezuela (Hilty 2003), que limita con los departamentos de Arauca y Vichada, sin embargo, para esta región de Colombia no había sido registrado. No es posible determinar si los individuos de flamenco observados en el área de estudio pertenecen a poblaciones que se reproducen en Bonaire o Venezuela (Rodríguez-Gacha y Pantaleón-Lizarazu 2012) o por el contrario si son individuos que estuvieron cautivos y lograron escaparse.

Otra adición a la lista de aves acuáticas de la región corresponde al zambullidor común (*Podilymbus podiceps*); en el Orinoco venezolano existen varios registros de la especie, de los cuales los más cercanos a Colombia son los del estado Apure (Hilty 2003). Este zambullidor realiza movimientos locales según el nivel de las aguas (Stiles y Skutch 1989) y su estatus de residencia no está totalmente establecido para Colombia, pues la subespecie migratoria latitudinal *Podilymbus podiceps* llega hasta Panamá y puede ocasionalmente llegar al norte de Suramérica (Restall 2006). De hecho, Hilty (2003) considera que a Venezuela llegan individuos migratorios entre agosto y marzo. Así mismo, otro representante de la familia Podicipedidae, el zambullidor chico (*Tachybaptus dominicus*), registrado también en Apure (Venezuela) (Hilty 2003), es una especie que ha sido registrada en Meta, Casanare y Arauca en el Orinoco colombiano (McNish 2007), pero que no fue observada durante este estudio.

En cuanto a la becasina piquicorta (*Limnodromus griseus*), esta es una especie sin registros previos en el Orinoco colombiano (McNish 2007), aunque sí cuenta con registros en el interior en los valles interandinos (Naranjo *et al.* 2012). En el Orinoco venezolano existe un único registro en Apure (Hilty 2003), y en ese país es considerada una especie rara en el interior y común en las costas entre agosto y abril (Hilty 2003). En Colombia no es claro lo que sucede con esta especie durante su migración al norte del continente en áreas no costeras, pues la mayoría de los individuos de la subespecie *L. g. griseus* que pasan el invierno en las Antillas, las costas de Venezuela y Brasil, dejan Suramérica entre marzo y mayo. Muchas aves jóvenes pasan el verano cerca a las áreas de invernada (O'Brien *et al.* 2006).

Por su parte, de acuerdo con Zamudio (2012), para la gaviota reidora (*Leucophaeus atricilla*) existen registros en el interior de Colombia, pero únicamente en la región Andina, pues esta especie es observada principalmente en las costas del país. De esta manera, no existen registros previos para la especie en la Orinoquia colombiana o venezolana (Hilty 2003).

Aunque no son adiciones a la lista de la región, el registro de dos especies, avetorillo bicolor (*Ixobrychus exilis*) y la garza tricolor (*Egretta tricolor*) representan el segundo registro de cada una de estas aves en el Orinoco colombiano. La observación del avetorillo bicolor corresponde al primer avistamiento de la especie en el departamento del Meta y el segundo para el Orinoco colombiano, pues la única observación previa fue realizada por Restrepo-Calle (2009) en la Reserva Natural Palmarito (Casanare). Mientras que según Zamudio *et al.* (2011), la garza tricolor había sido solo observada previamente en Paz de Ariporo, Casanare. Es de considerar igualmente, que la especie garzón migratorio (*Ardea herodias*) cuenta con algunos registros de Casanare y Arauca (McNish 2007, Zamudio *et al.* 2011), pero su distribución en el Orinoco colombiano es realmente poco conocida.

El hallazgo de cinco especies costeras migratorias, el flamenco, el garzón migratorio la garza tricolor, la becasina piquicorta y la gaviota reidora, pone al descubierto la necesidad de estudiar las rutas de migración que cruzan el Orinoco, tanto de especies de origen boreal como austral. De hecho, en noviembre las seis especies más abundantes fueron precisamente invernantes con poblaciones reproductivas permanentes en Colombia (Botero *et al.* 2012), en las que se incluye el pato careto (*Anas discors*), que fue la segunda especie más abundante ese mes, mientras que el andarríos mayor (*Tringa melanoleuca*) fue el invernante no reproductivo más abundante en noviembre.

Abundancia y distribución

En cuanto a la diferencia en las abundancias de acuerdo con la época, el mayor número de individuos encontrados en la época seca coincide con lo observado por otros autores en Venezuela. En los Llanos de Apure, González (1996) encontró que la densidad del cabeza de hueso y de la cigüeña llanera fue alta al final de la época seca y baja entre mayo y octubre. Al igual que en otras localidades de Venezuela, este patrón de densidades fue encontrado para varias especies de ibis (Threskiornithidae) (Aguilera 1988) y aves piscívoras (Morales *et al.* 1981), pues las aves vadeadoras se alimentan en altas concentraciones de individuos en sitios donde existe una alta disponibilidad de

alimento (Kushlan 1976, Caldwell 1981), lo cual fue una de las principales características observadas de las aves acuáticas en las sabanas inundables del Casanare y Meta, especialmente durante la época seca. Adicionalmente, desplazamientos locales y continentales de varias de estas especies pueden estar sujetos a cambios en la disponibilidad de los recursos. Por ende, las concentraciones de aves acuáticas pueden variar a lo largo del día, semanas, meses o años. En la época lluviosa las áreas de mayor concentración de aves no sobrepasaron los miles de individuos, mientras que en época seca, las congregaciones llegaron en algunos sitios a sobrepasar los 2000 individuos.

Es claro que las fluctuaciones del nivel de profundidad del agua influyen en la estructura física de los hábitats (zonación de la vegetación), la disponibilidad y accesibilidad de alimento (Clausen 2000) y la presencia de sitios de descanso y de reproducción seguros (Green y Robins 1993, Guillemain *et al.* 2000), para especies de aves acuáticas. Los patrones estacionales de precipitación afectan la disponibilidad de presas de aves acuáticas como las vadeadoras, cuya alimentación guarda relación con el nivel de profundidad del agua (Kushlan 1978). Periodos prolongados de inundación aumentan la producción de presas, por ejemplo, peces y macroinvertebrados acuáticos (Loftus y Eklund 1994). La profundidad del agua es una variable hidrológica que ha demostrado tener un rol importante en determinar donde y cuando las aves vadeadoras comen (Kushlan 1976, Willard 1977, Recher y Recher 1980).

En el área de estudio se encontró un marcado dominio de aves vadeadoras y anátidos, lo cual coincide con lo encontrado en las sabanas de Venezuela (Vilella y Baldassarre 2010) y en el Pantanal de Brasil (Figueira *et al.* 2006). Cabe anotar que las aves vadeadoras están adaptadas al ciclo estacional de la profundidad del agua pues sus patas relativamente largas les permiten usar marismas superficialmente inundadas y algunas especies también pueden alimentarse en áreas secas, además de que estas aves experimentan migraciones locales durante la época lluviosa cuando el agua es demasiado profunda para vadear. Igualmente en la época seca, movimientos más cortos permiten a las vadeadoras alimentarse en sitios donde la profundidad del agua es temporalmente adecuada y localmente

abundante (Morales y Pacheco 1986, González 1996, González 1997, Tamisier y Dehoyter 2000).

Lo anterior es evidente en los resultados obtenidos y se aprecia como las áreas de congregación de individuos fueron menores en la época lluviosa y en su mayoría correspondieron a zonas de descanso y colonias reproductivas, mientras que en la época seca se encontraron más áreas de congregación y la mayoría de esos sitios correspondieron a sitios de alimentación. Así mismo, Velásquez (1992) encontró un aumento lineal y exponencial en el número de aves que se alimentan en humedales con la reducción de los niveles de profundidad del agua pues la disminución de estos niveles tiende a congregarse peces para el consumo de las aves (Ntiamoa-Baidu *et al.* 1998). Cabe anotar que la especie de vadeadora más abundante durante las tres jornadas de censos fue la garcita del ganado, lo cual coincide con lo encontrado en Apure (Venezuela), donde se evidencia que las poblaciones de esta garza han aumentado dramáticamente en la última mitad de siglo (Tamisier y Dehoyter 2000).

Los anátidos, el segundo grupo en importancia por el número de individuos, también pueden verse afectados por los cambios en el nivel de profundidad de agua (Austin 2002) y, justamente, la especie más abundante de este grupo, es el pato carretero, la cual fue observada en grandes concentraciones de individuos durante la época seca en especial en las sabanas y orillas de humedales. Los grupos de pato carretero estaban conformados por un adulto con jóvenes y polluelos pues la época seca coincide con la temporada de reproducción de la especie (Kriese 2004). Durante la época seca la disminución de los niveles de profundidad del agua en los humedales y ríos proporciona nuevos hábitats disponibles para alimentarse en febrero y marzo debido a que esta especie tiene preferencia por alimentarse de plantas en sitios con predominio de *Paratheria prostrata* (Kriese 2004). En términos generales, los representantes de otros grupos funcionales experimentan migraciones regionales que merecen mayor atención por parte de los investigadores. Tal es el caso de la polla llanera (*Porphyrio flavirostris*) que ocasionalmente ha sido registrada en la Sabana de Bogotá entre marzo y mayo (Asociación Bogotana de Ornitología 2000).

Reproducción

Como en los llanos venezolanos, la reproducción de la mayoría de las aves acuáticas en el área de estudio se presentó desde julio y, al llegar la época seca, la mayoría de las especies había finalizado su temporada reproductiva. La reproducción de las aves vadeadoras en la época lluviosa ha sido también encontrada en los llanos venezolanos (ver Thomas 1979, Ayarzagüena *et al.* 1981, Odgen y Thomas 1985). Tal es el caso del cabeza de hueso, cuya anidación en el área de estudio, se observó en noviembre y marzo, lo cual coincide con lo observado en Venezuela (Hilty 2003). De acuerdo con Olivares (1974), un joven de esta especie fue encontrado en enero al este de Villavicencio y Odgen y Thomas (1985) encontraron una colonia activa en febrero en Venezuela. El inicio de la reproducción de esta especie en el área de estudio coincidió con el descenso de los niveles de profundidad de las aguas que rodean las colonias en Banco Largo y el Remache. En marzo, en Banco Largo, los individuos jóvenes de cabeza de hueso fueron observados en una bandada que se alimentaba cerca de la colonia pero ningún nido fue encontrado en esa ocasión, a diferencia del estero El Remache donde trece nidos con individuos inmaduros fueron encontrados aún en marzo.

El inicio de la construcción de nidos en julio por la cigüeña llanera observado por González y Patiño (1989) en Hato Corozal (Casanare), coincide con el mes en el que se observó la construcción de nido por parte de esta ave vadeadora en el área de estudio. En Venezuela el inicio de su anidación ocurre también de junio a septiembre (González 1998, Hilty 2003). Cabe anotar que ningún joven de esta especie fue observado en noviembre y por lo tanto es necesario identificar las áreas de reproducción de esta ave en el Orinoco colombiano, pues es la única representante de la familia Ciconiidae que anida en el suelo en asociación con la vegetación acuática (Kahl 1972).

La observación de la construcción de nido de la garza silbadora, representa la primera evidencia directa de reproducción de la especie en Colombia (Hilty y Brown 2001). En San Pablo (Brasil), Araujo *et al.* (2006) encontraron un nido construido por ambos sexos en un árbol, en septiembre, lo cual coincide con lo observado en el hato Las Taparas. El registro de otro

individuo que transportaba material en vuelo en otra localidad en julio, permite asumir que el hallazgo en las Taparas no fue un hecho aislado. De acuerdo con Restall *et al.* (2006), la subespecie *Syrigma sibilatrix fostersmithi* se distribuye en Colombia y Venezuela, desde donde los individuos se mueven al sur en la época no reproductiva, probablemente entre mayo y septiembre.

El hallazgo de anidación de la garza real (*A. alba*), la garza patiamarilla (*E. thula*) y la garza azul (*E. caerulea*) en el área de estudio, coincide en la época con lo encontrado por otros autores en Venezuela. Así, en el estado Guárico (Venezuela), la garza real se reproduce entre julio y noviembre (Hilty 2003), mientras que González y Patiño (1989) encontraron en Hato Corozal que esta especie inicia su anidación en junio. La anidación de la garza patiamarilla fue observada de agosto a septiembre (González y Patiño 1989), al igual que en Guárico donde esta garza se reproduce entre agosto y octubre (Hilty 2003). De acuerdo con Hilty (2003), la garza azul se reproduce entre julio y octubre en Guárico (Venezuela), mientras que González y Patiño (1989) observaron que la garza azul inicia su anidación en agosto y septiembre.

Otras dos especies de veadoras como la corocora y la espátula (*P. ajaja*), inician su anidación en septiembre (González y Patiño 1989), pero en julio ya fueron encontrados nidos de estas dos aves en Banco Largo, lo cual si es anotado por Hilty (2003) quien afirma que en los llanos venezolanos, la corocora se reproduce entre mayo y septiembre. Según Hilty y Brown (2001), esta veadora no tiene registros confirmados de reproducción en Colombia. El guaco común (*N. nycticorax*) se reproduce en Guárico entre julio y octubre (Hilty 2003), al igual que en Banco Largo. El coclí (*T. caudatus*) anida en la época lluviosa en Venezuela (Hilty 2003). Sin embargo, en el presente trabajo se observó una pareja que iniciaba la construcción de su nido en la época seca en una palma de moriche. Aún no se cuenta con información sobre la reproducción del coclí en otras áreas del Orinoco.

En cuanto a otras especies de aves acuáticas, se conoce que la reproducción de la iguasa común (*D. autumnalis*) en los llanos venezolanos ocurre entre

mayo y diciembre (Hilty 2003) y según Thomas (1979) se reproduce en Guárico de septiembre a octubre, mientras que en el área de estudio se observaron polluelos de esta especie en julio y noviembre. El pato aguja (*A. anhinga*) se reproduce entre mayo y junio en el estado Apure (González 1998), pero no se cuenta con información sobre otras áreas de reproducción en los llanos colombianos. La reproducción del pato carretero es prácticamente desconocida en el Orinoco colombiano, pero en los llanos venezolanos, de acuerdo con Kriese (2004), la reproducción de esta especie ocurre de diciembre a marzo. Aunque no se encontraron nidos del pato carretero en el área de estudio, fue posible hallar concentraciones de adultos con polluelos en marzo en los municipios de Paz de Aripuro y Trinidad. Según Davenport *et al.* (2012), el pato carretero es un ave migratoria que se mueve entre el Parque Nacional de Manú en Perú y los Llanos de Moxos en Bolivia, lo cual debe ser también comprobado en los Llanos colombianos.

En cuanto a la reproducción de aves paludícolas, se sabe que la polla azul (*P. martinicus*) anida de mayo a agosto en el departamento del Meta (Hilty y Brown 2001). Según Thomas (1979), la polla azul llega a la sabana inundable de los llanos venezolanos al inicio de la temporada de lluvias (mayo-junio) para iniciar la reproducción y parten en diciembre. Justamente en julio se observó un individuo de la polla azul que transportó material y aunque se observaron individuos jóvenes en noviembre, ningún individuo de la polla azul fue observado en marzo. La observación de cópula y polluelos del gallito de ciénaga (*J. jacana*) han sido obtenidas en Arauca y Meta en junio, noviembre y diciembre (Hilty y Brown 2001), mientras que en Guárico se reproduce entre agosto y noviembre (Hilty 2003). En el área de estudio se observaron polluelos y jóvenes tanto en julio como en noviembre y marzo, lo cual permite afirmar que esta especie aprovecha toda la época de lluvias para reproducirse. La pava hedionda (*O. hoatzin*) se reproduce de mayo a noviembre en el Orinoco venezolano (Hilty 2003); lo cual puede también ocurrir en el Orinoco colombiano pues se halló un nido en julio en el estero Las Marías. Debido al difícil acceso a la colonia no fue posible determinar la presencia de más nidos o individuos de pava hedionda.

Para los limícolas, únicamente se encontró evidencia de reproducción para dos especies, la cigüeñuela (*Himantopus mexicanus*) y el pellar común (*Vanellus chilensis*). La cigüeñuela es considerada un invernante con poblaciones reproductivas en Colombia (Cifuentes-Sarmiento 2012), cuya reproducción en la Orinoquia todavía no ha sido estudiada, por lo cual el nido hallado en julio en el área de estudio representa la primera evidencia reproductiva para la región. Por otro lado, el pellar común se reproduce en mayo y junio en el Meta, junio y julio en Arauca (Hilty y Brown 2001), adicionalmente, se encontró evidencia reproductiva de esta especie tanto en época seca como lluviosa en Meta y Casanare, lo cual permitiría suponer que esta especie se reproduce durante todo el año en la región. Sobre la única especie de ave semiacuática con evidencia de reproducción encontrada en el área de estudio, se tiene que el sinsonte lagunero (*Donacobius atricapilla*,) anida de mayo a junio (Hilty 2003) en los llanos venezolanos, lo cual coincide con lo encontrado en el área de estudio.

No obstante, aún se desconocen muchos aspectos de la reproducción de las aves acuáticas de las sabanas inundables del Meta y Casanare, por lo que es necesario encaminar esfuerzos para la búsqueda de evidencia reproductiva de especies limícolas poco estudiadas como el chorlito collarero (*Charadrius collaris*) y el pellar arenoso (*Vanellus cayanus*), los cuales se reproducen durante el período seco en bancos aluviales del río Orinoco (Navarro *et al.* 2011); aves veadoras como el garzón soldado (*Jabiru mycteria*), el tarotaro (*Cercibis oxycerca*) y el ibis verde (*Mesembrinibis cayennensis*); aves paludícolas como el buitre de ciénaga (*Anhima cornuta*) y la polla llanera (*Porphyrio flavirostris*), anátidos como el pato yaguaso (*Amazonetta brasiliensis*) y aves piscívoras como el gaviotín fluvial (*Sternula superciliaris*).

Sitios de alta concentración de individuos

De acuerdo con Andrade *et al.* (2009), en el contexto nacional, la Orinoquia presenta un importante déficit en representación de sus ecosistemas en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas-SINAP, al igual que de Áreas de Importancia para la Conservación de Aves-AICA (BirdLife Internacional y Conservación

Internacional 2005). Lo anterior resulta preocupante si se tiene en cuenta que el cambio drástico del tipo de uso del suelo del Orinoco es producto de la instauración de sistemas de producción masiva como monocultivos de la agroindustria y la generación de biocombustibles (Lasso *et al.* 2010). También se estima que más de 50.000 ha han sido convertidas en las últimas dos décadas y recientes tendencias muestran que la expansión agrícola ha aumentado en esta región (Romero-Ruiz *et al.* 2012).

Dos sitios de la cuenca del río Guachiría y Yaguarapo, El Lagunazo-El Boral y Taparas-Miramar-Venado pueden considerarse como potenciales Áreas Importantes para la Conservación de las Aves (AICA), debido a que pueden cumplir el criterio de congregaciones de especies de aves, pues estos sitios podrían mantener de forma regular el 1 % o un porcentaje superior de una población biogeográfica de una especie de ave acuática gregaria (BirdLife Internacional y Conservación Internacional 2005). Tal criterio se puede cumplir en estos dos sitios para el pato carretero y el gaviotín picudo, al igual que podría aplicarse en el estero Banco Largo, la Laguna Las Delicias y el estero El Remache para las especies corocora, coquito y cabeza de hueso respectivamente. Aunque no se cuenta con información previa sobre las poblaciones de la corocora en la región, resulta necesario identificar las áreas de concentración de individuos de esta especie si se tiene en cuenta que esta veadora experimenta disminución en sus poblaciones en el Orinoco venezolano (Frederick y Bildstein 1992), lo cual puede también presentarse en Colombia.

Adicionalmente, El Lagunazo-El Boral, Taparas-Miramar-El Venado y la Laguna de las Delicias pueden cumplir con otro criterio que identifica sitios para las especies amenazadas de extinción a escala global y especies consideradas de interés de conservación global (BirdLife Internacional y Conservación Internacional 2005), debido a que el pato carretero es una especie casi amenazada a escala global y nacional (Renjifo *et al.* 2002), que fue registrada en los tres sitios. Este criterio tiene en cuenta tamaños críticos poblacionales para la identificación de una AICA, que en el caso de una especie casi amenazada es de diez parejas o treinta individuos (BirdLife Internacional y Conservación

Internacional 2005), lo cual fue cumplido también en los sitios mencionados. En cuanto al Parque Ecotemático Wisirare y La Poyata-Maní también se pueden considerar como potenciales AICA bajo el criterio de presencia de aves amenazadas debido a los registros de más de treinta individuos del correlimos escamado. La presencia del pato carretero en estos tres sitios indica que presentan la combinación de hábitat boscoso adecuado para su anidación, los humedales para su alimentación y la protección necesaria contra la cacería (Kriese 2004).

Actualmente, El Lagunazo-El Boral es reconocido como una Reserva Natural de la Sociedad Civil por parte de Parques Nacionales Naturales de Colombia, la cual junto al resto de AICA potenciales identificadas en este estudio, requieren más investigaciones sobre su avifauna que suministren información necesaria para su designación como AICA.

Agradecimientos

Agradecemos a nuestros compañeros de la Asociación Calidris Luis Fernando Castillo, Richard Johnston, Yanira Cifuentes-Sarmiento y Jeisson Zamudio por su apoyo en el trabajo de campo, así como a los miembros de la Fundación Cunaguaro, Laura Miranda, Renzo Ávila y Ernesto Roa, quienes con su apoyo permitieron el acceso a la mayoría de los sitios. Agradecemos a los diferentes propietarios y administradores de hatos, así como a Rafael Antelo y Juan Carlos Millán por su colaboración. Este estudio fue realizado en el marco del proyecto “Evaluación de Sitios de Importancia para la Conservación de las Aves Acuáticas en los departamentos de Meta y Casanare” financiado por Ecopetrol.

Bibliografía

Asociación Bogotana de Ornitología. 2000. Aves de la sabana de Bogotá, guía de campo. ABO, CAR. Bogotá, Colombia. 276 pp.

Aguilera, E., C. Ramo y B. Busto. 1993. Food habits of the Scarlet and White Ibis. *The Condor* 95 (3): 739-741.

Aguilera, E. 1988. La comunidad de ibises (Threskiornithidae) en los llanos de Venezuela. *Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle* 130: 59-75.

Andrade P., G. I., L. G. Castro G., A. Durán D., M. Rodríguez B., G. Rudas Ll., E. Uribe B. y E. Wills. 2009. La mejor Orinoquia que podemos construir. Universidad de Los Andes. Bogotá. 139 pp.

Antelo, R. 2013. Descripción de un nuevo garcero en los Llanos de Casanare, Colombia. *Biota Colombiana* 14: 345-350.

Araujo, C. O., A. de Camargo y V. Staggemeier. 2006. Aspectos da biología reproductiva de *Syrigma sibilatrix* (Aves: Ardeidae). *Revista Brasileira de Ornitología* 14 (2):161-163.

Austin, J. 2002. Responses of Dabbling Ducks to wetland conditions in the Prairie Pothole Region”. *Waterbirds* 25 (4): 465-473.

Ayarzagüena, J., C. Ramo y J. Pérez. 1981. Los garceros de El Llano. Cuadernos Lagoven. Caracas. 136 pp.

Baltzersen, W. 2011. Waterbird and raptor communities in the Modulos de Apure region of the Venezuelan llanos: an emphasis on temporal and multiscale waterbird-habitat relationships. Doctoral Dissertation. State University of New York, College of Environmental Science and Forestry Syracuse, New York. 277 pp.

Bastidas, L. V., Navarro-Rodríguez, R. y G. Marín-Espinoza. 2013. Composición y perspectivas de conservación de la avifauna asociada a diferentes hábitats de sabana de la cuenca del río Zuata, llanos sudorientales, Venezuela. *The Biologist* 11 (1): 33-55.

BirdLife International y Conservation International. 2005. Áreas Importantes para la Conservación de las Aves en los Andes Tropicales: sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad. BirdLife International (Serie de Conservación de BirdLife No. 14) Quito, Ecuador. 767 pp.

Borrero J. I. 1960. Notas sobre aves de la Amazonia y Orinoquia Colombianas. *Caldasia* 8 (39): 485-515.

Botero, E., E. Botero-Delgadillo, A. M. López, R. Espinosa y G. Lentijo. 2012. *Anas discors*. Pp 59-61. En: Naranjo, L. G., J. D. Amaya, D. Eusse-González y Y. Cifuentes-Sarmiento (Eds). Guía de las Especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia. Aves Vol. 1. Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible/WWF Colombia. Bogotá, D.C.

Bruzual, J. y I. Bruzual. 1983. Feeding habits of Whistling Ducks in the Calabozo ricefields, Venezuela, during the reproductive period. *Wildfowl* 34: 20-26.

Caldwell, G. S. 1981. Attraction to tropical mixed-species heron flocks: proximate mechanisms and consequences. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 8: 99-103.

Cárdenas-Posada, G. e Y. Cifuentes-Sarmiento. 2012. *Anas cyanoptera septentrionalium*. Pp. 62-64. En: Naranjo, L. G., J. D. Amaya, D. Eusse-González y Y. Cifuentes-Sarmiento (Eds). 2012. Guía de las especies

- migratorias de la biodiversidad en Colombia. Aves Vol. 1. Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible/WWF Colombia. Bogotá, D.C. 708 pp.
- Cifuentes-Sarmiento, Y. 2012. *Himantopus mexicanus*. Pp.185-187. En: Naranjo, L. G., J. D. Amaya, D. Eusse-González y Y. Cifuentes-Sarmiento (Eds). 2012. Guía de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia. Aves Vol. 1. Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible/WWF Colombia. Bogotá, D.C.
- Clarke, K. R. y R. M. Warwick. 1994. Change in marine communities. Plymouth Marine Laboratory. 144 pp.
- Clausen, P. 2000. Modelling water level influence on habitat choice and food availability for *Zostera* feeding Brent Geese *Branta bernicla* in non-tidal areas. *Wildlife Biology* 6:75-87
- Conway, C. J. 2011. Standardized North American marsh bird monitoring protocols. *Waterbirds* 34 (3): 319-346.
- Davenport, L. C., Bazán, I. N., y N. C. Erazo. 2012. East with the Night: Longitudinal Migration of the Orinoco Goose (*Neochen jubata*) between Manú National Park, Peru and the Llanos de Moxos, Bolivia. *PLoS One* 7 (10): 1-6.
- De Graaf, R., N. G. Tilghman y S. H. Anderson. 1985. Foraging Guilds of North American Birds. *Environmental Management* 9 (6): 493-536.
- Droege, S. 1990. The North American breeding bird survey. Pp: 1-4. En: Sauer, J. R. y S. Droege (Eds.). Survey designs and statistical methods for the estimation of avian populations trends. Biological report 90 (1). Fish and wildlife service. Department of Interior, Washington, DC.
- Figueira, J. E. C., R. Cintra, L. R. Viana y C. Yamashita. 2006. Spatial and temporal patterns of bird species diversity in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil: implications for conservation. *Brazilian Journal of Biology* 66 (2): 393-404.
- Frederick, P. C. y K. L. Bildstein. 1992. Foraging ecology of seven species of Neotropical Ibises (Threskiornithidae) during the dry season in the llanos of Venezuela. *Wilson Bulletin* 104:1-21.
- Furley, P. A. 1999. The nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian Cerrados. *Global Ecology and Biogeography* 8,3-4: 223-241.
- González, H. y F. E. Patiño. 1989. Estudios comparativo del comportamiento reproductivo y la ecología de siete especies de aves Ciconiiformes colombianas en dos localidades: Cartagena, Caribe Colombiano y la Intendencia Nacional del Casanare, Llanos Orientales. Tesis de grado. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá D. C. 125 pp.
- González, J. 1996. Densidad y dinámica espacio-temporal de las poblaciones de cigüeñas (Ciconiidae) en los llanos inundables de Venezuela. *Ornitología Neotropical* 7: 177-183.
- González, J. A. y J. Castroviejo. 1997. Ecología alimentaria comparada de tres especies simpátricas de cigüeñas (Ciconiidae) en los llanos inundables de Venezuela. Publicaciones de la Asociación de Amigos de Doñana No. 10, Sevilla, España.
- González, J. 1998. Phenology and reproductive success of the Maguari Stork in the Southern Llanos of Venezuela. *Colonial Waterbirds* 21(2): 135-142.
- González, J. 1999. Nesting success in two Wood Stork colonies in Venezuela. *Journal Field Ornithology* 70 (1): 18-27
- Green, R. E. y M. Robins. 1993. The decline of the ornithological importance of the summerset Levels and Moors, England and change in the management of water levels. *Biological Conservation* 66: 95-106.
- Guillemain, M., H. Fritz y S. Blais. 2000. Foraging methods can affect patch choice: an experimental study in Mallard (*Anas platyrhynchos*). *Behavioural Processes* 50: 123-129.
- Hamilton, S. K., S. J. Sippel y J. M. Melack. 2002. Comparison of inundation patterns in South American floodplains. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* (1984-2012) 107. D20: LBA-5.
- Hilty, S. L. y W. L. Brown. 2001. A Guide to the birds of Colombia. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA. 996 pp.
- Hilty, S. L. 2003. Birds of Venezuela. Princeton University Press, Princeton New Jersey, USA. 874 pp.
- Jenkins, R. K. B. y S. J. Ormerod. 2002. Habitat preferences of breeding water rail *Rallus aquaticus*. *Bird Study* 49: 2-10.
- Kahl, M. P. 1972. A revision of the family Ciconiidae (Aves). *Journal of Zoology* 167: 451-461.
- Kriese, K. 2004. Breeding ecology of the Orinoco Goose (*Neochen jubata*) in the Venezuelan llanos: the paradox of a tropical grazer. Doctoral Dissertation. University of California at Davis, Davis, California. 180 pp.
- Kushlan, J. A. 1976. Wading bird predation in a seasonally-fluctuating pond. *Auk* 93: 464-476.
- Kushlan, J. A. 1978. Feeding ecology of wading birds. Pp. 249-297. En: Sprunt IV, A., J. Ogden y S. Winckler (Eds.). Wading birds. Research Report 7, National Audubon Society. New York.
- Kushlan, J. A. 1985. Foraging niche relations of wading birds in tropical wet savannas. *Ornithological Monographs, Neotropical Ornithology* 36: 663-682.

- Lasso, C. A., J. Usma, F. Trujillo y A. Rial. 2010. Biodiversidad de la cuenca del Orinoco: bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle e Instituto de Estudios de la Orinoquia (Universidad Nacional de Colombia). Bogotá, D. C., Colombia. 609 pp.
- Lau, P. 2008. Patrones de utilización de los hábitats por parte de las aves, en una región de sabanas bien drenadas de los Llanos Orientales en Venezuela. *Ecotrópicos* 21: 13-33.
- Loftus, W. F. y A. M. Eklund. 1994. Long-term dynamics of an Everglades small-fish assemblage. Pp. 481-483. *En: Davis, S. M. y J. C. Ogden (Eds.), Everglades: The Ecosystem and Its restoration.* St. Lucie Press, Delray Beach, FL.
- Machado-Allison A., C. A. Lasso, J. S. Usma, P. Sánchez-Duarte y O. M. Lasso-Alcalá. 2010. Peces. Capítulo 7. Pp. 221-257. *En: Lasso, C. A., J. S. Usma, F. Trujillo y A. Rial (Eds.). 2010. Biodiversidad de la cuenca del Orinoco: bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad.* Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle e Instituto de Estudios de la Orinoquia (Universidad Nacional de Colombia). Bogotá, D. C., Colombia.
- Magurran, A.E. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Science Ltd. Blackwell Publishing Company. Oxford, U. K. 213 pp.
- Marín G., L. Bastidas, J. Muñoz, O. Oliveros, R. Navarro y B. Marcano. 2007. Perfil ecológico de la avifauna de los Llanos Orientales de Venezuela en función de los impactos antrópicos. *Inter ciencia* 32 (6): 391-398
- Mckay, W. O. 1980. The influence of agriculture on avian communities near Villavicencio, Colombia. *Wilson Bulletin* 92: 381-389.
- Mckay, W. D. 1981. Notes on Purple Gallinules in Colombian rice fields. *Wilson Bulletin* 93 (2): 267-271.
- McNish, T. 2007. Las aves de los llanos de la Orinoquia. Colombo Andina de Impresos S.A. Bogotá. 302 pp.
- Morales, G., J. Pinowski, J. Pacheco, M. Madrid y F. Gómez. 1981. Densidades poblacionales, flujo de energía y hábitos alimentarios de las aves ictiófagas de los Módulos de Apure, Venezuela. *Acta Biológica Venezolánica* 11: 1-45.
- Murillo, J. I. 2005. Evaluación de la distribución y estado actual de los registros ornitológicos de los llanos orientales de Colombia. Tesis para optar al título de Biólogo. Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Programa de biología con énfasis en ecología. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto. 141 pp.
- Naranjo, L. G., J. D. Amaya, D. Eusse-González e Y. Cifuentes-Sarmiento (Eds). 2012. Guía de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia. Aves Vol. 1. Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible / WWF Colombia. Bogotá, D.C. 708 pp.
- Navarro, R., S. J. Leal, G. Marín y L. Bastidas. 2011. Anidación de cinco especies de aves acuáticas Charadriiformes en bancos aluviales del río Orinoco. *Saber* 23 (1): 13-17.
- Ntiamoa-Baidu, Y., T. Piersma, P. W., M. Poot, P. Battley y C. Gordon. 1998. Water depth selection, daily feeding routines and diets of waterbirds in coastal lagoons in Ghana. *Ibis* 140: 89-103.
- O'Brien, M., R. Crossley y K. Karlson. 2006. The shorebird guide. Houghton Mifflin Company. New York. 477 pp.
- Ogden, J. C. y B. T. Thomas. 1985. A colonial wading bird survey in the central Llanos of Venezuela. *Colonial Waterbirds* 8 (1): 23-31.
- Olivares, A. F. M. 1962. Aves de la región sur de la Sierra de la Macarena, Meta, Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Ornitología Universidad Nacional de Colombia. Imprenta Nacional. Bogotá, Colombia. 40 pp.
- Olivares, A. F. M. 1974. Aves de la Orinoquia Colombiana. Instituto de Ciencias Naturales, Ornitología. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C., Colombia. 127 pp.
- Recher, H. F. y J. A. Recher. 1980. Why are there different kinds of herons? *Transactions of the Linnean Society* 9:135-158.
- Renjifo, L. M., A. M. Franco-Maya, J. D. Amaya-Espinel, G. Kattan y B. López-Lanús. 2002. Libro Rojo de Aves de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia. 562 pp.
- Restall, R., C. Rodner y M. Lentino. 2006. Birds of Northern South America: An identification Guide. Volume 1. London y Yale University Press, New Haven, Connecticut. United States. 656 pp.
- Restrepo-Calle, S. 2009. Avifauna de la Reserva Natural Palmarito (Casanare). Informe Técnico Proyecto Informe Técnico Asociación Calidris, Fundación Palmarito, Fundación Omacha, WWF-Colombia. Cali, Colombia. 22 pp.
- Restrepo-Calle, S., M. Lentino y L. G. Naranjo. 2010. Aves. Capítulo 9. Pp. 291-309. *En: Lasso, C. A., J. S. Usma, F. Trujillo y A. Rial (Eds.). 2010. Biodiversidad de la cuenca del Orinoco: bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad.* Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle Instituto de Estudios de la Orinoquia (Universidad Nacional de Colombia), Bogotá, D. C.

- Restrepo-Calle S. y V., Peña-Herrera. 2005. Análisis de información registrada sobre riqueza, distribución, abundancia, amenazas y oportunidades para la conservación de las aves migratorias en la cuenca del río Orinoco en Colombia. Informe presentado a WWF-Colombia. Cali, Colombia. 54 pp.
- Rivas, J., J. V. Rodríguez y C. G. Mittermeier. 2002. Los llanos. Pp 264-273. *En*: Robles Gil, P. (Ed.) Aéreas silvestres: Las últimas regiones vírgenes del mundo. Conservación internacional, CEMEX. México.
- Robbins, C. S., D. Bystrak, y P. H. Geissler. 1986. The breeding bird survey: Its first fifteen years, 1965-1979. U.S. Fish and Wildlife Service, Resource publication. 157 pp.
- Rodríguez-Gacha, D. y A. Pantaleón-Lizarazú. 2012. Flamenco. Pp.: 78-80 *En*: Naranjo, L. G., J. D. Amaya, D. Eusse-González y Y. Cifuentes-Sarmiento (Eds). 2012. Guía de la especies migratorias de la biodiversidad en Colombia. Aves Vol. 1. Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible/ WWF Colombia. Bogotá, D.C.
- Romero-Ruiz, M. H. S. G. A., Flantua, K. Tansey y J. C. Berrio. 2012. Landscape transformations in savannas of northern South America: land use/cover changes since 1987 in the Llanos Orientales of Colombia. *Applied Geography* 32: 766-776.
- Rosales, J. C. F. Suárez y C. A. Lasso. 2010. Descripción del medio natural de la cuenca del Orinoco. Pp 51-73. *En*: Lasso, C. A., J. S. Usma, F. Trujillo y A. Rial (Eds.). 2010. Biodiversidad de la cuenca del Orinoco: bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle e Instituto de Estudios de la Orinoquia (Universidad Nacional de Colombia). Bogotá, D. C., Colombia.
- Ruiz-Guerra, C. 2012. *Calidris fuscicollis*. Pp. 233-235. *En*: Naranjo, L. G., J. D. Amaya, D. Eusse-González y Y. Cifuentes-Sarmiento (Eds). 2012. Guía de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia. Aves Vol. 1. Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible/WWF Colombia. Bogotá, D.C.
- Stiles, F. G. y A. F. Scutch. 1989. A Guide to the birds of Costa Rica. US. Cornell University Press, 511 pp.
- Stiles F.G. 1998. Listado de las aves de una zona del río Inirida. Informe ICN a CDA. Bogotá. 87 pp.
- Tamisier, A. y O. Dehorter. 2000. Fauna of the Llanos and Pantanal: ecological basis for the sustainable management of tropical flooded ecosystems. Case studies in the Llanos (Venezuela) and the Pantanal (Brazil). Centre d'E' cologie Fonctionnelle et Evolutive CNRS, Montpellier, France.
- Táran, Z., S. Strah, y J. Ojasti. 1995. Feeding ecology of the Purple Gallinule *Porphyryla martinica* in the central llanos of Venezuela. *Ecotrópicos* 8: 53-61.
- Taylor, L. R., I. P. Woiwod, y J. N. Perry. 1978. The density-dependence of spatial behaviour and the rarity of randomness. *The Journal of Animal Ecology* 47: 383-406.
- Thomas, B. T. 1979. The birds of ranch in the Venezuelan llanos. Pp: 213-232. *En*: Eisenberg, J. F. (Ed.). Vertebrate ecology in the Northern neotropics. Smithsonian Institute Press, Washington D.C.
- Umaña A., J. Murillo, S. Restrepo-Calle y M. Álvarez. 2009. Aves. Pp: 35-47. *En*: Romero, M. H., J. A. Maldonado-Ocampo, J. D. Bogotá-Gregory, J. S. Usma, A. M. Umaña, M. Álvarez, M.T. Palacios-Lozano, M. S. Saralux-Valbuena, S. L. Mejía, J. Aldana-Rodríguez y E. Payán (Eds.) Informe sobre el estado de la biodiversidad en Colombia 2007-2008: piedemonte orinoquense, sabanas y bosques asociados al norte del río Guaviare. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C.
- Velásquez, C. R. 1992. Managing artificial salt pans as a waterbird habitat: Species' responses to water level manipulation. *Colonial Waterbirds* 15: 43-55.
- Vilella F., M. Gregory y G. A. Baldassarre. 2010. Abundance and distribution of waterbirds in the llanos of Venezuela. *The Wilson Journal of Ornithology* 122 (1): 102-115.
- Willard, D. E. 1977. The feeding ecology and behavior of five species of herons in southeastern Nueva Jersey. *Condor* 79: 462-470.
- Williamson, L., M. Hudson, M. O'Connell, N. Davidson, R. Young, T. Amano y T. Székely. 2013. Areas of high diversity for the world's inland-breeding waterbirds. *Biodiversity and conservation* 22 (6-7): 1501-1512.
- Zamudio, J. A., L. F. Ortega y L. F. Castillo. 2011. Aves de Casanare. Pp: 168-179. *En*: Usma, J. S. y F. Trujillo (Eds.). 2011. Biodiversidad del Casanare: Ecosistemas Estratégicos del Departamento. Gobernación del Casanare – WWF Colombia. Bogotá D. C.
- Zamudio, J. A. 2012. *Leucophaeus atricilla*. Pp. 259-260. *En*: Naranjo, L. G., J. D. Amaya, D. Eusse-González y Y. Cifuentes-Sarmiento (Eds). 2012. Guía de la Especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia. Aves Vol. 1. Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible /WWF Colombia. Bogotá, D.C.

Anexo 1. Número máximo de individuos de aves acuáticas registradas en cada temporada. Se indica el grupo funcional y estatus de residencia. (N) corresponde a final de época de lluvias; (M) corresponde final de época seca y (J) corresponde mitad de época lluviosa. Se muestra para cada especie el estatus de residencia; (R): residente, (ML): migratorio local; (IPR): invernante con poblaciones reproductivas; (INR): invernante no reproductivo. Número entre paréntesis corresponde a cantidad de especies de cada uno de los seis grupos funcionales.

Grupo	Orden	Familia	Nombre científico (Nombre común)	Estatus de residencia	Número máximo de individuos		
					N	M	J
Anátidos (7)	Anseriformes	Anatidae	<i>Dendrocygna bicolor</i> (iguasa maría)	R	0	20	0
			<i>Dendrocygna viduata</i> (iguasa careta)	R	312	432	376
			<i>Dendrocygna autumnalis</i> (iguasa común)	ML	615	7087	925
			<i>Dendrocygna</i> sp. (iguasa)	-	6	330	0
			<i>Neochen jubata</i> (pato carretero)	R	225	8087	3716
			<i>Cairina moschata</i> (pato real)	R	52	97	0
			<i>Amazonetta brasiliensis</i> (pato yaguaso)	R	43	832	8
			<i>Anas discors</i> (pato careto)	IPR	2129	184	0
Vadeadoras (27)	Phoenicopteriformes	Phoenicopteridae	<i>Phoenicopus ruber</i> (flamenco)	ML	1	3	0
	Ciconiiformes	Ciconiidae	<i>Ciconia maguari</i> (cigüeña llanera)	R	4	153	2
			<i>Jabiru mycteria</i> (garzón soldado)	R	16	226	21
			<i>Mycteria americana</i> (cabeza de hueso)	R	1395	1076	58
	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Tigrisoma lineatum</i> (vaco colorado)	R	8	60	11
			<i>Ixobrychus exilis</i> (avetorillo bicolor)	R	0	1	0
			<i>Nycticorax nycticorax</i> (guaco común)	IPR	14	70	47
			<i>Nyctanassa violacea</i> (guaco manglero)	R	0	0	4
			<i>Butorides striata</i> (garcita rayada)	R	33	31	64
			<i>Bubulcus ibis</i> (garcita del ganado)	IPR	2476	12682	2302
			<i>Ardea herodias</i> (garzón migratorio)	INR	1	0	0
<i>Ardea cocoi</i> (garzón azul)	R	89	314	57			

Cont. **Anexo 1.** Número máximo de individuos de aves acuáticas registradas en cada temporada. Se indica el grupo funcional y estatus de residencia. (N) corresponde a final de época de lluvias; (M) corresponde final de época seca y (J) corresponde mitad de época lluviosa. Se muestra para cada especie el estatus de residencia; (R): residente, (ML): migratorio local; (IPR): invernante con poblaciones reproductivas; (INR): invernante no reproductivo. Número entre paréntesis corresponde a cantidad de especies de cada uno de los seis grupos funcionales.

Grupo	Orden	Familia	Nombre científico (Nombre común)	Estatus de residencia	Número máximo de individuos			
					N	M	J	
Vadeadoras (27)			<i>Ardea alba</i> (garza real)	IPR	1245	2218	481	
			<i>Syrigma sibilatrix</i> (garza silbadora)	R	44	195	49	
			<i>Pilherodius pileatus</i> (garza crestada)	R	0	21	3	
			<i>Egretta tricolor</i> (garza tricolor)	IPR	0	1	0	
			<i>Egretta thula</i> (garza patiamarilla)	IPR	655	765	100	
			<i>Egretta caerulea</i> (garza azul)	IPR	216	338	239	
			<i>Egretta</i> sp. (garzas blancas)	-	350	500	0	
			Threskiornithidae	<i>Eudocimus albus</i> (ibis blanco)	R	16	90	55
				<i>Eudocimus ruber</i> (corocora)	R	541	2982	1232
				<i>Plegadis falcinellus</i> (ibis pico de hoz)	IPR	0	402	16
				<i>Cercibis oxycerca</i> (tarotaro)	R	18	171	30
				<i>Mesembrinibis cayennensis</i> (ibis verde)	R	22	39	2
				<i>Phimosus infuscatus</i> (coquito)	R	788	4720	926
				<i>Theristicus caudatus</i> (coclí)	R	127	206	169
				<i>Platalea ajaja</i> (espátula)	R	65	939	192
Gruiformes	Aramidae	<i>Aramus guarauna</i> (carrao)	R	2	15	6		
Limícolas (15)	Charadriiformes	Charadriidae	<i>Vanellus cayanus</i> (pellar arenero)	R	94	36	53	
			<i>Vanellus chilensis</i> (pellar común)	R	673	1515	247	
			<i>Charadrius collaris</i> (chorlito collarejo)	R	46	61	53	

Cont. **Anexo 1.** Número máximo de individuos de aves acuáticas registradas en cada temporada. Se indica el grupo funcional y estatus de residencia. (N) corresponde a final de época de lluvias; (M) corresponde final de época seca y (J) corresponde mitad de época lluviosa. Se muestra para cada especie el estatus de residencia; (R): residente, (ML): migratorio local; (IPR): invernante con poblaciones reproductivas; (INR): invernante no reproductivo. Número entre paréntesis corresponde a cantidad de especies de cada uno de los seis grupos funcionales.

Grupo	Orden	Familia	Nombre científico (Nombre común)	Estatus de residencia	Número máximo de individuos		
					N	M	J
Limícolas (15)	Charadriiformes	Recurvirostridae	<i>Himantopus mexicanus</i> (cigüeñuela)	IPR	212	706	75
		Burhinidae	<i>Burhinus bistriatus</i> (alcaraván)	R	24	52	21
		Scolopacidae	<i>Gallinago</i> sp. (caica)	R	0	9	0
			<i>Gallinago paraguayae</i> (caica suramericana)	R	0	9	0
			<i>Limnodromus griseus</i> (becasina piquicorta)	INR	0	11	0
			<i>Bartramia longicauda</i> (correlimos sabanero)	INR	0	13	0
			<i>Actitis macularius</i> (andarrios maculado)	INR	0	16	1
			<i>Tringa melanoleuca</i> (andarrios mayor)	INR	172	4	65
			<i>Tringa flavipes</i> (andarrios patiamarillo)	INR	93	11	331
			<i>Tringa solitaria</i> (andarrios solitario)	INR	18	39	1
			<i>Tringa</i> sp. (andarrios)	INR	1	21	10
			<i>Calidris minutilla</i> (correlimos diminuto)	INR	5	350	142
			<i>Calidris melanotos</i> (correlimos pectoral)	INR	0	0	105
			<i>Calidris</i> sp. (playeros pequeños)	INR	60	56	0
			<i>Tryngites subruficollis</i> (correlimos escamado)	INR	0	412	0
Paludícolas (9)	Podicipediformes	Podicipedidae	<i>Podilymbus podiceps</i> (zambullidor común)	R	0	1	0
	Anseriformes	Anhimidae	<i>Anhima cornuta</i> (buitre de ciénaga)	R	7	52	14
	Gruiformes	Rallidae	<i>Aramides cajaneus</i> (chilacoa colinegra)	R	4	5	7
			<i>Pardirallus maculatus</i> (rascón overo)	R	0	1	0
			<i>Porphyrio martinicus</i> (polla azul)	ML	15	0	81
			<i>Porphyrio flavirostris</i> (polla llanera)	R	10	0	7

Cont. **Anexo 1.** Número máximo de individuos de aves acuáticas registradas en cada temporada. Se indica el grupo funcional y estatus de residencia. (N) corresponde a final de época de lluvias; (M) corresponde final de época seca y (J) corresponde mitad de época lluviosa. Se muestra para cada especie el estatus de residencia; (R): residente, (ML): migratorio local; (IPR): invernante con poblaciones reproductivas; (INR): invernante no reproductivo. Número entre paréntesis corresponde a cantidad de especies de cada uno de los seis grupos funcionales.

Grupo	Orden	Familia	Nombre científico (Nombre común)	Estatus de residencia	Número máximo de individuos		
					N	M	J
Paludícolas (9)	Eurypygiiformes	Eurypygidae	<i>Eurypyga helias</i> (garza del sol)	R	1	4	0
	Charadriiformes	Jacaniidae	<i>Jacana jacana</i> (gallito de ciénaga)	R	315	2941	238
	Opisthocomiformes	Opisthocomidae	<i>Opisthocomus hoazin</i> (pava hedionda)	R	8	67	37
Piscívoros (15)	Suliformes	Anhingiidae	<i>Anhinga anhinga</i> (pato aguja)	R	7	29	31
		Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax brasilianus</i> (cormorán neotropical)	IPR	1	67	4
	Accipitriformes	Pandionidae	<i>Pandion haliaetus</i> (águila pescadora)	INR	0	1	0
			<i>Busarellus nigricollis</i> (águila cienaguera)	R	3	4	2
		Accipitridae	<i>Rostrhamus sociabilis</i> (caracolero común)	R	1	12	1
			<i>Circus buffoni</i> (lagunero negro)	R	0	1	3
			<i>Buteogallus urubitinga</i> (cangrejero mayor)	R	0	1	1
	Charadriiformes	Laridae	<i>Leucophaeus atricilla</i> (gaviota reidora)	INR	0	2	0
			<i>Sternula superciliaris</i> (gaviotín fluvial)	R	5	51	0
			<i>Phaetusa simplex</i> (gaviotín picudo)	R	51	340	25
		Rynchopidae	<i>Rynchops niger</i> (picotijera)	IPR	19	404	0
	Coraciiformes	Alcedinidae	<i>Megaceryle torquata</i> (martín-pescador mayor)	R	4	1	13
			<i>Chloroceryle amazona</i> (martín-pescador matraquero)	R	3	10	7
			<i>Chloroceryle americana</i> (martín-pescador chico)	R	3	5	12
			<i>Chloroceryle aenea</i> (martín-pescador pigmeo)	R	0	0	3
Semiacuáticas (10)	Passeriformes	Furnariidae	<i>Certhiaxis cinnamomea</i> (rastrojero barbiamarillo)	R	0	0	1

Cont. **Anexo 1.** Número máximo de individuos de aves acuáticas registradas en cada temporada. Se indica el grupo funcional y estatus de residencia. (N) corresponde a final de época de lluvias; (M) corresponde final de época seca y (J) corresponde mitad de época lluviosa. Se muestra para cada especie el estatus de residencia; (R): residente, (ML): migratorio local; (IPR): invernante con poblaciones reproductivas; (INR): invernante no reproductivo. Número entre paréntesis corresponde a cantidad de especies de cada uno de los seis grupos funcionales.

Grupo	Orden	Familia	Nombre científico (Nombre común)	Estatus de residencia	Número máximo de individuos		
					N	M	J
Semiacuáticas (10)	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Serpophaga cinerea</i> (tiranuelo saltarroyo)	R	0	1	1
			<i>Sayornis nigricans</i> (Atrapamosca guardapuentes)	R	0	0	3
			<i>Fluvicola pica</i> (viudita común)	R	8	16	8
			<i>Arundinicola leucocephala</i> (monjita pantanera)	R	24	18	13
		Hirundinidae	<i>Progne tapera</i> (golondrina sabanera)	IPR	10	2	794
			<i>Tachycineta albiventer</i> (golondrina aliblanca)	R	0	58	32
		Donacobiidae	<i>Donacobius atricapilla</i> (sinsonte lagunero)	R	1	4	1
		Thraupidae	<i>Paroaria gularis</i> (cardenal pantanero)	R	4	5	15
		Icteridae	<i>Chrysomus icterocephalus</i> (turpial cabeciamarillo)	R	12	101	19

Carlos Ruiz-Guerra
Asociación Calidris, Colombia
cjrui@calidris.org.co

Diana Eusse-González
Asociación Calidris, Colombia
deusse@calidris.org.co

Cesar Arango
Universidad Icesi, Colombia
cabezasverdes@gmail.com

Distribución, abundancia y reproducción de las aves acuáticas de las sabanas inundables de Meta y Casanare (Colombia) y sitios prioritarios para la conservación

Cítese como: Ruiz-Guerra, C., D. Eusse-González y C. Arango. 2014. Distribución, abundancia y reproducción de las aves acuáticas de las sabanas inundables de Meta y Casanare (Colombia) y sitios prioritarios para la conservación. *Biota Colombiana* 15 (Supl. 1): 137-160.

Recibido: 19 de noviembre de 2013
Aprobado: 14 de julio de 2014

Avifauna en diferentes hábitats de la cuenca del río Fúquene (Cundinamarca), Colombia

Avifauna in different habitats in the Fuquene River drainage (Cundinamarca), Colombia

Andrea Morales-Rozo y Yeysika Pachón

Resumen

La información de línea base es una prioridad para planes de conservación de áreas protegidas, especialmente cuando estas son de gran importancia para el mantenimiento de la biodiversidad. Para aumentar el conocimiento sobre la cuenca del río Fúquene (Cundinamarca, Colombia), se realizó una caracterización de la avifauna presente, con participación de la comunidad local. Se realizaron ocho visitas (mayo-agosto 2012) a 15 puntos de observación de aves, establecidos en diferentes coberturas: herbazal frailejónal de páramo, bosque de galería y ripario, bosque denso alto y bajo, arbustal denso y plantación forestal. Se encontraron 53 especies de aves, dos de área restringida en Colombia, el chamicero (*Synallaxis subpudica*), presente en los cuatro tipos de hábitat, y el picocono (*Conirostrum rufum*), presente en bosque altoandino. La avifauna registrada en este estudio es un indicador de la importancia de las coberturas vegetales en un paisaje transformado y sirve de línea base para establecer herramientas de manejo del mismo.

Palabras clave. Aves. Inventario. Bosque andino. Cordillera Oriental.

Abstract

Baseline information is a priority for conservation plans of protected areas, especially when they are of great importance for the maintenance of biodiversity. In order to increase the knowledge about Fúquene River watershed (Cundinamarca, Colombia), we carried out a characterization of the avifauna with local communities. We visited the area eight times (May-August 2012), covering 15 observation points in different land covers: Grassland and paramo, riparian forest, high Andean forest, low Andean forest, dense scrub, and plantation. We found 53 species of birds, of which two are endemic to Colombia: Silvery-throated Spinetail (*Synallaxis subpudica*), found in four types of habitats, and the Rufous-browed Conebill (*Conirostrum rufum*), found only in Andean forest. The avifauna recorded in this study, is an indicator of the importance of the forest cover in a landscape transformed and base line to establish the management tools.

Key words. Birds. Inventory. Andean forest. Eastern Andes.

Introducción

En Colombia la transformación y fragmentación del hábitat natural de la región andina ha sido acelerada y es una de las principales amenazas a la diversidad biológica. En la cordillera Central se ha perdido cerca

del 90 % de la cobertura de bosque subandino continuo (Cavelier y Etter 1995). La heterogeneidad del paisaje se refleja en las diferencias en la composición de las especies que albergan los diferentes elementos

que lo componen (Bormpoudakis 2013). Las aves son el grupo biológico mejor conocido, son buenas indicadoras del estado de conservación de un ecosistema y ofrecen una excelente oportunidad para entender la respuesta de la fauna a la fragmentación de hábitat (Cuervo y Restrepo 2007). Dentro de las principales amenazas para la supervivencia de las aves se destaca la destrucción y la pérdida de su hábitat, como se ha observado en las cuencas de la laguna de Fúquene (Franco *et al.* 2011).

La laguna de Fúquene ha sido reconocida de tiempo atrás como un sitio importante para las aves migratorias acuáticas, con un registro de 12 especies migratorias entre 1939-1970 (Darwin Database 2010, <http://www.biomap.net/BioMap/login>). La revisión reciente de la avifauna de esta laguna (Morales-Rozo *et al.* 2007) y el monitoreo participativo que se ha llevado a cabo con el personal local de 2007 a 2010, revela la presencia de 125 especies de aves, 41 de estas migratorias boreales (vienen de Canadá y Estados Unidos), dos migratorias australes (vienen del sur de Suramérica, p. e. Chile), tres son endémicas y cinco están en alguna categoría de amenaza (Renjifo *et al.* 2002).

En la cordillera Oriental se han realizado varios estudios sobre la avifauna en zonas aledañas a la Sabana de Bogotá y el Valle de Ubaté, que involucran datos de distribuciones y hábitat (ABO 2000, Peraza 2011), reproducción y muda (Echeverry y Córdoba-Córdoba 2008), relación planta-animal (Gutiérrez-Zamora 2008, Nossa 2013) y de caracterización, que aportan insumos importantes para los mapas de distribución de las especies y toma de decisiones.

A pesar de tener una amplia información sobre la laguna de Fúquene (Franco y Andrade 2007), es casi nula la información sobre la cuenca del río Fúquene. El río Fúquene hace parte de las 16 subcuencas aferentes que alimentan la laguna de Fúquene y forma parte de la subcuenca a partir de la cual se da el mayor aporte, por escorrentía superficial de agua a la laguna (Fundación Humedales 2013). La cuenca cuenta con diferentes tipos de coberturas (1.515.892 ha). La mayoría de la superficie de la cuenca está cubierta por cultivos, mosaicos de cultivos y pastos, pastos limpios y plantaciones forestales, que representan el 67 % de la cobertura de la cuenca. Los bosques

naturales cubren un 15 % de la superficie, mientras que las áreas de herbazales y arbustos naturales cubren un 13 % (Fundación Humedales 2013).

La cuenca está en proceso de degradación resultado de la intervención humana que, sumadas a otros determinantes del cambio ambiental como la deforestación o los extremos del clima (sequía y torrencialidad), afectan la biodiversidad presente y los complejos ecológicos de los cuales son parte. En este contexto el proyecto "Del páramo a la laguna", busca generar conocimiento y gestión participativa de la biodiversidad asociada a humedales y el sistema hídrico de la cuenca del río Fúquene y la Laguna de Fúquene (Fundación Humedales 2013), para proponer una forma de manejo del territorio tendiente a revertir los efectos de la degradación ambiental y recuperar aquellos elementos (ecosistemas, procesos ecológicos y especies) que pueden llegar a ser decisivos en el futuro de la cuenca y de las comunidades humanas asociadas a ella.

El objetivo del presente estudio fue evaluar la diversidad de aves en un gradiente altitudinal sobre la cordillera Oriental de los Andes, que abarca desde los 2560 hasta los 3200 m s.n.m. en la cuenca del río Fúquene, y fortalecer el conocimiento de las especies asociadas a la laguna como tal, lo cual puede tener grandes implicaciones en términos de la conservación de biodiversidad y de los recursos hídricos, tan escasos en la región del Valle de Ubaté.

Material y métodos

Área de estudio

El trabajo se realizó en la cordillera Oriental de los Andes colombianos, en la cuenca del río Fúquene al norte del departamento de Cundinamarca (05°24'07"N-73°46'54"O). Este río hace parte de las 16 subcuencas aferentes que alimentan la laguna de Fúquene (Franco *et al.* 2011). La mayoría de la superficie de la cuenca del río Fúquene está cubierta por cultivos, mosaicos de cultivos y pastos, pastos limpios y plantaciones forestales (mixta: acacias, pinos y eucaliptos), que representan el 67 % de la cobertura de la cuenca. Los bosques naturales cubren un 15 % de la superficie mientras que las áreas de

herbazales y arbustos naturales cubren un 13 %, según el mapa de coberturas que se realizó a partir de imagen satelital de 2009 (RapidEye) y con una escala 1:10,000 y resolución espacial de 5 metros (Fundación Humedales 2013).

En esta cuenca se establecieron 15 puntos de observación en seis tipos de coberturas, que cubren un gradiente altitudinal desde los 2559 a los 3234 m s.n.m (Tabla 1, Figura 1). Debido a las dificultades en la logística, el acceso a las zonas de muestreo y la escasa representatividad de algunas coberturas en la cuenca, el número de puntos de observación por cobertura varía; en el caso de las plantaciones solo se pudo establecer un punto, mientras que en bosque de galería y ripario se establecieron cinco puntos.

Muestreos

Entre los meses de mayo y agosto de 2012 se realizaron dos visitas al mes a cada uno de los 15 puntos establecidos, para un total de ocho visitas en cada punto; se hicieron observaciones entre las 6:00 y las 11:00 horas, con una permanencia de 10 minutos en cada punto haciendo registro de especies y número de individuos por especie observados en un círculo de 25 metros de radio alrededor (Ralph *et al.* 1993). Para cada punto se anotó: nombre del punto, fecha, hora inicial y hora final, actividad y el tipo de registro (visual o auditivo). Las aves que se registraron fuera del punto (por cantos a lo lejos o vuelos por el punto) también se anotaron en el formato de campo y posteriormente todo fue digitalizado.

Tabla 1. Sitios de muestreo para avifauna, a lo largo de la Cuenca del río Fúquene en un gradiente altitudinal desde los 2559 a los 3234 m s.n.m.

Punto	Ecosistema	Cobertura	Altura (m s.n.m.)	Longitud x	Latitud y
A-1	Ambientes paramunos	Herbazal frailejonal de páramo	3234	-73.818778	5.382778
A-2	Ambientes paramunos	Bosque de galería y ripario	2955	-73.803917	5.38925
A-3	Ambientes paramunos	Bosque denso alto	3093	-73.810694	5.394306
A-4	Ambientes paramunos	Arbustal denso	2917	-73.799108	5.408269
B-1	Bosque altoandino	Bosque de galería y ripario	2897	-73.800528	5.398389
B-2	Bosque altoandino	Bosque de galería y ripario	2729	-73.785586	5.404745
B-3	Bosque altoandino	Bosque de galería y ripario	2679	-73.781528	5.410917
B-4	Bosque altoandino	Bosque de galería y ripario	2559	-73.76991	5.42872
C-1	Bosque altoandino	Herbazal frailejonal de páramo	2835	-73.785045	5.398262
C-2	Bosque altoandino	Bosque denso bajo	2724	-73.76725	5.42005
C-3	Bosque altoandino	Bosque denso bajo	2819	-73.782142	5.401543
C-4	Bosque altoandino	Bosque denso bajo	2739	-73.781417	5.407722
D-1	Bosque altoandino	Bosque denso bajo	2900	-73.79125	5.419028
D-2	Bosque altoandino	Arbustal denso	2705	-73.78476	5.41263
D-3	Bosque altoandino	Plantación forestal	2632	-73.76175	5.409583

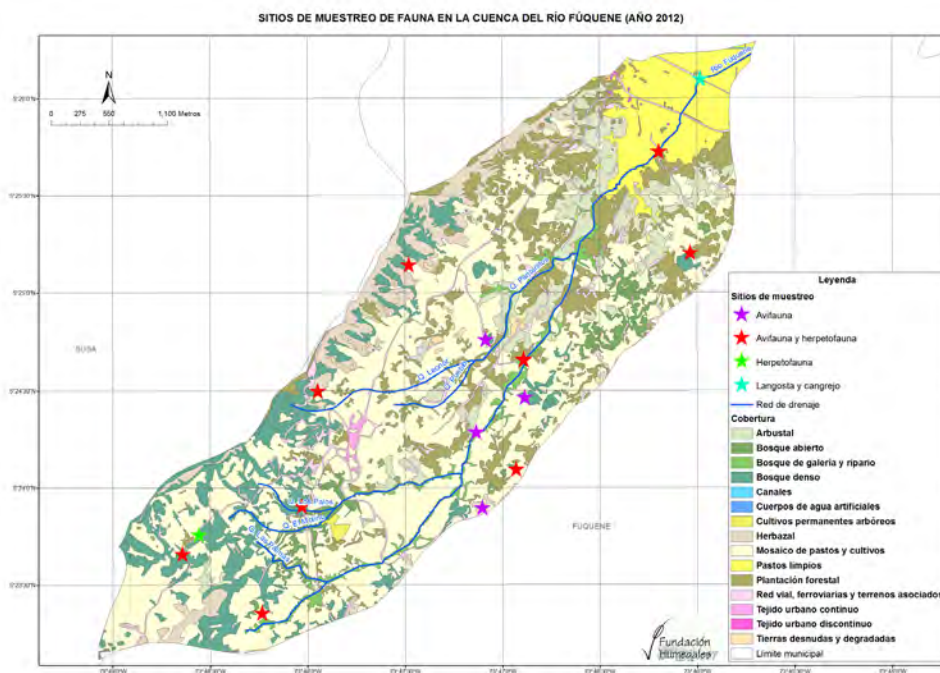


Figura 1. Localización de los puntos de observación de aves desde los 2559 a los 3234 m s.n.m, a lo largo de la cuenca del río Fúquene en el 2012.

Mediante curvas de acumulación de especies y el uso del estimador ACE (Estimador de cobertura basado en abundancias), se evaluó el porcentaje de representatividad del muestreo (Colwell 2013), a nivel de cuenca y a nivel de coberturas. Así mismo, teniendo en cuenta que los elementos del paisaje no fueron muestreados con igual esfuerzo de muestreo, se hicieron curvas de rarefacción. Para evaluar la diversidad alfa, se calcularon los índices de Jackknife (Krebs 1989) y Chao (Chao 1984). Para la estimación de la estructura de la comunidad se utilizó el índice de Shannon-Wiener y el índice de Simpson (Simpson 1949), este último está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes.

En la estimación de la diversidad beta se utilizó el índice de Jaccard para evaluar la similaridad entre los sitios y el índice de Whittaker (Whittaker 1972) para describir el recambio de especies. Para los análisis de biodiversidad se utilizaron los datos dentro del punto, y se realizaron a nivel de cobertura y a nivel de puntos, con el fin de evaluar si las similitudes correspondían a elevaciones o a tipos de hábitat similares. Todos

los índices se calcularon utilizando los paquetes “VEGAN v.2.0-3” y Biodiversity-R para el programa y lenguaje de programación R-CRAN.

Resultados

Representatividad

Durante 15 días entre los meses de mayo y agosto de 2012 se llevaron a cabo 18 horas netas de observación en 15 puntos, cada punto con ocho repeticiones, para un total de 116 muestras. En la base de datos hay un total de 230 registros (116 dentro del punto y 114 fuera del punto). De los 230, 36 (15 %) son registros auditivos.

En total se registraron 778 individuos de 53 especies, pertenecientes a 24 familias (Anexo1). Cuarenta y dos especies (20 familias y 737 individuos), fueron registradas dentro de los puntos de observación y cuatro presentaron distribuciones restringidas: *Scytalopus griseicollis* y *Coeligena bonapartei*, presentes principalmente en bosques al este de los Andes en

Colombia y Venezuela. *Synallaxis subpudica* presente en la mayoría de puntos y coberturas y *Conirostrum rufum* presente en dos puntos en bosque denso bajo, estas dos últimas endémicas para Colombia. No se registraron especies migratorias.

El trabajo realizado a nivel de cuenca tuvo una buena representatividad. En los 15 puntos de conteo (sumando las aves presentes de todas las coberturas), se observó el 87 % del total de las especies reportadas para la región, según los índices ACE y Chao1 (Figura 2). Estos índices están basados en un modelo matemático mediante el cual se calcula el número total de especies a partir de los datos obtenidos en campo.

Las curvas de rarefacción que controlan las diferencias de muestreo entre coberturas, aún no alcanzan una forma asintótica para plantación, bosque denso alto, herbazal y arbustal denso, lo cual está influenciado por el número de puntos por cobertura. Por la dificultad de acceso en algunas zonas, el número de puntos por cobertura varía. Así, en algunos el esfuerzo de muestreo es menor (p. e. plantaciones solo tiene un punto), a diferencia de lo que se puede observar para

las coberturas de bosque ripario y bosque denso bajo, donde la curva tiende a estabilizarse (Figura 3).

Composición taxonómica

Dentro de las cinco familias con mayor número de especies se encontraron Thraupidae (8 sp.: tángaras, gremio trófico: frutas (FR). Trochilidae (6 sp.: colibríes, gremio trófico: néctar (NE). Emberizidae (4 sp.: semilleros, gremio trófico: semillas (SE) (Figura 4). Tyrannidae (4 sp.: atrapamoscas, gremio trófico: insectos pequeños (INPE), insectos grandes (INGR) e Icteridae (2 sp.: turpial, gremio trófico: insectos pequeños (INPE), frutas (FR). Las familias restantes representan otros gremios como los carroñeros y depredadores de pequeños vertebrados.

Diversidad

Las coberturas de bosque ripario y bosque denso bajo mostraron mayor número de especies y mayor diversidad. Las coberturas menos diversas fueron herbazales y plantación que también tuvieron entre uno y dos puntos de observación. Los estimadores de Jackknife y Chao muestran similitud entre la riqueza esperada y la riqueza observada para algunas coberturas (Tabla 2).

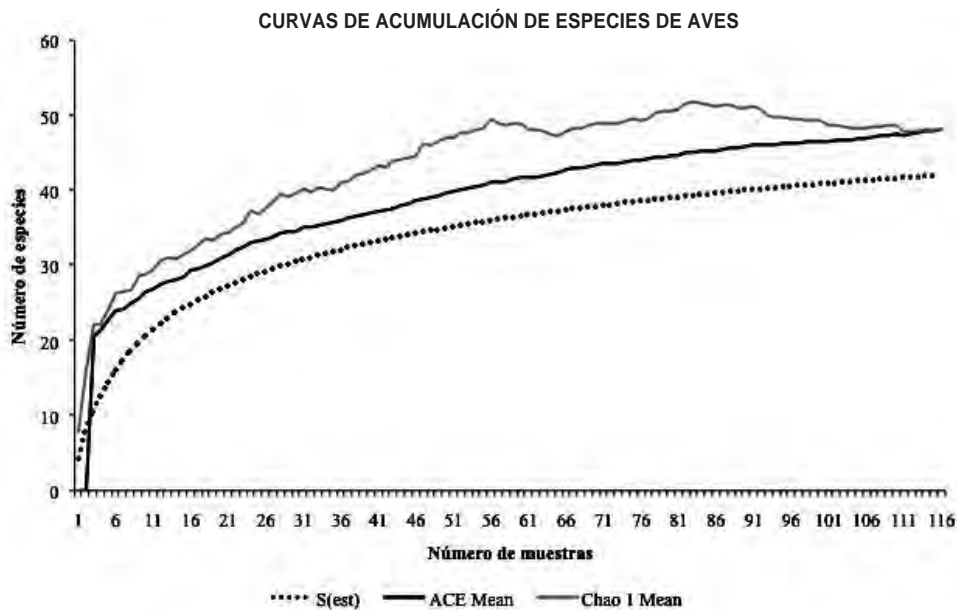


Figura 2. Curva de acumulación de especies de aves en la cuenca del río Fúquene, Cundinamarca (mayo-agosto de 2012).

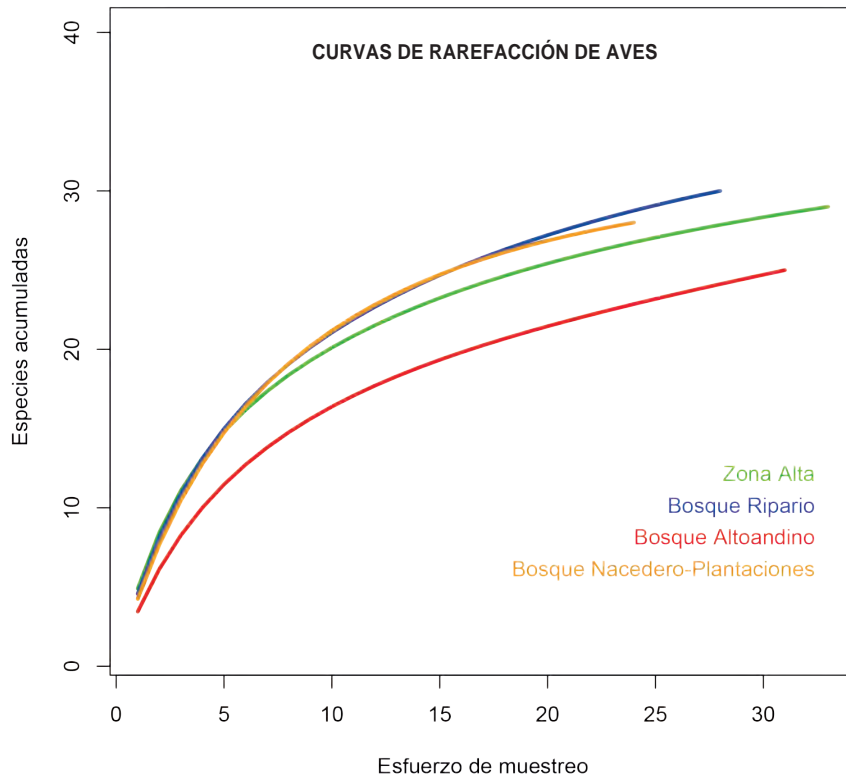


Figura 3. Curva de rarefacción de especies de aves por cobertura en la cuenca del río Fúquene entre mayo y agosto del 2012.



Figura 4. Algunos representantes de la familia Thraupidae: a) Individuo adulto de *Diglossa humeralis* en bosque altoandino B1 a 2800 m s. n. m.; b) individuo adulto de *Anisognathus igniventris*. Foto: Sergio Chaparro.

Tabla 2. Parámetros de diversidad estimados por cobertura, obtenidos a partir de los muestreos realizados durante el 2012 en la cuenca del río Fúquene. n ind: número de individuos detectados. Índices de diversidad: Chao, Jackknife, Shannon-Wiener y Simpson.

Parámetros	Herbazal	Ripario	Denso alto	Denso bajo	Arbustal	Plantación
Riqueza	18	35	9	26	23	11
n individuos	80	303	25	173	131	25
Chao	20,08	60	13	34	29	23,25
Jackknife	22,17	44,72	12,5	33,75	28,64	17,12
Shannon-Wiener	2,58	3,17	1,94	2,82	2,83	2,12
Simpson	0,91	0,94	0,83	0,92	0,92	0,84

Se observó similitud entre puntos con coberturas diferentes, como A2 Bosque ripario y D2 arbustal denso, los cuales tienen mayor número de especies (más 20); para el resto de puntos el número de especies varía entre 9 y 19 (Anexo 2). Los sitios con mayor y menor diversidad (Shannon) se encontraron en bosque ripario A2 y A3, respectivamente. En general la comunidad de aves en todos los puntos tiende a tener más especies dominantes y homogenizarse según el índice de Simpson (Anexo 2).

El índice de Jaccard confirma la falta de similaridad entre puntos con la misma cobertura; se generan cinco grupos, que en ocasiones corresponden a alturas y coberturas similares (p.e. grupo C2 y D1), y en otros casos son sitios de menor altura con sitios de mayor altura (p. e. grupo A1, B3 y B4) (Figura 5).

La composición de especies entre sitios disminuye con la distancia en este gradiente de elevación. El punto B4 que pertenece a bosque ripario y tiene la menor elevación, presenta un mayor recambio de especies con relación a los puntos ubicados entre 2700 a 3000 m s.n.m (Figura 6).

Discusión

Existen pocos estudios publicados sobre la avifauna de la parte alta de la cordillera Oriental (Stiles y Rosselli 1998, Naranjo y Bravo 2006, Córdoba-Córdoba y Echeverry-Galvis 2006, Echeverry-Galvis y Morales-Rozo 2007), y pocos datos sobre la avifauna del Valle de Ubaté y específicamente de la cuenca del río Fúquene. Las 53 especies registradas en este trabajo corresponden al 2,29 % de las 1.832 especies reportadas para Colombia (Remsen *et al.* 2013) y al 40 % de las 125 especies reportadas para la laguna de Fúquene y alrededores (Fundación Humedales 2013), lo cual se constituye en un aporte al conocimiento de la avifauna de la región.

Como se anotó anteriormente, cuatro de las especies registradas y observadas en coberturas boscosas, presentan distribuciones restringidas: *Scytalopus griseicollis*, *Coeligena bonapartei*, *Synallaxis subpudica* y *Conirostrum rufum*, estas dos últimas endémicas para Colombia (Asociación Bogotana de Ornitología 2000). En este sentido, es importante generar esfuerzos de conectividad y manejo de estos fragmentos de vegetación en la región, para conservar la biodiversidad asociada.

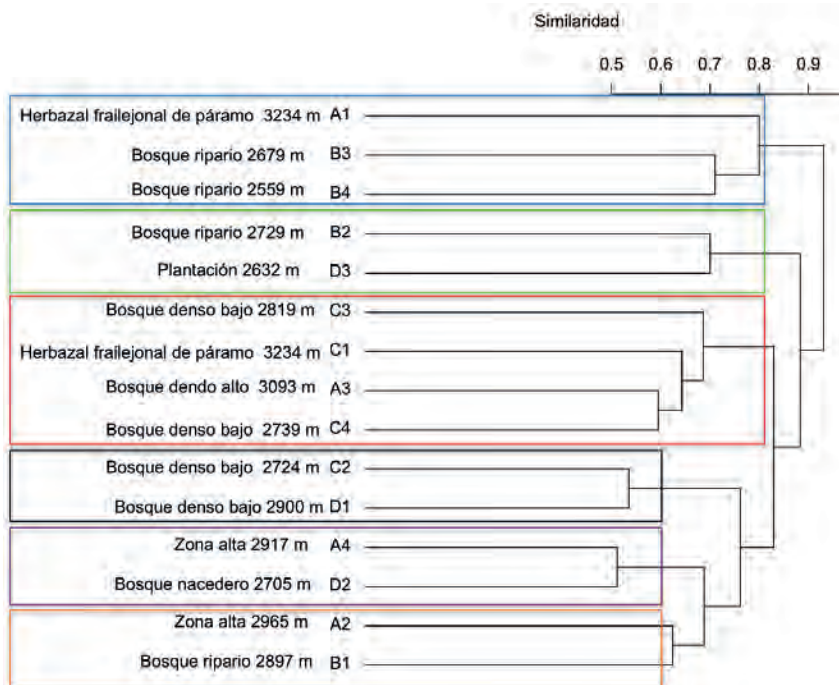


Figura 5. Similitud en la composición de especies de aves presentes en los puntos de observación, en la cuenca del río Fúquene durante el 2012, según el índice de Jaccard.

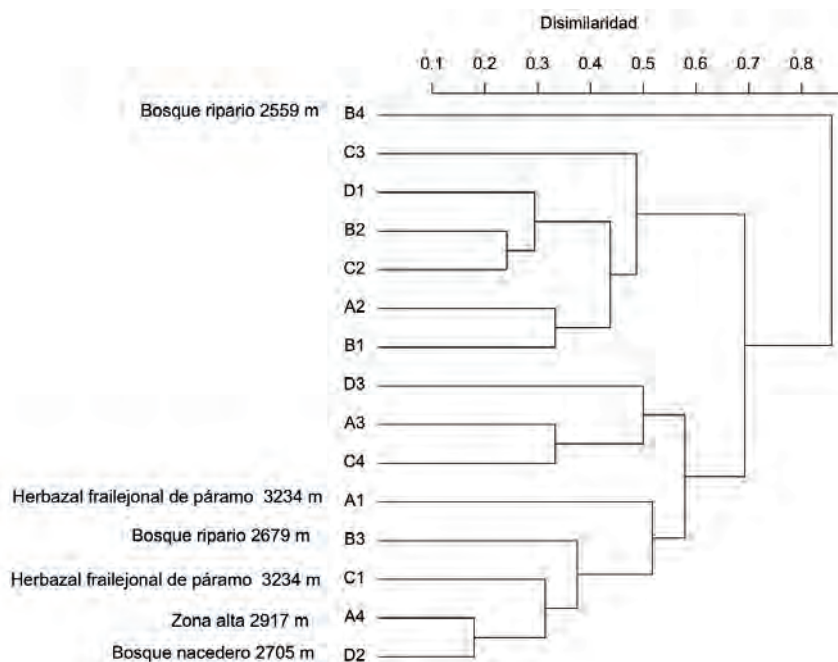


Figura 6. Recambio de especies de aves en los puntos de observación, en la cuenca del río Fúquene durante el 2012, según el índice de Whittaker.

El área de estudio es una zona con una fuerte presión antrópica, lo cual se ve reflejado en las especies de zonas abiertas o intervenidas que están llegando a vegetación de bosque alto o páramo como el giriguelo (*Crotophaga ani*), y en la baja riqueza de especies de anfibios y reptiles reportada en la cuenca del río Fúquene, probablemente a causa de la alteración de los hábitats y la contaminación de los ecosistemas (Méndez-Narváez 2014). Sin embargo, en las coberturas con bosque se registraron especies frugívoras y nectarívoras, gremios que dependen de las fluctuaciones anuales en la producción de frutos y flores, llamados patrones fenológicos y que contribuyen a la dispersión de semillas (Blake y Loiselle 2000).

En cuanto a las especies frugívoras, destacaron algunas tángaras asociadas a bosques altoandinos (Asociación Bogotana de Ornitología 2000): *Ampelion rubrocristatus*, *Dubusia taeniata*, *Pipraeidea melanonota*, *Thraupis cyanocephala* y *Anisognathus igniventris*. Esta última especie se observó en todos los puntos, es decir en el todo el gradiente de elevación entre 2559 y 3234 m s.n.m, y puede estar jugando un rol muy importante en la dispersión de semillas y enriquecimiento del bosque. Generalmente esta especie se reporta en vegetación nativa y también puede estar en parques y jardines bien arborizados entre 2500 y 3500 ms.n.m. (Asociación Bogotana de Ornitología 2000).

Entre las especies vulnerables de extinción por disminución de los fragmentos de bosque, se encuentran especies de las familias Thraupidae y Furnariidae, que en algunos casos tienen especificidad de hábitat (Kattan 1992), como es el caso del picocono (*Conirostrum rufum*) presente solo en bosque altoandino, y el chamicero (*Synallaxis subpudica*), presente en los cuatro tipos de hábitat. Estas dos especies de área restringida o endémicas, podrían ser especies focales para futuros programas de monitoreo en la zona y evaluar la calidad de los hábitats a lo largo de la cuenca. Las especies de tángaras de gran tamaño como *Anisognathus igniventris* y *Dubusia taeniata*, podrían ser más vulnerables a nivel local (Kattan 1992).

Es evidente la importancia de los bosques riparios y galería en la cuenca del río Fúquene, ya que en ellos permanece un porcentaje importante de la avifauna registrada, y presentan oportunidades de conectar fragmentos de bosque. La cuenca del río Fúquene tiene un mosaico de zonas productivas y fragmentos de bosque, lo cual conforma un paisaje rural. En la región Andina, los paisajes rurales se han convertido en la única alternativa de conservación de un gran número de especies y de ecosistemas que han desaparecido debido a la transformación de los mismos (Lozano-Zambrano 2009).

Gracias a la participación de la comunidad local de la cuenca, en esta caracterización de la avifauna de la zona, se generó apropiación social del territorio lo cual será fundamental en la gestión ambiental. Esta debe estar dirigida a revertir los efectos de la degradación ambiental y recuperar aquellos elementos (ecosistemas, procesos ecológicos y especies) que pueden llegar a ser decisivos en el futuro de la cuenca y de las comunidades humanas asociadas a ella (Fundación humedales 2013).

Agradecimientos

Al Convenio 5211412 entre la Fundación Humedales y Ecopetrol “Del Páramo a la Laguna. Conocimiento y gestión participativa de la biodiversidad asociada con humedales y el sistema hídrico de la cuenca del río y la laguna de Fúquene”. A la Fundación Humedales y su equipo profesional del proyecto: Jairo Valderrama y Yesenia Quevedo. Al personal local involucrado en las capacitaciones y en los muestreos: Mariana Rojas, José Espejo, Mario Hernández, Luis Alberto Barrera, Edgar Páez y Windy Cañon. A Eugenio Valderrama y a los evaluadores anónimos que hicieron importantes comentarios que mejoraron nuestro manuscrito.

Bibliografía

- Asociación Bogotana de Ornitología. 2000. Aves de la Sabana de Bogotá, una guía de campo. ABO, CAR. Bogotá. 278 pp.
- Blake, J. G. y B. A. Loiselle. 2000. Diversity of birds along an elevational gradient in the Cordillera Central, Costa Rica. *The Auk* 117: 663-686.

- Chao, A. 1984. Nonparametric estimation of the number of classes in a population. *Scandinavian Journal of Statistics* 11: 265-270.
- Córdoba-Córdoba, S. y M. A. Echeverry-Galvis. 2006. Diversidad de aves de los bosques mixtos y de roble del Santuario de Flora y Fauna de Iguaque, Boyacá. I Simposio Internacional de Roble y Ecosistemas Asociados, Memorias.
- Colwell, R. K. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.5. Persistent URL <purl.oclc.org/estimates>.
- Cuervo, A. M. y C. Restrepo. 2007. Assemblage and population-level consequences of forest fragmentation on bilateral asymmetry in tropical montane birds. *Biological Journal of the Linnean Society* 92: 119-133.
- Echeverry, M. A. y S. Córdoba-Córdoba. 2008. Una visión general de la reproducción y muda de aves en el neotrópico. *Ornitología Neotropical* 19 (Suplemento): 197-205.
- Franco-Vidal, L. y G. I. Andrade (Eds.). 2007. Fúquene, Cucunubá y Palacio. Conservación de la biodiversidad y manejo sostenible en un ecosistema lagunar andino. Fundación Humedales e Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia. 364 pp.
- Franco-Vidal, L., J. Delgado y G. I. Andrade. 2011. Humedales altoandinos frente al cambio climático global. Análisis de vulnerabilidad y estrategia de adaptación para el complejo de humedales Fúquene, Cucunubá y Palacio. Documento interno. Fundación Humedales. 90 pp.
- Fundación Humedales. 2013. Del páramo a la laguna. Conocimiento y gestión participativa de la biodiversidad asociada a humedales y el sistema hídrico de la cuenca del río y la Laguna de Fúquene. Convenio de Colaboración DHS No. 521141 Informe Final. 187 pp.
- Kattan, G. H. 1992. Rarity and vulnerability: the birds of the Cordillera Central of Colombia. *Conservation Biology* 6: 64-70.
- Krebs, C. J. 1989. *Ecological methodology*. Harper Collins Publishers, New York. 653 pp.
- Gutiérrez-Zamora, A. 2008. Las interacciones ecológicas y estructura de una comunidad altoandina de colibríes y flores en la cordillera Oriental de Colombia. *Revista Ornitología Colombiana* 7: 17-42.
- Lozano-Zambrano, F. H. (Ed). 2009. Herramientas de manejo para la conservación de biodiversidad en paisajes rurales. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). Bogotá, D. C., Colombia. 238 pp.
- Méndez-Narváez, J. 2014. Diversidad de anfibios y reptiles en hábitats altoandinos y paramunos en la cuenca del río Fúquene, Cundinamarca, Colombia. *Biota Colombiana* 15 (1): 94-103.
- Morales-Rozo, A., G. I. Andrade y M. L. Rosas. 2007. Aves acuáticas en las lagunas de Fúquene, Cucunubá y Palacio, Cundinamarca. Inventario, estado actual e importancia de conservación. Pp: 155-184. En: Franco-Vidal, L. y G. I. Andrade (Eds.). 2007. Fúquene, Cucunubá y Palacio. Conservación de la biodiversidad y manejo sostenible de un ecosistema lagunar andino. Fundación Humedales e Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia.
- Naranjo, L. G. y G. A. Bravo. 2006. Estado del conocimiento sobre aves acuáticas en Colombia. Pp: 214-224. En: Chaves, M. E. y M. Santamaría (Eds.). Informe sobre el avance en el conocimiento y la información de la biodiversidad 1998 – 2004. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.
- Nossa, S. V. R. 2013. Asociación entre el robo de néctar y las características florales en una comunidad montana de los Andes colombianos. *Revista Ecosistemas* 22:107-112.
- Peraza, C. A. 2011. Aves, Bosque Oriental de Bogotá Protective Forest Reserve, Bogotá, DC, Colombia. *Check List* 7: 57-63.
- Ralph, C. J., G. Geupel, P. Peter, M. Thomas, y D. F. DeSante. 1993. Handbook of field methods for monitoring landbirds. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-144-www. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture. 41 pp.
- Remsen, J. V. Jr., C. D. Cadena, A. Jaramillo, M. Nores, J. F. Pacheco, J. Pérez-Emán, M. B. Robbins, F. G. Stiles, D. F. Stotz y K. J. Zimmer. Version [28 de Diciembre del 2013]. A classification of the bird species of South America. American Ornithologists' Union. <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html>
- Simpson, E. H. 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163 (4148): 688.
- Stiles, F. y L. Rosselli. 1998. Inventory of birds of a high Andean forest method comparison. Inventario de las aves de un bosque altoandinos: comparación de dos métodos. *Caldasia* 20 (1): 29-43.
- Whittaker, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*: 213-251.

Anexo 1. Especies de aves registradas durante los cuatro muestreos realizados durante el 2012 en la cuenca del río Fúquene. Se clasificaron a nivel taxonómico según la lista de aves de Sur América SACC (South American Classification Committee; Remsen *et al.* 2013). F: registro fuera del punto. RR: especie de rango restringido o endémica.

Familia	Especie	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3	N
Odontophoridae	<i>Colinus cristatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	4	0	F
Ardeidae	<i>Bubulcus ibis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	16	0	0	
Accipitridae	<i>Elanus leucurus</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	F
Columbidae	<i>Patagioenas fasciata</i>	0	0	0	0	1	4	0	0	0	3	4	0	9	0	0	
Columbidae	<i>Zenaida auriculata</i>	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	
Cuculidae	<i>Crotophaga ani</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
Trochilidae	<i>Adelomyia melanogenys</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
Trochilidae	<i>Colibri coruscans</i>	1	5	2	4	7	0	1	0	1	0	1	0	0	1	2	
Trochilidae	<i>Coeligena bonapartei</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	RR
Trochilidae	<i>Chaetocercus mulsant</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	F
Trochilidae	<i>Eriocnemis vestita</i>	0	4	0	1	1	0	0	0	2	2	1	0	2	2	0	
Trochilidae	<i>Lesbia nuna</i>	0	3	0	0	3	4	0	0	0	0	0	0	2	0	0	
Trochilidae	<i>Lesbia victoriae</i>	0	0	3	0	3	4	0	0	0	0	0	0	2	0	0	F
Trochilidae	<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	F
Trochilidae	<i>Metallura tyrianthina</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Picidae	<i>Colaptes rivoli</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	F
Picidae	<i>Picoides fumigatus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	F
Rhinocryptidae	<i>Scytalopus griseicollis</i>	1	6	3	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	F
Furnaridae	<i>Synallaxis subpudica</i>	0	7	3	3	9	1	7	0	2	5	1	1	5	8	1	RR
Tyrannidae	<i>Elaenia frantzii</i>	0	0	0	0	0	1	2	0	2	1	0	1	2	9	0	
Tyrannidae	<i>Mecocerculus leucophrys</i>	3	12	5	5	6	9	3	0	4	4	2	2	6	3	8	
Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>	0	0	0	3	0	0	3	3	0	0	2	0	1	2	0	

Cont. **Anexo 1.** Especies de aves registradas durante los cuatro muestreos realizados durante el 2012 en la cuenca del río Fúquene. Se clasificaron a nivel taxonómico según la lista de aves de Sur América SACC (South American Classification Committee; Remsen *et al.* 2013). F: registro fuera del punto. RR: especie de rango restringido o endémica.

Familia	Especie	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3	N
Tyrannidae	<i>Ochthoeca fumicolor</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
Cotingidae	<i>Ampelion rubrocristatus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Hirundinidae	<i>Orochelidon murina</i>	0	0	0	4	0	10	6	5	4	0	0	3	0	5	1	
Troglodytidae	<i>Henicorhina leucophrys</i>	0	11	0	1	2	0	4	0	0	0	0	0	4	2	0	
Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	3	8	1	6	2	5	3	0	7	1	0	0	1	5	3	
Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	2	7	7	5	6	3	4	6	8	1	7	6	1	1	3	
Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	
Thraupidae	<i>Anisognathus igniventris</i>	0	14	4	9	2	2	0	0	5	8	6	5	8	10	0	
Thraupidae	<i>Conirostrum rufum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	4	0	0	RR
Thraupidae	<i>Diglossa humeralis</i>	4	4	1	8	2	2	0	0	2	2	4	3	2	4	0	
Thraupidae	<i>Diglossa cyanea</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	F
Thraupidae	<i>Dubusia taeniata</i>	0	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
Thraupidae	<i>Hemispingus superciliaris</i>	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Thraupidae	<i>Pipraeidea melanonota</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	
Thraupidae	<i>Thraupis cyanocephala</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
Thraupidae	<i>Sicalis luteola</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	F
Emberizidae	<i>Atlapetes pallidinucha</i>	0	4	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
Emberizidae	<i>Arremon torquatus</i>	0	4	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	1	1	0	
Emberizidae	<i>Catamenia analis</i>	3	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	
Emberizidae	<i>Catamenia inornata</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	F
Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	12	1	0	0	0	2	2	10	2	1	7	0	1	1	0	
Cardenalidae	<i>Pheucticus aureoventris</i>	1	1	1	1	1	6	2	2	0	2	0	4	2	1	1	
Parulidae	<i>Basileuterus nigrocristatus</i>	0	7	0	3	4	0	0	0	0	0	3	2	0	4	0	
Icteridae	<i>Icterus chrysater</i>	0	2	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	1	1	2	

Cont. Anexo 1. Especies de aves registradas durante los cuatro muestreos realizados durante el 2012 en la cuenca del río Fúquene. Se clasificaron a nivel taxonómico según la lista de aves de Sur América SACC (South American Classification Committee; Remsen *et al.* 2013). F: registro fuera del punto. RR: especie de rango restringido o endémica.

Familia	Especie	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3	N
Icteridae	<i>Molothrus bonariensis</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Icteridae	<i>Sturnella magna</i>	0	1	0	5	0	2	2	2	3	1	1	0	0	1	0	
Fringillidae	<i>Astragalinus psaltria</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
Fringillidae	<i>Sporagra spinecens</i>	1	1	0	0	0	0	2	3	4	0	0	0	0	0	0	

Anexo 2. Diversidad de aves por punto de observación, obtenido a partir de los muestreos realizados durante el 2012 en la cuenca del río Fúquene.

Parámetro	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3
n visitas	8,00	8,00	8,00	9,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Riqueza	10,00	24,00	9,00	19,00	18,00	15,00	16,00	10,00	16,00	14,00	15,00	9,00	19,00	20,00	11,00
n individuos	31,00	104,00	25,00	66,00	57,00	53,00	47,00	42,00	49,00	35,00	42,00	27,00	69,00	65,00	25,00
Chao	12,67	49,00	13,00	35,00	28,13	23,17	17,79	11,50	19,00	17,00	35,25	11,25	22,50	45,00	23,25
Jack_1	13,50	32,75	12,50	26,11	25,71	21,00	20,29	12,57	21,14	19,25	22,88	11,63	25,13	28,75	17,13
Shannon	1,93	2,83	1,94	2,72	2,63	2,43	2,64	2,17	2,56	2,38	2,42	2,05	2,53	2,68	2,12
Simpson	0,80	0,93	0,83	0,92	0,91	0,89	0,92	0,87	0,91	0,88	0,89	0,86	0,89	0,91	0,84

Andrea Morales-Rozo
Fundación Humedales, Colombia
andreamoralesrozo1@gmail.com

Yecsika Pachón
Fundación Humedales, Colombia
yecika19@yahoo.es

Avifauna en diferentes hábitats de la cuenca del río Fúquene (Cundinamarca), Colombia

Cítese como: Morales-Rozo, A. e Y. Pachón. 2014. Avifauna en diferentes hábitats de la cuenca del río Fúquene (Cundinamarca), Colombia. *Biota Colombiana* 15 (Supl. 1): 161-173.

Recibido: 13 de enero de 2014
Aprobado: 10 de enero de 2015

Caracterización de la calidad del agua en sitios de preferencia del manatí antillano (*Trichechus manatus*) en la ciénaga de Paredes, Magdalena Medio, Santander, Colombia

Water quality characterization of sites preferred by the West Indian Manatee (*Trichechus manatus*) in the Paredes Wetlands of the middle Magdalena River Basin in Santander state, Colombia

Beatriz H. Mojica-Figueroa, Katherine Arévalo-González, Fabio A. González y James Murillo

Resumen

Este estudio caracterizó la calidad del agua en sitios de preferencia del manatí antillano (*Trichechus manatus*) en la ciénaga de Paredes, reconocida como área de gran importancia ecológica para la especie, dentro de la región del Magdalena Medio santandereano (Colombia). A partir de trabajos previos y entrevistas estructuradas se identificaron ocho localidades de las cuales se seleccionaron cuatro: Los Pozos, La Chorola y la quebrada La Gómez (reportes de mayor avistamiento para refugio y alimentación), y Punta del Roblar, importante para actividades reproductivas. La calidad ambiental de estos sitios fue evaluada utilizando el índice fisicoquímico (ICA) y el índice biológico (BMWP/col). Ambos coinciden que el sitio con la peor calidad de agua corresponde a la quebrada La Gómez con valoración aceptable (ICA) y muy crítica (BMWP/col); los sitios restantes se mantienen muy cercanos a esta evaluación. Los resultados del análisis de medidas repetidas ANOVA no mostraron diferencias significativas entre sitios, por el contrario de lo encontrado entre temporadas, identificándose con la valoración más baja el último mes del año de muestreo (ICA $\bar{X}=0,62 \pm 0,15$). Estos resultados pueden identificar una amenaza para esta población de manatí y es importante complementarlos con estudios en diferentes temporadas climáticas relacionados con las comunidades asociadas a las macrófitas, las cuales ampliarían el conocimiento de las relaciones ecológicas entre un vertebrado herbívoro y los demás niveles tróficos, y así establecer estrategias de manejo que contribuyan a la conservación de la especie a nivel regional.

Palabras clave. *Trichechus manatus manatus*. Conservación. Humedales. Factores fisicoquímicos. Bioindicación. Calidad ambiental.

Abstract

This study characterized water quality at sites of preference of the West Indian manatee (*Trichechus manatus*) in the Ciénaga of Paredes, an area recognized as of great ecological importance for the establishment of the species within the Middle Magdalena of Santander state (Colombia). From previous work and structured interviews eight locations were identified of which four sites were selected: Los Pozos, La Chorola and Quebrada La Gómez for greater sighting reports for shelter and food and the Punta del Roblar site for reproductive activities. The environmental quality of these sites was assessed using the physicochemical index ICA and biological BMWP / col both agree that the site with the worst water quality corresponds to the Quebrada Gomez with acceptable and very critical appraisals, respectively; the other sites were very similar to this assessment. The results of the analysis of repeated measures (ANOVA) showed no significant differences between these, but did find differences between seasons with the lowest value assigned to the last month of the year of sampling (ICA $X = 0.62 \pm 0.15$). Continuous monitoring of the environmental conditions of Manatee habitat is urgent, to allow us to obtain an adequate understanding of the relationship between ecosystem health and animal health, in order to establish management strategies that contribute to the conservation of the species at the regional scale.

Key words. *Trichechus manatus manatus*. Conservation. Wetlands. Physicochemical factors. Bioindication. Environmental quality.

Introducción

El sistema hidrológico del Magdalena Medio santandereano está constituido por los principales afluentes departamentales como son los ríos Carare, Opón, Sogamoso y Lebrija y por las ciénagas de diferentes tipos que se forman a lo largo de la margen derecha del río Magdalena.

La importancia ecológica de las ciénagas radica en que son zonas de amortiguación de los niveles de agua durante los procesos de inundación, reteniendo los sedimentos al maximizar procesos de decantación y depósitos de materiales, purificando el agua proveniente de las cuencas y de los asentamientos humanos adyacentes. Además, estos sistemas son el hábitat de una rica biodiversidad de flora y fauna migratoria y local, de valor económico (Aguilera-Díaz 2011), y representan áreas clave para un número representativo de especies amenazadas y en vías de extinción (MMA 2002, Montoya-Moreno y Aguirre-Ramírez 2008).

El manatí de las Antillas (*Trichechus manatus*) es uno de los mamíferos acuáticos más amenazados, catalogado En Peligro (EN) por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (Self/Sullivan y Mignucci-Giannoni 2014), y a nivel nacional por la Resolución 192 de 2014 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Es un mamífero herbívoro de gran importancia dentro de los ecosistemas acuáticos. Debido a su gran tamaño debe consumir grandes cantidades de alimento el cual es devuelto al medio como nutrientes, influyendo positivamente en la fertilización y productividad del ecosistema, por lo cual la especie puede servir como indicador biológico del equilibrio del ecosistema (Domning 1992).

Actualmente se emplea el concepto de “especies centinelas” para aquellos organismos que se utilizan para obtener alertas tempranas de las actuales o potenciales tendencias e impactos negativos sobre los animales a nivel individual y de la salud de la población (Bossart 2006). Los mamíferos acuáticos son probablemente uno de los mejores organismos centinela en ambientes acuáticos y costeros porque muchas especies tienen larga esperanza de vida, se

alimentan a un alto nivel trófico y tienen extensas reservas de grasa que pueden servir como depósito para toxinas antropogénicas (Reddy *et al.* 2001, Wells *et al.* 2004). Además, los mamíferos marinos forman parte de una megafauna visible y carismática que provoca fuertes emociones humanas y por lo tanto son más las probabilidades de ser observados y considerados (Bossart 1999).

Los manatíes podrían ser estimados centinelas ideales ya que son especies de larga vida, poseen una notable resistencia a la enfermedad natural y a los efectos de una lesión relacionada con los humanos. Estas características podría ser el resultado de un sistema inmune eficiente y sensible en comparación con otros mamíferos marinos (Bonde 2004).

Estudios más completos sobre el estado de conservación de mamíferos acuáticos como el manatí, corresponden a las poblaciones de La Florida, mientras que no existen datos suficientes sobre tamaño, las tasas de natalidad, las causas de mortalidad, distribución poblacional y requerimientos de hábitat para la especie en el resto del mundo (Reynolds y Odell 1991, Wetzel *et al.* 2012). Para Colombia, Trujillo *et al.* (2013) han generado información de distribución, uso de hábitat y abundancia en poblaciones del Caribe, Amazonas y Orinoco, siendo la primera región que presenta estudios de más de veinte años. Hasta hace poco, la mayoría de los estudios de especies de mamíferos marinos apenas incluían condiciones del medio ambiente acuático y la salud animal (Moore 2008).

Los humedales del Magdalena Medio santandereano y específicamente la ciénaga de Paredes, han sido reconocidos como áreas de gran importancia ecológica para el establecimiento de poblaciones de manatí (Montenegro 1995, Castelblanco-Martínez *et al.* 2005, Arévalo-González 2010). Estos ecosistemas han experimentado un enorme deterioro asociado a descargas de aguas servidas, depósitos de basuras, interrupción del flujo del agua, drenaje de pantanos, eutroficación provocada por fertilizantes agrícolas, fragmentación, deterioro y reducción de las masas de bosque aledañas (Aguilera *et al.* 2011).

La finalidad de este estudio fue caracterizar la calidad del agua de la ciénaga de Paredes para conocer las cualidades del medio usado por el manatí, mediante el estudio de cambios espacio- temporales de la comunidad de macroinvertebrados como grupo bioindicador. Estos constituyen resultados importantes para hacer recomendaciones de acciones en programas de manejo y conservación de la especie y de ordenamiento de la cuenca de la región del Magdalena Medio.

Material y métodos

Área de estudio

La ciénaga de Paredes pertenece al valle medio de la cuenca del río Magdalena (García y Dister 1990), y está localizada entre los municipios de Puerto Wilches y Sabana de Torres al noreste del departamento de Santander, aproximadamente a 7°26' de latitud norte y 73°45' de longitud oeste, a una altura de 75 m s.n.m. (Figuras 1 y 2). La ciénaga presenta una profundidad promedio de 4 m en época de aguas altas y aproximadamente 0,9 m en los meses de diciembre a marzo (Castelblanco-Martínez *et al.* 2005). Tiene un área aproximada de 1.431 hectáreas y es considerada como un cuerpo cenagoso de segundo orden (Arias 1985). Su principal canal de abastecimiento es la

quebrada La Gómez, la cual muestra un caudal de 34,7 m³.s⁻¹, y se encuentra conectada al río Lebrija por el caño Peruétno (Riviera 2012).

Áreas potenciales de ocupación del manatí

Con el fin de establecer las áreas de presencia y uso de hábitat del manatí dentro de la ciénaga de Paredes se definieron las localidades mediante la validación de la información recopilada y la suministrada por la comunidad en el marco de su conocimiento

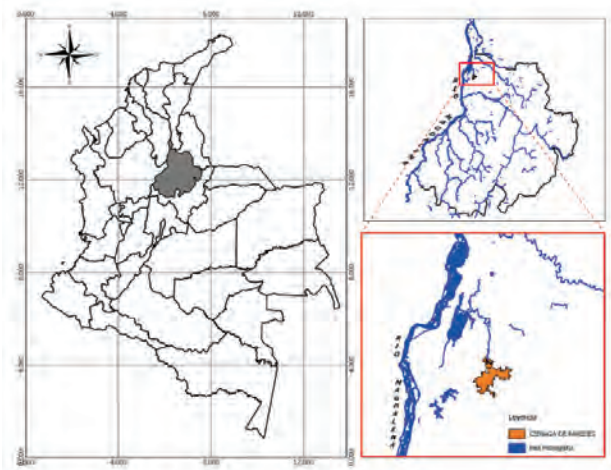


Figura 1. Ubicación de la ciénaga de Paredes (departamento de Santander, Colombia).



Figura 2. Panorámica de la ciénaga de Paredes (departamento de Santander, Colombia).

tradicional, para lo cual se realizaron entrevistas semiestructuradas con el grupo comunitario “Guardianes del Manatí”, integrado por pescadores y otros habitantes de las comunidades ribereñas de El Cerrito y Campo Duro, cuya misión es la de trabajar en pro de la conservación de la especie. Para cada sitio reportado se definieron los siguientes atributos:

Localidad: nombre local. **Época:** periodos hidrológicos. Aguas altas, correspondiente a la época de mayor precipitación; aguas bajas o época de menor precipitación, aguas en ascenso y aguas en descenso. **Actividad:** comportamientos registrados del manatí: alimentación, refugio para descanso, reproducción. **Frecuencia:** se estableció un intervalo numérico de 1 a 5 asociado a la posibilidad de presencia de manatíes en cada localidad, de acuerdo con los conocimientos históricos del habitante local y dependiendo de la cantidad y frecuencia de eventos observados. Una vez definidas las localidades se realizó una visita de campo durante los días 25 y 26 de octubre de 2012 para identificar los puntos reconocidos y registrar las coordenadas.

Caracterización de la calidad de agua

Parámetros fisicoquímicos

Estos datos provienen de cuatro muestreos realizados durante el año 2011, febrero (aguas bajas), mayo (aguas altas), septiembre (aguas en ascenso) y diciembre (aguas en descenso), en tres puntos de muestreo seleccionados para este estudio de acuerdo a su coincidencia, por estar dentro de las localidades de preferencia del manatí. Estas son P1, boca del caño Peruétano, en la localidad de Mata de Lata; P2 centro de la ciénaga donde se ubican las localidades Los Pozos, La Chorola y Punta del Roblar; y P3 en la desembocadura de la quebrada La Gómez, correspondiente a las localidades Rincón del Muerto, Los Lavaderos y Poza Santa Helena. Las muestras fueron tomadas según protocolos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (Ideam) y analizadas en el laboratorio de calidad de agua.

Se usó el índice de calidad de agua (ICA) como indicador para estimar las cargas contaminantes que ejercen presión sobre los sistemas hídricos

superficiales del país, según recomendaciones del Estudio Nacional de Agua (ENA) 2010. El indicador puntual ICA/6, el cual tiene una puntuación con valor numérico de 0 a 1, corresponde en su orden 0-0,25 muy malo; 0,26-0,50 malo; 0,51-0,70 regular; 0,71-0,90 aceptable y 0,91-1 bueno. El cálculo de este índice involucra las variables: pH, temperatura, turbiedad, oxígeno disuelto, DBO₅, fosfatos, nitratos, sólidos totales y coliformes totales. Para determinar si existen diferencias significativas en la calidad del agua entre sitios y temporadas se aplicó un análisis de medidas repetidas ANOVA usando el paquete Statistical para Windows 7.

Parámetros biológicos

Para determinar la calidad del agua en la ciénaga de Paredes se analizaron cuatro localidades seleccionadas con base en la preferencia permanente de la especie (Los Pozos y La Chorola), por reportes de actividades reproductivas (Punta El Roblar) y gran oferta alimentaria (quebrada La Gómez).

Se utilizó el Biological Monitoring Working Party (BMWP) adaptado para Colombia (Roldán 2003), índice de puntuación de presencia-ausencia a nivel de familia de macroinvertebrados. El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica. Las familias más sensibles tienen un puntaje de 10 y las más tolerantes de 1. La suma de los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total BMWP, que determina la calidad de agua, dentro de cinco clases: buena >101, correspondiente a aguas muy limpias; aceptable 61-100, aguas ligeramente contaminadas; dudosa 36-60, moderadamente contaminadas; crítica 16-35, muy contaminadas; y muy crítica < 15 fuertemente contaminadas. Además se determinó el proceso bioindicador de cada especie sugerida por Pinilla (2000), generándose un puntaje que corresponde al porcentaje de abundancia de las condiciones de bioindicación que la metodología sugiere para cada uno de los puntos de muestreo.

En cada sitio se realizó la colecta de muestras integradas por tres sub-muestras utilizando una draga tipo Petersen. Los macroinvertebrados bentónicos capturados se conservaron en recipientes con etanol al 70 %. Una vez llevados al laboratorio fueron

clasificados hasta el nivel de familia mediante claves taxonómicas especializadas (Roldán 1988, 1996, 1997, 2003).

Se determinó abundancia de cada especie, por división o clase dependiendo de cada comunidad analizada. Se calcularon los índices de diversidad de Margalef (d), Shannon-Weiner (H') y Simpson (λ'), de uniformidad de Pielou (J'), y se hizo un análisis de agrupamiento por el método de grupo promedio. Para el desarrollo de los análisis estadísticos se usó el paquete estadístico Primer V5® (2001).

Resultados

Áreas potenciales de ocupación del manatí

Partiendo de información previa sobre hábitat, historia natural y conservación de manatí en la ciénaga de Paredes ((Montenegro 1995, Castelblanco-Martínez y Giraldo-Vela 2002, Holguín-Medina y Trujillo 2002, Castelblanco-Martínez 2003, Castelblanco-Martínez *et al.* 2003, Castelblanco-Martínez *et al.* 2005, Arévalo-González *et al.* 2014), junto con las entrevistas a los “Guardianes del Manatí” (n=20), se identificaron ocho localidades de avistamiento de manatíes y/o rastros como comederos y heces en la ciénaga, donde se llevaron a cabo los recorridos (Figura 3). Adicionalmente se obtuvo información de la época hidroclimática donde se han detectado los manatíes y sus comportamientos más recurrentes.

La tabla 1 muestra una breve descripción de las principales características de las ocho localidades

identificadas, cinco dentro del área de la ciénaga de Paredes y tres en la quebrada La Gómez; la figura 4 evidencia de comederos y oferta alimentaria que permitieron confirmar la identificación de estas localidades.

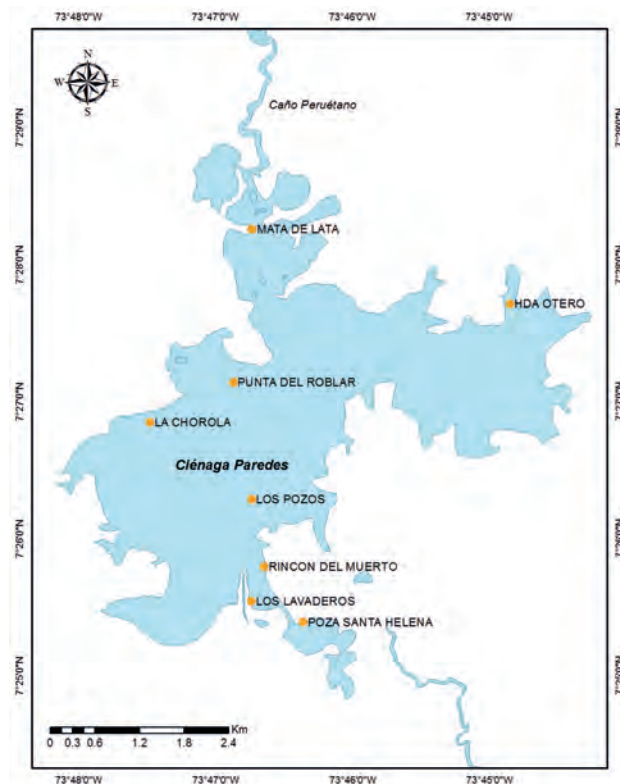


Figura 3. Localidades identificadas de preferencia del manatí dentro de la ciénaga de Paredes y la quebrada La Gómez.

Tabla 1. Características de localidades identificadas como de preferencia del manatí en la ciénaga de Paredes y quebrada La Gómez.

Sector	Localidad	Profundidad en verano	Oferta alimenticia	Época climática	Actividades de riesgo	n avistamientos
Ciénaga de Paredes	Mata de Lata	Baja	Alta	Aguas altas	Alimentación	4
	Hacienda Otero	Media	Media	Aguas altas y bajas	Alimentación	4
	Punta del Roblar	Baja	Baja	Aguas nuevas	Reproducción	3
	La Chorola	Media	Media	Aguas altas y bajas	Alimentación y refugio	4
Quebrada La Gómez	Los Pozos	Alta	Baja	Aguas altas y bajas	Refugio	5
	Rincón del Muerto	Baja	Alta	Aguas altas	Alimentación	2
	Los Lavaderos	Media	Media	Aguas altas y bajas	Alimentación y refugio	1
	Cga. Sta Helena	Baja	Alta	Aguas altas	Alimentación y refugio	3



Figura 4. Comederos (a y b) y lugares de oferta alimentaria (c y d) identificados en las localidades de avistamiento de manatíes en la ciénaga de Paredes.

La zona de mayor frecuencia de avistamientos se observó en la ciénaga de Paredes y en mayor número en la localidad de Los Pozos, donde ocurren actividades de refugio y alimentación durante los diferentes periodos hidrológicos del humedal. Únicamente tres de las ocho localidades presentan presencia permanente del manatí a lo largo del año: Los Pozos, La Chorola y la Poza Santa Helena en la quebrada La Gómez. La localidad Punta del Roblar registra avistamientos únicamente en aguas en ascenso, con actividades de reproducción. En las demás localidades se han reportado avistamiento de animales alimentándose en aguas altas.

Caracterización de la calidad del agua

Parámetros fisicoquímicos

La tabla 2 muestra el valor de los parámetros físicoquímicos por sitio y temporada de muestreo utilizados para la obtención del índice de calidad ambiental ICA. En la figura 5 puede observarse la

variación espacio-temporal a lo largo del muestreo. Los resultados de la ANOVA muestran que no existen diferencias significativas entre sitios de muestreo ($p \geq 0,01$). Sin embargo sí existen diferencias entre temporadas hidrológicas con un índice de calidad menor durante aguas en descenso en diciembre (ICA $\bar{X} = 0,62 \pm 0,15$) y el mayor durante aguas en ascenso en septiembre (ICA $\bar{X} = 0,84 \pm 0,34$).

Parámetros biológicos

Macroinvertebrados bentónicos

Se obtuvo una abundancia total de macroinvertebrados bentónicos de 20.759 ind./m², repartida en 32 taxones dentro de cuatro grupos taxonómicos: nemátodos, anélidos, artrópodos y moluscos (Tabla 3).

El sitio de muestreo con mayor número de especies (S) correspondió a la quebrada La Gómez, mientras que la menor riqueza de especies se estuvo en P4 con nueve especies (Tabla 4).

Tabla 2. Parámetros e índice fisicoquímico de calidad de agua ICA de la ciénaga de Paredes. P1 BCP (boca del caño Peruétno), P2 (centro de la ciénaga), P3 (desembocadura quebrada La Gómez).

Punto de muestreo	Temporada	pH	Temperatura (° C)	Turbiedad (UNT)	Oxígeno disuelto (mg/l)	BDO5 (mg/L)	Fosfato (mg PO ₄ /L)
P1 BCP	23/02/2011 Aguas bajas	6,39	29,7	40	4,9	2,0	0,03
P2 CC		6,77	30,7	21	4,8	2,0	0,03
P3 DQG		6,59	27,2	10	4,5	2,0	0,03
P1 BCP	04/05/2011 Aguas altas	6,9	30,2	4,4	4,3	2,0	0,03
P2 CC		6,95	29,0	3,9	4,7	2,0	0,03
P3 DQG		6,14	32,7	4,4	4,3	2,0	0,03
P1 BCP	13/09/2011 Aguas en ascenso	7,12	33,8	19	4,9	3,0	0,03
P2 CC		7,09	34,9	12	8,0	5,0	0,03
P3 DQG		6,37	31,0	14	6,2	4,0	0,03
P1 BCP	20/12/2011 Aguas en descenso	6,11	30,7	5,3	4,0	2,0	0,03
P2 CC		6,11	31,4	5,2	4,0	2,0	0,03
P3 DQG		6,18	31,6	5,3	4,0	2,0	0,03

Punto de muestreo	Temporada	Nitratos (mg NO ₃ /L)	Sólidos Totales (mg/l)	Coliformes totales NMP Bacterias/100 ml Totales	ICA/6	VALORACIÓN ICA/6
P1 BCP	23/02/2011 Aguas bajas	0,11	68	4	0,68	Regular
P2 CC		0,100	66	7	0,75	Aceptable
P3 DQG		0,270		11	0,73	Aceptable
P1 BCP	04/05/2011 Aguas altas	0,062	50	1,0	0,79	Aceptable
P2 CC		0,030	50	1,0	0,73	Aceptable
P3 DQG		0,41	50	1,0	0,71	Aceptable
P1 BCP	13/09/2011 Aguas en ascenso	0,91	50	4,100	0,82	Aceptable
P2 CC		0,100	50	200	0,89	Aceptable
P3 DQG		0,170	53	4,040	0,84	Aceptable
P1 BCP	20/12/2011 Aguas en descenso	0,050	50	185	0,64	Regular
P2 CC		0,058	50	99,1	0,61	Regular
P3 DQG		0,073	50	10,1	0,61	Regular

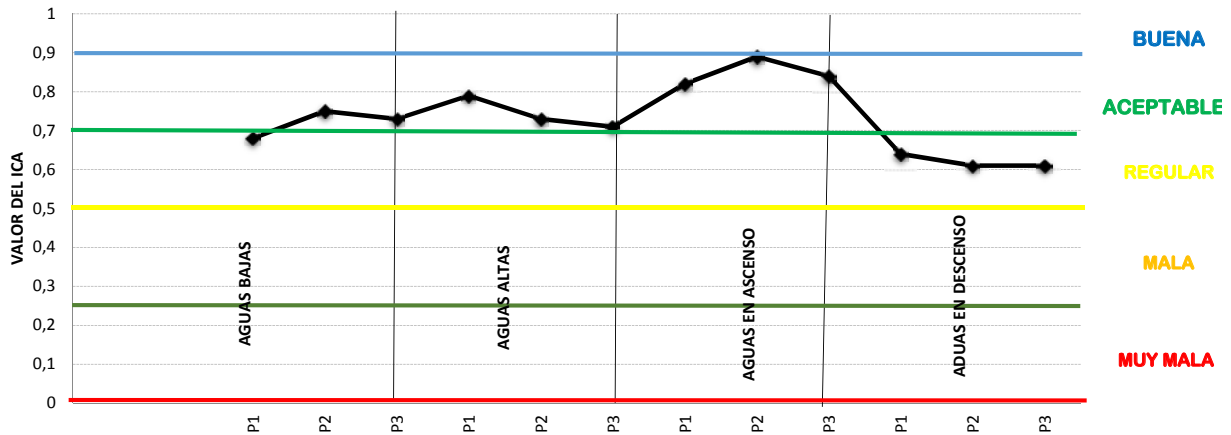


Figura 5. Comportamiento del Índice de calidad del agua ICA/6 en la ciénaga de Paredes en cuatro temporadas climáticas del año 2011. P1 (quebrada La Gómez), P2 (centro de la Ciénaga), P3 (boca del caño Peruétano).

Tabla 3. Abundancia (ind./cm²) y abundancia relativa (%) del bentos en la ciénaga de Paredes (departamento de Santander, Colombia). N. D. = No determinado.

Reino	Phylum	Clase	Orden	Familia	Número de especies	Quebrada	Los Pozos	Punta de	La Chorola	Abundancia total por familia	Frecuencia de taxa por familia
						La Gómez P1	P2	Roblar P3	P4		
Nematoda	Adenophorea	Dorylaimida	Dorylaimida	Dorylaimidae	4	7,655	17	292	17	7,981	8
	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	4	121		86	17	224	6
Annelida	Clitellata/Hirundinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	Glossiphoniidae	1		17		17	34	2
	Clitellata/Oligochaeta	Haplotaxida	Naididae	Naididae	3	292	1,273	1,600	447	3,612	12
Animalia	Insecta	Diptera	Tubificidae	Tubificidae	3	1,032	396	51	86	1,565	7
			Ceratopogonidae	Ceratopogonidae	1		34			34	1
Arthropoda	Maxillopoda	Cyclopoida	Chaoboridae	Chaoboridae	1	86	1,978	2,116		4,180	3
			Chironomidae	Chironomidae	4	2,047	172	69	17	2,305	8
Arthropoda	Maxillopoda	Cyclopoida	Ephemeroptera	Polymitarcyidae	1		34	17	17	68	3
			Hemiptera	Corixidae	1			17		17	1
Arthropoda	Maxillopoda	Cyclopoida	Calanoida	N. D.	5	206	172	155		533	9
			Poecilostomatoida	Ergasilidae	1	103		34		103	1
Ostracoda	N. D.	N. D.	N. D.	1	17				17	1	
Abundancia total (ind./m²)						11,611	4,093	4,437	618	20,759	
Total de especies (riqueza)						22	14	20	9		32
Puntaje BMWP/co						6	19	38	18		
Valoración BMWP/co						MUY CRÍTICO	CRÍTICO	DUDOSO	CRÍTICO		

Tabla 4. Índices ecológicos de la comunidad bentónica de la ciénaga Paredes. S: número de especies. N: ind./m²; Índices de diversidad d: Margalef, J': Uniformidad de Pielou; H': Shannon-Weiner, λ': predominio de Simpson.

Índice	Quebrada La Gómez	Los Pozos	Punta El Roblar	La Chorola
	P1	P2	P3	P4
S	23	13	19	9
N	11.645	4.059	4.403	618
d	2,35	1,444	2,145	1,245
J'	0,623	0,679	0,582	0,747
H'(lig2)	1,954	1,741	1,714	1,642
λ'	0,206	0,28	0,292	0,277

Tabla 5. Condiciones de bioindicación para cada uno de los puntos de muestreo. Se resaltan (sombra) las condiciones más influyente en los sitios muestreados.

Bioindicación por porcentaje de bioindicación	Puntos de muestreo			
	P1	P2	P3	P4
Suma de período de sequía	9	6	3	4
Suma de aguas limpias a medio contaminadas	11	6	6	4
Suma de aguas medianamente contaminadas	9	6	3	4
Suma de aguas contaminadas	9	6	3	4
Suma de hipoxia	11	17	17	21
Suma de contaminación con materia orgánica	24	20	29	30
Suma de aporte de sedimentos alóctonos	11	15	18	17
Suma de sedimentos planctónicos	9	6	3	
Suma de mesotrófia	7	6	12	
Suma de aguas polisapróbicas		3	6	4
Suma de aguas mesosapróbicas		3		4
Suma de aguas de poca turbulencia		3		4
Suma de aguas tranquilas		3		4
Suma de aguas limpias				
Suma de aguas ricas en Ca CO ₃				
TOTAL	100	100	100	100

Según los valores del índice BMWP/Co se determinaron las clases a las que pertenecen los puntos de muestreo, siendo P1 de muy crítica calidad, P2 y P4 crítica y P3 dudosa calidad. Los procesos bioindicadores con mayor incidencia para las especies de macroinvertebrados bentónicos fueron la contaminación por materia orgánica, precedido de procesos de hipoxia y aportes de sedimentos alóctonos.

Discusión

Diversos autores han referenciado como parámetros fundamentales para la preferencia de hábitat del manatí en sistemas de agua dulce la oferta alimentaria y la profundidad de los cuerpos de agua (Axis-Arroyo *et al.* 1998, Castelblanco-Martínez *et al.* 2003, Castelblanco-Martínez *et al.* 2005, Olivera-Gómez y Mellink 2005, Jiménez-Domínguez y Olivera-Gómez 2014). De la misma forma en este estudio se pudo comprobar que las áreas donde se reporta mayor frecuencia de manatíes en la ciénaga de Paredes corresponden a orillas con gran oferta alimenticia, principalmente de gramalote (*Paspalum repens*) y buchón (*Eichornia crassipes*), mientras que para aguas bajas resaltan localidades con profundidades mayores. Se destaca la localidad de Los Pozos con una alta frecuencia de avistamientos en verano (Montenegro 1995, Castelblanco-Martínez *et al.* 2003, Arévalo-González *et al.* 2014), pues mantiene mayores volúmenes de agua en relación con el resto de área de la ciénaga, favoreciendo la permanencia de algunos individuos durante el estiaje.

En el sitio de muestreo P1, quebrada La Gómez, se reportó mayor número de especies de macroinvertebrados bentónicos. Esto podría soportarse por la presencia de vegetación ribereña en este sector, en comparación con los demás sitios donde esta se encuentra ausente. Autores como Arcos (2005), proponen la pérdida de biodiversidad entre las principales consecuencias provocadas por la deforestación de los bosques riparios tropicales. Otros como Alonso (2006), explica que la ausencia de la vegetación ribereña empobrece la composición de macroinvertebrados bentónicos. También podría inferirse que el sistema en este sitio posee una red trófica más desarrollada, favorecida por sustratos dominados por hojarasca que brindan una

mayor disponibilidad de recursos, por lo que además de presentar una alta riqueza de especies permiten sostener una mayor densidad de organismos (Burdet y Watts 2009).

Se evidencia la presencia de cinco familias muy abundantes: Dorylaimidae (Nematoda), Naididae y Tubificidae (Anelida), Chaoboridae y Chironomidae (Diptera), similar a lo reportado en otros trabajos de ciénagas (Alvarez 2007, 2008). En el bentos (sedimento del fondo de las ciénagas), Martínez (2009) reportó las familias Dorylaimidae, Naididae y Tubificidae como las más abundantes en tres ciénagas del departamento del Cesar (Zapatosa, Mata de Palma y La Pachita).

Dentro de los organismos bentónicos, el grupo más frecuente y abundante correspondió a los nemátodos, los cuales en general indican la presencia de materia orgánica (Martínez 2009). La familia Dorylaimidae en especial, señala condiciones de meso a eutrofia en el cuerpo de agua (Pinilla 2000). Bongers y Ferris, (1999) afirman que los nemátodos se encuentran donde hay materia orgánica, bajo cualquier condición climática y no migran rápidamente cuando se encuentran bajo estrés. Además, numerosas especies sobreviven a la deshidratación y a la disminución de los niveles de oxígeno.

Los índices ICA y BMWP mostraron que el sitio con la peor calidad de agua del sistema corresponde a la quebrada La Gómez, con valoración aceptable y muy crítica respectivamente, los demás sitios se mantienen muy cercanos a esta valoración. Esto se ve reforzado con el análisis de las condiciones de biondicación en cada uno de los sitios evaluados, identificando que la ciénaga de Paredes presenta una contaminación generalizada por materia orgánica, acompañada de procesos de hipoxia y la presencia de sedimentos alóctonos, ocasionada en gran medida por las descargas de aguas procedentes de la quebrada La Gómez la cual tiene gran cantidad de material en suspensión y carga orgánica, además de la exfoliaciones propias de la vegetación de la ribera de la ciénaga y de la quebrada, así como de los restos de agroquímicos que se utilizan para los cultivos de palma circundantes (Figura 6).

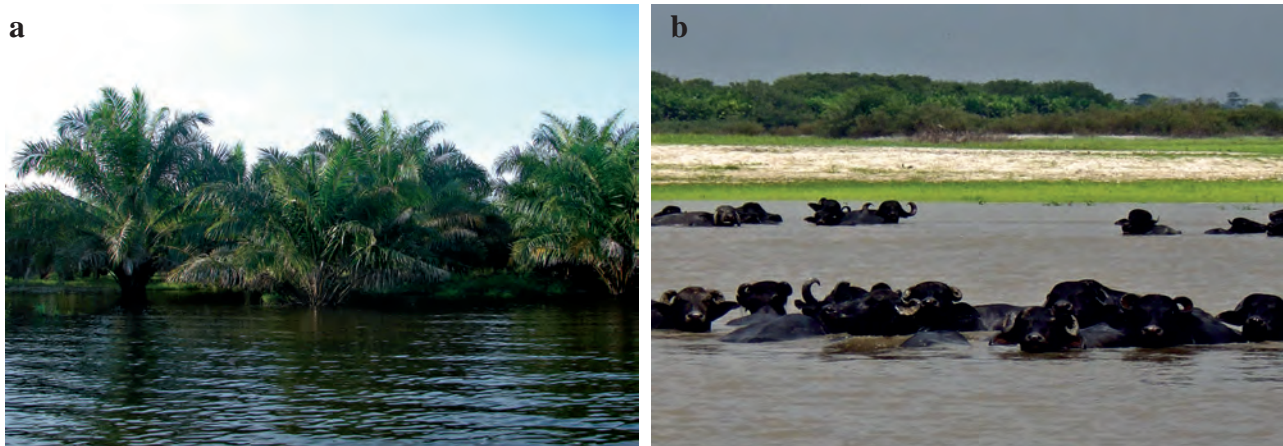


Figura 6. Presencia de cultivo de palma africana invadiendo áreas del espejo agua (a) y presencia de gran cantidad de búfalos (b) en la ciénaga de Paredes.

Las variaciones en la calidad de agua en los diferentes sitios muestreados no fueron significativas, pero sí entre temporadas, registrándose el menor valor durante el último muestreo correspondiente a diciembre de 2011, pudiéndose explicar esto por el aumento de las descargas contaminante a la quebrada La Gómez denunciadas públicamente en los diferentes medios, que junto con los resultados de bioindicación reportados -correspondientes al mes de marzo de 2012-, evidencian su deterioro.

Los mamíferos acuáticos dependen de ecosistemas saludables para su supervivencia y están adaptados completamente a estos ambientes reflejando su variabilidad y su degradación (Moore 2008). Como herbívoro, el manatí tiene que comer grandes cantidades de vegetación diariamente y esta vegetación absorbe o filtra contaminantes a través del suelo o el agua en el que se desarrollan. Estudios como los de Balager *et al.* (2008) han medido y analizado los niveles de contaminantes orgánicos, mostrando que pueden representar una amenaza para la salud de la especie en su función inmune y reproductiva.

Recientemente también se han descrito en poblaciones de manatí la emergencia de enfermedades que incluyen infecciones virales, bacterianas, por hongos y protozoos; diversas enfermedades neoplásicas;

biointoxicaciones por floración de algas, síndrome de estrés, las cuales pueden causar la disminución de poblaciones, alterar las proporciones de los depredadores, presas, competidores y recicladores, necesarios para el buen funcionamiento de los ecosistemas acuáticos (Bossart 2007).

En general la comunidad de macroinvertebrados encontrada en la ciénaga de Paredes es característica de ambientes ricos en materia orgánica. Es importante complementar con estudios de diferentes temporadas climáticas relacionados con las comunidades no solo bentónicas sino las asociadas a macrófitas, las cuales ampliarían el conocimiento de las relaciones ecológicas entre un vertebrado herbívoro y los demás niveles tróficos.

Se presume que los resultados obtenidos pueden mostrar que la mala calidad del agua del hábitat del manatí de la ciénaga de Paredes puede representar una amenaza para esta población, lo que hace necesario desarrollar y financiar estudios a largo plazo que combinen observaciones de campo, desempeño reproductivo, utilización del hábitat, exposiciones a diferentes tipos de contaminantes y evaluación de riesgos en la salud, para poder entender la estructura y dinámica no solo de las comunidades sino a nivel del ecosistema, a nivel complejo cenagoso y cuenca.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parte de los resultados proyecto “Evaluación del estado de conservación del manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*) y su hábitat, como herramienta para la consolidación de estrategias de conservación y manejo sostenible de la ciénaga de Paredes, Magdalena Medio santandereano”. El equipo del proyecto agradece a las comunidades de Campo Duro y el Cerrito muy especialmente al grupo de Guardianes del Manatí; al financiador Ecopetrol S.A. y ejecutores del proyecto Cabildo Verde Sabana de Torres, a las Unidades Tecnológicas de Santander (UTS) y su Grupo de Investigación en Medio Ambiente y Territorio (Grimat), a los profesionales Edgar Daniel Rodríguez, Luis Fernando Cáceres, Juan Miguel Castillo Thomas y los tecnólogos Wendy Johana Freija, Slendy Pimiento, Luis Carlos Heredia y Javier Ronderos por sus aportes y contribuciones.

Bibliografía

- Aguilera, M. M. 2011. La economía de las ciénagas del Caribe colombiano. Banco de la República. Bogotá, Colombia. 197 pp.
- Alonso, A. 2006. Valoración del efecto de la degradación ambiental sobre los macroinvertebrados bentónicos en la cabecera del río Henares. *Ecosistemas, Asociación Española de Ecología Terrestre* 15 (2): 1-5.
- Álvarez, J. P. 2007. Caracterización limnológica de la ciénaga de Zapatosa. Pp. 422-473. *En: J. O. Rangel-Ch. (Ed.). Estudio de inventario de fauna, flora, descripción biofísica y socioeconómica y línea base ambiental ciénaga de Zapatosa. Convenio Instituto de Ciencias Naturales - Universidad Nacional de Colombia, Corpocesar. Informe Final de Actividades. Bogotá D.C.*
- Álvarez, J. P. 2008. Caracterización limnológica de las ciénagas de Mata de Palma y La Pachita. Pp. 209-238. *En: J.O. Rangel-Ch. (ed.). Estudio de inventario de fauna, flora, descripción biofísica y socioeconómica y línea base ambiental de las ciénagas de Mata de Palma y La Pachita. Convenio Instituto de Ciencias Naturales - Universidad Nacional de Colombia, Corpocesar. Informe Final de Actividades. Bogotá D.C.*
- Arcos, I. 2005. Efecto del ancho los ecosistemas riparios en la conservación de la calidad del agua y la biodiversidad en la microcuenca del río Sesesmilés, Copán, Honduras: Tesis de Maestría, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba. 104 pp.
- Arévalo-González, G. K. 2010. Tamaño poblacional y percepción sociocultural del manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*) en la ciénaga de Paredes (Santander, Colombia) en época seca. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Bogotá D. C. 35 pp.
- Arévalo-González, G. K., D. N. Castelblanco-Martínez, P. Sánchez-Palomino, H. F. López-Arévalo y M. Marmontel. 2014. Complementary methods to estimate population size of Antillean Manatees (*Sirenia: Trichechidae*) at Ciénaga de Paredes, Santander, Colombia. *Journal of Threatened Taxa* 6 (6): 5830–5837.
- Arias, P. 1985. Las ciénagas de Colombia. *Revista Divulgación Pesquera Inderena* 22: 39-70.
- Axis-Arroyo, J., B. Morales-Vela, D. Torruco-Gómez y Vega-Cendejas, M. 1998. Variables asociadas con el uso de hábitat del manatí del Caribe (*Trichechus manatus*), en Quintana Roo, México (Mammalia). *Revista de Biología Tropical* 46 (3): 791-803.
- Belanger, M. P. y C. Wittnich. 2008. Contaminant levels in sirenians and recommendations for future research and conservation strategies. *The Journal of Marine Animals and Their Ecology* 1 (1): 31-38.
- Bonde, R. K., A. A. Aguirre y J. Powell. 2004. Manatees as sentinels of marine ecosystem health: are they the 2000-pound canaries? *EcoHealth* 1(3): 255-262.
- Bongers, T., Ferris, H. 1999. Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. *Trends in Ecology and Evolution* 14: 224–228.
- Bossart, G.D. 1999. The Florida manatee: on the verge of extinction? *Journal of the American Veterinary Medical Association* 214: 10-15.
- Bossart, G. D., R. Ewing, M. Lowe, M. Sweat, S. Decker, C. Walsh, S. Ghim y A. B. Jenson. 2002a. Viral papillomatosis in Florida manatees (*Trichechus manatus latirostris*). *Experimental and Molecular Pathology* 72: 37-48.
- Bossart, G.D. 2006. Case study: Marine Mammals as Sentinel Species for Oceans and Human Health. *Oceanography* 19(2):134–137.
- Bossart G.D. 2011. Marine Mammals as Sentinel Species for Oceans and Human Health. *VetPathology* 48 (3): 676-690.
- Burdet, A. y R. J. Watts. 2009. Modifying living space: an experimental study of the influences of vegetation on aquatic invertebrate community structure. *Hydrobiologia* 618:161-173.
- Castelblanco, N., V. Holguín y J. M. Zapata. 2005. Conservación y manejo del manatí en la ciénaga de Paredes (Santander). Pp. 105-113. *En: MAVDT y Fundación Omacha. Programa nacional de manejo y*

- conservación de manatíes en Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y Fundación Omacha. Bogotá, Colombia. 175 pp.
- Castelblanco-Martínez, D. N., B. Aguilar y V. E. Holguín. 2003. Uso de hábitat del manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*) en el Magdalena Medio (Santander, Colombia). Pp. 254-255. *En*: VI Congreso de Ecología do Brasil, Fortaleza, Brasil.
- Castelblanco-Martínez, D. N. y J. P. Giraldo-Vela. 2002. Los manatíes de ciénaga Paredes (Santander, Colombia). Evaluación Preliminar. Informe Interno. Fundación Omacha. Bogotá. 9 pp.
- Castelblanco-Martínez D. N., A. L. Bermúdez-Romero, I.V. Gómez-Camelo, F. C. Weber, F. Trujillo, E. Zerda-Ordóñez. 2009. Seasonality of habitat use, mortality and reproduction of the Vulnerable Antillean manatee *Trichechus manatus manatus* in the Orinoco River, Colombia: implications for conservation. *Oryx*. 43(2): 235-242.
- Castelblanco-Martínez, N. D. 2003. El manatí *Trichechus manatus* en ciénaga de Paredes (Santander-Colombia): Elementos para su conservación. Informe Interno. Fundación Omacha. Bogotá. 30 pp.
- Daniel-Rentería, I. C., A. Serrano y G. Sánchez. 2010. El manatí (*Trichechus manatus manatus* Linnaeus 1758) (Sirenia) una especie sombrilla, para el sistema lagunar de Alvarado, Veracruz. *Cuadernos de Biodiversidad* 33:16-23.
- Domnig, D. P. 1992. Why save the manatee? Pp. 158-173. *En*: J. E. Reynolds y D K. Odell. Manatees and dugongs. Facts on File. New York.
- García, L. y E. Dister. 1990. La planicie de inundación del Medio-Bajo Magdalena: restauración y conservación de hábitats. *Interciencia* 15: 396-410.
- Holguin-Medina, V. y F. Trujillo. 2002. Manatees in Ciénaga de Paredes (Colombia). Fundación Omacha, Sirenian Internacional. Informe final. Bogotá, Colombia. 17 pp.
- Idema. 2010. Estudio Nacional del Agua 2010. Capítulo 6, Calidad del agua superficial en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C. 420 pp.
- Jiménez-Domínguez D. y L. D. Olivera-Gómez. 2014. Características del hábitat del manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*) en sistemas fluvio-lagunares del sur del Golfo de México. *Therya* 5 (6): 601-614.
- Martínez, M. 2009. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua en tres ciénagas del departamento de Cesar, Colombia. Trabajo de grado Maestría. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Bogotá D. C. 125 pp.
- MMA. 2002. Política Nacional para Humedales Interiores en Colombia. Ministerio de Medio Ambiente. Bogotá, Colombia. 67 pp.
- MADS. 2014. Resolución 192 del 10 de febrero de 2014. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, Colombia. 36 pp.
- Montenegro, M. I. 1995. Evaluación ambiental de la ciénaga de Paredes- Sabana de Torres, Santander, como hábitat para fauna silvestre; con especial énfasis en el Manatí (*Trichechus manatus*) Informe Técnico. Inderena y Fundación para la Promoción de la Investigación y la Tecnología. Banco de la República. 81 pp.
- Montoya-Moreno Y. y N. Aguirre-Ramírez. 2008. Asociación de algas perifíticas en raíces de macrófitas en una ciénaga tropical Colombiana. *Hidrobiológica* 18 (3): 189-198.
- Moore, S. E. 2008. Marine mammals as ecosystem sentinels. *Journal of Mammalogy* 89 (3): 534-540.
- Olivera-Gómez, L. D. y E. Mellink. 2005. Distribution of the Antillean manatee (*Trichechus m. manatus*) as a function of habitat characteristics in Bahía de Chetumal, Mexico. *Biological Conservation* 121:127-133.
- Pinilla, G. 1998. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Compilación bibliográfica. Gabriel Pinilla. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 67 pp.
- Ramírez, A. y Viña G. 1998. Limnología colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. 293 pp.
- Reddy, M. L., L. A. Dierauf y F. M. D. Gulland. 2001. Marine mammals as sentinels of ocean health. Pp. 3-13. *En*: Marine Mammal Medicine, Second Edition, L. A. Dierauf y F.M.D. Gulland (Eds.). CRC Press, Boca Raton, FL.
- Reynolds, J. E. y Odell D. K. 1991. Manatees and Dugongs, New York: Facts on Life Inc. 192 pp.
- Rivera, J. 2012. Estudio de la batimetría de la ciénaga de Paredes. *En*: Informe final proyecto. Evaluación del estado de conservación del manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*) y su hábitat, como herramienta para la consolidación de estrategias de conservación y manejo sostenible de la ciénaga de Paredes, Magdalena Medio santandereano. Informe Técnico. Ecopetrol SA-Cabildo Verde Sabana de Torres Unidades Tecnológicas de Santander. Bucaramanga.
- Roldán, G. y J. J. Ramírez 2008. Fundamentos de limnología neotropical. 2da. Ed. Medellín (Colombia). Editorial Universidad de Antioquia, Universidad Católica de Oriente y Academia Colombiana de Ciencias ACCEFYN. 440 pp.
- Roldán, G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de

- Antioquia, Fondo FEN Colombia, Conciencias-Universidad de Antioquia, Santafé de Bogotá, Ed. Presencia Ltda. 217 pp.
- Roldán, G. 1997. Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua. Bioindicadores ambientales de la calidad del agua. Cali, Universidad del Valle.
- Roldán, G. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP/Col. Ciencia y Tecnología. Universidad de Antioquia. Medellín. 182 pp.
- Roldán, G. 1999. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad de agua. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 23 (88): 375 – 386.
- Self-Sullivan, C. y A. Mignucci-Giannoni. 2008. *Trichechus manatus ssp manatus*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. <www.iucnredlist.org>. Consultado en: febrero 12 2015.
- Trujillo, F., A. Gärtner, D. Caicedo y M. C. Diazgranados (Eds.). 2013. Diagnóstico del estado de conocimiento y conservación de los mamíferos acuáticos en Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Fundación Omacha, Conservación Internacional y WWF. Bogotá. 312 pp.
- Wells, R. S., H. L. Rhinehart, L. J. Hansen, J.C. Sweeney, F. I. Townsend, R. Stone, D. Casper, M. D. Scott, A. A. Hohn y T. K. Rowles. 2004. Bottlenose dolphins as marine ecosystem sentinels: Developing a health monitoring system. *Ecohealth* 1: 246-254.
- Wetzel, D. L., E. Pulster y E. Reynolds III. 2012. Organic Contaminants and Sirenians. Pp.196-203. *En*: Hines, E. M., J. E. Reynolds III, L.V. Aragonés, A. Mignucci-Giannoni y M. Marmontel. University Press of Florida. Florida, Estados Unidos. 326 pp.

Beatriz H. Mojica-Figueroa
Grupo de Investigaciones en Medio Ambiente y Territorio
Unidades Tecnológicas de Santander, Colombia
bettymo@hotmail.com

Katherine Arévalo-González
Fundación Macuáticos Colombia
Katarevalo@gmail.com

Fabio A. González
Dirección de Investigaciones
Unidades Tecnológicas de Santander, Colombia
cinv@correo.uts.edu.co

James Murillo
Cabildo Verde de Sabana de Torres, Colombia
cadildoverde@gmail.com

Caracterización de la calidad del agua en sitios de preferencia del manatí antillano (*Trichechus manatus*) en la ciénaga de Paredes, Magdalena Medio, Santander, Colombia

Cítese como: Mojica-Figueroa, B. H., K. Arévalo-González, F. A. González y J. Murillo. 2014. Caracterización de la calidad del agua en sitios de preferencia del manatí antillano (*Trichechus manatus*) en la ciénaga de Paredes, Magdalena Medio, Santander, Colombia. *Biota Colombiana* 15 (Supl. 1): 174-187.

Recibido: 1 de abril de 2014
Aprobado: 24 de marzo de 2015

Registro histórico del género *Sicydium* (Pisces: Gobiidae) en aguas ecuatorianas y su aprovechamiento pesquero

Historical record of the genus *Sicydium* (Pisces: Gobiidae) and its inshore fishery exploitation in the Ecuadorian coast

Pedro Jiménez-Prado

Resumen

El género *Sicydium* en la costa ecuatoriana, llamado localmente “chautiza”, es un tipo de pez con comportamiento migratorio anfídromo, cuyo estadio post-larvario constituye un recurso pesquero de interés local. La presencia de este pez tiene registros en fuentes bibliográficas muy antiguas y en relatos populares que no solo describen su dinámica pesquera sino que narran su presencia en ríos donde hoy en día su existencia es muy baja o tal vez la especie se encuentra extinta. Sin embargo, amplían considerablemente su área de distribución geográfica.

Palabras clave. Anfidromía. Chautiza. Pesquería artesanal. Occidente ecuatoriano. *Sicydium*.

Abstract

The genus *Sicydium*, called “chautiza” on the Ecuadorian coast, is a fish type that has an amphidromy migratory behavior and whose post-larvatory state is used locally as a food and economic resource. There are records of this fish in old bibliographic sources and in some popular folktales. They not only describe the presence of “chautiza” along the Ecuadorian shoreline, but also its presence in rivers. These records have helped increase knowledge of the distribution of the “chautiza”. Nowadays, its existence is very low and, in some places, extinct.

Key words. Amphidromy. Inshore fishery. Chautiza. Western Ecuador. *Sicydium*.

Es conocida la existencia de una vida anfídroma (peces que se mueven durante su ciclo de vida entre el océano y los cuerpos de agua dulce, independiente de procesos reproductivos), en algunas especies de góbidos (Bell 1999, McDowal 2009), y en algunos casos particularmente del género *Sicydium* (Bell 2009). Los adultos de especies anfídromas, como *Sicydium*, viven normalmente en amplias extensiones del río, incluso a más de 400 kilómetros río arriba (McDowal op.cit.). Se supone que se reproduce una vez al año, sus huevos se fijan localmente en sustratos duros hasta cuando eclosionan, momento en el cual las larvas emprenden el viaje hasta el mar, durante 5 a 8 días, con aproximadamente 1800 milimicras

(Bell 2009). Lo interesante en estos casos es que estas larvas permanecen un tiempo en agua marina (se desconoce hasta qué distancia de la costa se alejan); pero luego, con aproximadamente 22 mm y después de 50 a 120 días, regresan a la playa para emprender su viaje de regreso, río arriba, donde alcanzarán la madurez y tamaños de hasta 180 mm o algo más (Bell 2009, Lasso *et al.* 2015).

Sin embargo, esta dinámica es muy poco conocida en la región costera del Pacífico oriental y hasta ahora nunca descrito para especies en aguas ecuatorianas. En el 2011 se reporta por primera vez esta actividad pesquera extractiva en la región costera del Pacífico

colombiano, relacionada con estadios post-larvarios y juveniles de la especie *Sicydium salvini* (Castellanos-Galindo *et al.* 2011; Lasso *et al.* 2011, 2015). Este trabajo, al igual que otros relacionados con este tipo de especies, ha tenido su origen en la descripción de una actividad pesquera en playas, esteros y ríos de algunos países, siempre en determinados periodos del año. Aunque el trabajo realizado en la costa pacífica colombiana constituye el primer registro para esta zona, el mismo se trata de un estudio de *Sicydium salvini*, existiendo otros reportes de esta pesquería costera para la zona de Tumaco (Arocha-Rodríguez 1999, Rivas *et al.* 2012), al sur de Colombia como en las cuencas de los ríos Santiago y en Esmeraldas (Ecuador) (Figura 1), aunque es posible que se trate de especies distintas.

Los pobladores costeros del sur de Colombia y Ecuador llaman a este recurso “chautiza” (en algunos casos “chautisa”, “chaupiza” o “chaupisa”). Esta es la primera publicación que relaciona, para esta zona de Ecuador, la presencia de la “chautiza” con la migración anfídroma de *Sicydium*. Si se toma como base el nombre común “chautiza”, se cuenta con indicios bibliográficos muy interesantes sobre su presencia en Ecuador, pero lamentablemente también sobre su deteriorado estado de conservación.

Existen reportes antiguos desde el siglo XVIII, aproximadamente en 1773, cuando el padre jesuita Bernardo Recio (citado en Londoño 1997), publica la obra “La compendiosa relación de la cristiandad de Quito”, donde relata, refiriéndose a la costa del Pacífico norte, en Esmeraldas (sin referencia específica de zona): *Había también una especie de pequeño y sabroso camarón llamado “chautisa”, que lo preparaban ahumado [...] Las mujeres preservan esta chautisa con bastante sal, se envolvía en hojas y se le colocaba unas piedras grandes para deshidratarlos. Después de uno o dos días eran envueltos en hoja de plátano y luego ahumados con el fuego de madera de cedro verde, lo que daría como resultado un sabroso pastel de camarones* (Recio citado por Londoño 1997: 64).

Es casi seguro que, aunque Recio menciona al camarón, hace referencia al pez, considerando que en

regiones tropicales, específicamente la ecuatoriana, no se producen bancos de camarón aprovechables según las características del relato.

Posteriormente Stevenson William Bennett, un inglés que vivió veinte años (entre 1804 y 1824) en Suramérica y quien en 1825 publica un documento denominado “Una narrativa histórica y descriptiva de veinte años de residencia en Sudamérica” (citado en Londoño 1997), cuando describe su viaje por la provincia de Esmeraldas señala: [...] *Las mujeres se dedican a su pesca, para lo cual hacen uso de una canoa; dos de ellas sostienen un pedazo de franela de tres yardas de largo por las esquinas y lo ponen debajo de la superficie del agua, con una punta un poco levantada para evitar que pase la chautisa, y cuando ya se ha capturado una cantidad considerable de pescado, se saca la franela se vacía su contenido en la canoa, después de lo cual se repite la operación. En el transcurso de dos horas he visto con frecuencia de seis a siete fanegas de pescado obtenidas solo por tres mujeres* (Stevenson citado por Londoño 1997: 164).

La fanega es una unidad de medida tradicional española, anterior a la adopción del sistema métrico decimal, con un equivalente aproximado de 55,5 litros en capacidad o cerca de 94 libras en peso (Romero-García 2004). Lo que significa que, según el relato, tres mujeres colectaban entre 564 y 658 libras en dos horas; es decir, una captura por unidad de esfuerzo (CPUE) equivalente a 42,5 - 49,6 kg/hombre/hora.

Pero por otro lado, y a través de fuentes literarias o artísticas, también se evidencia la presencia de *Sicydium*. Por ejemplo, Joaquín Gallegos Lara, poeta y escritor guayaquileño, que en 1956 publica el cuento denominado “La Tabaquiza”, describe en una de sus líneas: *“Al pie de ella saltaba como un pequeño puñado de chispas blancas y brillantes la chautiza”*. Lo que se complementa con un relato registrado por Gálvez (2012), cuando transcribe una plática mantenida con un notable músico y compositor ecuatoriano: *¡Ya sube la chautiza!, ¡la chautiiiiiza!, ¡ya sube la chautiza! Es el grito que se oía a las seis de la mañana, cuenta el maestro Schuberth Ganchozo y continúa [...] Entonces un*

tropel de adultos, ancianos, jóvenes y niños, salían de sus casas con ollas, canastos, lavacaros, baldes y cualquier utensilio que sirva para coger agua y pescado, y se dirigían corriendo a la orilla donde se recogía, con solo meter en el agua lo que llevaban, ese sabroso pescadito llamado Chautiza [...] Y era todo un banquete de reyes las comidas que se degustaban con este pescadito: tortillas de chautiza, chautiza frita, sopa de chautiza, estofado de chautiza, arroz con chautiza, etc. ¡Ya no sube la chautiza! Hoy ese es el triste grito que musicalicé, pues el río muere”... culmina” (Gálvez 2012: 46-47).

En conversación personal mantenida con el maestro Ganchozo, me supo indicar que este relato está inspirado en su niñez y juventud cuando, en la zona de Ricaute, río Catarama, provincia de los Ríos, en época invernal aproximadamente en el mes de febrero,

cerca de las seis de la mañana el pueblo se levantaba al grito de la presencia de este pez que migraba aguas arriba. Para este análisis, lo realmente importante de los últimos relatos es la ubicación geográfica donde se desarrollan, se sitúan en la cuenca del río Guayas (Figura 1), es decir, en cauces donde esta especie todavía no ha sido encontrada y/o registrada en inventarios ictiológicos.

Hasta hace poco tiempo se pensaba que el género *Sicydium* tenía su límite sur en el Pacífico oriental, en la cuenca de los ríos Santiago y Esmeraldas, es decir al norte del Ecuador, con la presencia de dos especies: *S. rosenbergii* y *S. hildebrandi* (Barriga 2012). Sin embargo, es seguro que su límite está bastante más al sur. Los relatos descritos demuestran su presencia a nivel de la cuenca del Guayas (centro-sur del Ecuador), pero además, muestreos recientes

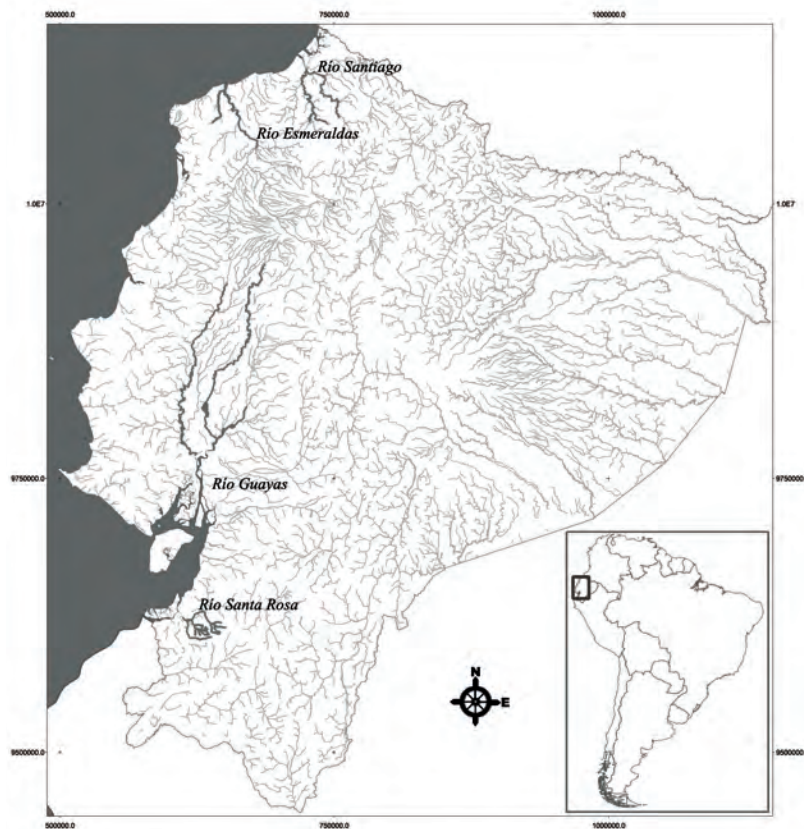


Figura 1. Cuencas donde se ha registrado la presencia de peces del género *Sicydium* y/o de la pesquería artesanal de la chautiza a lo largo de la costa ecuatoriana.

confirman la presencia de este género incluso a nivel del río Santa Rosa, en la provincia de El Oro, en el extremo sur del Ecuador (Figura 1), donde aproximadamente a 190 metros de altitud, en julio de 2013 se colectó un espécimen, que además parece no coincidir con la descripción de las especies conocidas para Ecuador (W. Aguirre, comunicación personal, 02 de mayo del 2014). Uno de los investigadores que realizó esta colecta comenta además que pudo registrar el relato de un poblador local, que decía: “aparecía un cardumen bien grande de pececitos que entraban en el estero y se iban río arriba, eso pasaba una vez al año y eso nos indicaba que el invierno ya se acababa” (R. Navarrete comunicación personal, 05 de mayo del 2014).

La presencia del género *Sicydium* en el norte del Ecuador es muy clara y está documentada, entre otras cosas, porque el consumo de la chautiza es muy común. En 2014, como un suceso muy poco habitual, se registró en dos ocasiones consecutivas este evento migratorio: la primera durante cinco días, desde el sábado 26 al miércoles 30 de abril (luna nueva) y la segunda desde el viernes 23 al lunes 26 de mayo (anterior a luna nueva). Según pescadores locales, los dos sucesos están marcados por presentar cambios con respecto a años anteriores, ya que su presencia regular tiene lugar entre los meses de febrero a mediados de abril, coincidiendo con el periodo de mayor precipitación, pero al mismo tiempo con el fin del periodo invernal, es decir, que este año se registró algo tardíamente y además en dos ocasiones. Esto parece coincidir con algunas anomalías climáticas, un prolongado periodo de lluvias y aumentos en la temperatura de los cuerpos de agua (para junio del 2014, existen indicios de la posible presencia del evento de El Niño para este año). Hay estudios que demuestran que las alteraciones en los patrones climáticos (temperatura, duración del día y primordialmente precipitaciones), juegan un papel importante en el retraso o aceleración de los ciclos reproductivos y en la dispersión de las larvas de góbidos anfidromos como los del género *Sicydium* (Erdman 1961, Shen y Tzeng 2008).

En entrevistas realizadas a quienes han colectado chautiza en la ciudad de Esmeraldas (sector las Palmas y Las Piedras), señalan también que hoy en día su pesca se hace en la playa, con sábanas y con

redes utilizadas originalmente para atrapar larvas de camarón, incluso con una metodología de captura similar. Es una actividad que en la actualidad la realizan principalmente los hombres (como una alternativa de sustento económico). Hay testimonios de que su captura en zonas rurales del norte, a nivel de la cuenca del río Santiago, todavía se hace como una actividad familiar o comunitaria, con fines de alimentación más que de comercialización.

Un análisis comparativo entre peces adultos colectados en las cuencas de los ríos Santiago (CEMZ-P-075, 369) y Esmeraldas (CEMZ-P-405. Figura 2a), de la especie *Sicydium rosenbergii*, con los peces en estado post-larval (Chautiza. Figura 2b), demuestra que sus características son muy similares (Tabla 1), por lo que podría tratarse de la misma especie. Sin embargo, es difícil asegurarlo, ya que los periodos larvales y post-larvales se caracterizan por carecer de condiciones morfológicas (más aún morfométricas) similares a los adultos (Bell 1999). En los ríos Santiago y Esmeraldas se ha identificado la presencia de las dos especies (*S. rosenbergii* en tres ocasiones a nivel de ambos cauces y *S. hildebrandi* en una sola ocasión a nivel del Santiago), aunque se trata de especies poco comunes y características de aguas claras, su presencia es muy notoria en los márgenes de los ríos primarios y secundarios, además de que su captura es relativamente fácil. La situación parece ser similar en cauces del sur del Ecuador (al menos a nivel del río Santa Rosa), razón por la cual si aún está presente en la cuenca del Guayas, esta es mucho más escasa.

A la extracción pesquera de este recurso, se suma la contaminación creciente de los ríos por la presencia de minería poco regulada y agricultura, donde predominan grandes extensiones de monocultivo intensivo, principalmente de palma africana al menos en el norte ecuatoriano, caracterizado por el uso intensivo de agroquímicos. La ausencia de este género en la cuenca del Guayas es un indicio grave del efecto que la extracción y contaminación ha tenido, ya que su presencia no tiene reconocimiento más que en literatura y tradición oral.

Se trata de especies que en su estado adulto están dispersas a lo largo de grandes tramos del río; una vez tienen lugar la postura de los huevos y posterior

eclosión, las larvas emprenden una migración hacia el mar, donde comienza una mortalidad natural masiva por depredación y donde pasan a formar parte del plancton, nutriéndose del mismo (Iguchi

2007). Finalmente, al regresar a la costa son objeto de una extracción intensiva por parte del ser humano. El adulto, sin embargo, por su pequeño tamaño, no es objeto de pesquería con fines alimenticios o comerciales, lo cual sería una ventaja para su conservación. Este tipo de pesquería ha sido ignorada hasta ahora por parte de la autoridad pesquera (posiblemente por su específica temporalidad), pero ha constituido una fuente importante de proteína en comunidades costeras donde aparece, por lo que su estudio debería considerarse una prioridad en términos tanto del recurso natural (biodiversidad) como del recurso extractivo (pesquería).

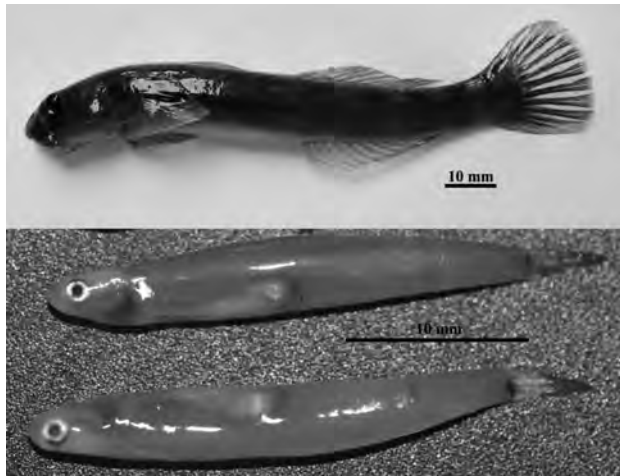


Figura 2. a). Adulto de *Sicydium rosebergii* (88,8 mm LE) colectado en el río Teaone, afluente de la cuenca baja del río Esmeraldas 84 m s. n. m. (X646922-Y10081107; CEMZ-P-405). b). Post-larvas de *Sicydium* (chautiza) (25,2-25,6 mm) colectadas por la pesquería artesanal de la población de Esmeraldas, norte de Ecuador, durante los meses de abril a mayo del 2014; 0 m s. n. m. (X649107-Y10109620; CEMZ-P-406).

Agradecimientos

El autor extiende un agradecimiento a Mérida Ortiz, Karen Celorio y Michel Guijarro por su apoyo permanente al trabajo realizado por el Laboratorio de Hidrología y Biodiversidad de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas. A los amigos pescadores y comerciantes del Mercado Central de Esmeraldas; a Eduardo Rebolledo y Silvia Cabrera por la revisión del texto tanto en español como en inglés; y finalmente a Carlos Torres por su apoyo en la elaboración de la figura 1.

Tabla 1. Datos morfométricos y merísticos de post-larvas de *Sicydium* colectadas durante el invierno de 2014 en la costa norte del Ecuador y adultos de *Sicydium rosebergii* colectados en las cuencas bajas de los ríos Santiago y Esmeraldas. Longitud total y estándar expresadas en mm; la longitud de la cabeza y de la región pre-anal están presentadas como porcentaje de la longitud estándar; la longitud del ojo y de la aleta pectoral se expresan como porcentaje de la longitud de la cabeza. * Del 26 al 30 de abril del 2014. ** Del 23 al 26 de mayo del 2014.

	1° Aparición*				2° Aparición**				Colectados río arriba			
	Post-larva (N=10)				Post-larva (N=10)				Adultos (N=3)			
	Max.	Min.	Med.	DS	Max.	Min.	Med.	DS	Max.	Min.	Med.	DS
Longitud total	31,7	25,7	29,7	1,8	31,9	25,4	28,6	2,4	104,2	67,2	83,7	15,4
Longitud estándar	29,9	22,3	26	1,9	26,6	21	23,5	1,9	88,8	54,4	71,3	14
Longitud de la cabeza	21,9	16	19,5	1,7	26,2	19,8	22,2	2,4	20,5	18,9	20	0,7
Longitud el ojo	28,1	20,7	23,6	2,6	29	18,7	24,6	3	19,3	17,6	18,5	0,7
Longitud pre-anal	60,4	50,4	56,4	3,3	79,7	53,4	60,4	8,7	58,4	52,7	56,2	2,5
Longitud de la pectoral	85,4	63,23	72,3	7,0	97,2	64,5	84,4	11,8	98,8	96,6	97,79	0,9
Espinas anales	1	1	-	-	1	1	-	-	1	-	-	-
Radiales anales	10	9	-	-	11	10	-	-	10	-	-	-
Radiales dorsales	6 – 11	-	-	-	6 – 11	-	-	-	6 - 11	-	-	-

Bibliografía

- Arocha-Rodríguez, J. 1999. Ombligados de Ananse: hilos ancestrales y modernos en el Pacífico colombiano. Ed. Santa Fe de Bogotá, Universidad Nacional de Colombia. 204 pp.
- Barriga, R. 2012. Lista de peces de agua dulce e intermareales del Ecuador. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. *Revista Politécnica* 30 (3): 83-119.
- Bell, K. 1999. An overview of goby-fry fisheries. *Naga, the ICLARM Quarterly* 22 (4): 30-36.
- Bell, K. 2009. What comes down must go up: the migration cycle of juvenile-return anadromous taxa. *American Fisheries Society Symposium Series* 69: 321-341.
- Castellanos-Galindo, G. A., G. C. Sánchez, L. A. Zapata, B. Beltrán-León. 2011. A goby-fry fishery in the northern colombian Pacific ocean. *Cybiuum* 35 (4): 391-395.
- Gálvez, L. A. 2012. Análisis de la socialización de la cultura litoralense en la ciudad de Guayaquil, con la propuesta de la creación de un programa radial en emisora FM. Proyecto de grado. Licenciatura en Comunicación Social. Universidad de Guayaquil. 88 pp.
- Erdman, D. S. 1961. Notes on the biology of the gobiid fish *Sicydium plumieri* in Puerto Rico. *Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean* 11: 448-456.
- Iguchi, K. 2007. Limitations of early seaward migration success in amphidromous fishes. Pp. 75-85. *En: Evenhuis, N. L. y J. M. Fitzsimons (Eds.). Biology of Hawaiian Streams and Estuaries. Bishop Museum Bulletin in Cultural and Environmental Studies* 3.
- Lasso, C. A., F. de Paula Gutiérrez, M. A. Morales-Betancourt, E. Agudelo, H. Ramírez-Gil y R. E. Ajiaco-Martínez (Eds.). 2011. II. Pesquerías continentales de Colombia: cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertiente del Pacífico. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. 304 pp.
- Lasso, C. A., J. F. Blanco-Libreros y P. Sánchez-Duarte (Eds.). 2015. XII. Cuencas pericontinentales de Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela: tipología, biodiversidad, servicios ecosistémicos y sostenibilidad de los ríos, quebradas y arroyos costeros. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. 455 pp.
- Londoño, J. 1997. Entre la sumisión y la resistencia. Las mujeres en la Real Audiencia de Quito. Editorial Avya Yala, Quito. 306 pp.
- McDowall, R. M. 2009. Early hatch: a strategy for safe downstream larval transport in amphidromous gobies. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 19: 1-18.
- Rivas, A., E. Hurtado, S. Toloza, C. Montaña, E. Palomino, G. Escobar, Y. Viáfara, R. Estacio y W. Junior. 2012. Recuperación de los cultivos de hortalizas tradicionales para el mejoramiento de la dieta alimenticia y la generación de ingresos en la comunidad Vuelta del Mero, municipio de El Charco, departamento de Nariño. Centro Regional y Pesquero de la Costa Pacífica - SENA, Regional Nariño. 84 pp.
- Romero-García, R. 2004. Medidas antiguas españolas. *Revista Técnica Industrial* 254: 64-67.
- Shen K. y W. Tzeng 2008. Reproductive strategy and recruitment dynamics of amphidromous goby *Sicyopterus japonicus* as revealed by otolith microstructure. *Journal of Fish Biology* 73: 2497-2512.

Pedro Jiménez-Prado

Departamento de Gestión Ambiental, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas, Esmeraldas, Ecuador.
pedro.jimenez@puces.edu.ec.

Registro histórico del género *Sicydium* (Pisces: Gobiidae) en aguas ecuatorianas y su aprovechamiento pesquero

Cítese como: Jiménez-Prado, P. 2014. Registro histórico del género *Sicydium* (Pisces: Gobiidae) en aguas ecuatorianas y su aprovechamiento pesquero. *Biota Colombiana* 15 (Supl. 1): 188-193.

Recibido: 17 de noviembre de 2014
Aprobado: 24 de marzo de 2015

Guía para autores

(www.humboldt.org.co/biota)

Preparación del manuscrito

El envío de un manuscrito implica la declaración explícita por parte del autor(es) 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 se recomienda que no excedan las 40 páginas (párrafo espaciado a 1,5 líneas) incluyendo tablas, figuras y anexos. En casos especiales el editor podrá considerar la publicación de trabajos más extensos, monografías o actas de congresos, talleres o simposios. De particular interés para la revista son las descripciones de especies nuevas para la ciencia, nuevos registros geográficos y listados de la biodiversidad regional.

Para la elaboración de los textos del manuscrito se puede usar cualquier 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(s) completo(s) del(los) autor(es), 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. Lista mínimo de tres revisores sugeridos que puedan evaluar el manuscrito, con sus respectivas direcciones electrónicas.

Evaluación del manuscrito

Los manuscritos sometidos serán revisados por pares científicos calificados, cuya respuesta final de evaluación puede ser: a) *aceptado* (en cuyo caso 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); 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*).

Texto

- 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 (a excepción de la primera correspondiente al título), 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.
- Los manuscritos debe llevar el siguiente orden: título, resumen y palabras clave, abstract y key words, introducción, material y métodos, resultados, discusión, conclusiones (optativo), agradecimientos (optativo) y bibliografía. Seguidamente, presente una página con la lista de tablas, figuras y anexos. Finalmente, incluya las tablas, figuras y anexos en tablas separadas, debidamente identificadas.
- Escriba los nombres científicos de géneros, especies y subespecies en cursiva (itálica). Proceda de la misma forma con los términos en latín (p. e. *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 (p. e. 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 (p. e. 9 cm) o si se utilizan como marcadores (p. e. parcela 2, muestra 7).
- No utilice punto para separar los millares, millones, etc. Utilice la coma para separar en la cifra la parte entera de la decimal (p. e. 3,1416). Enumere las horas del día de 0:00 a 24:00.
- Expresé los años con todas las cifras sin demarcadores de miles (p. e. 1996-1998). En español los nombres de los meses y días (enero, julio, sábado, lunes) siempre se escriben con la primera letra minúscula, no así en inglés.
- Los puntos cardinales (norte, sur, este y oeste) siempre deben ser escritos en minúscula, a excepción de sus abreviaturas N, S, E, O (en inglés W), etc. 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. (en inglés 1180 m a.s.l).
- Las abreviaturas se explican únicamente la primera vez que son usadas.
- Al citar las referencias en el texto mencione los apellidos de los autores en caso de que sean uno o dos, y el apellido del primero seguido por *et al.* cuando sean tres o más. Si menciona varias referencias, éstas deben ser ordenadas cronológicamente y separadas por comas (p. e. Rojas 1978, Bailey *et al.* 1983, Sephton 2001, 2001).
- RESUMEN: incluya un resumen de máximo 200 palabras, tanto en español o portugués como inglés.
- PALABRAS CLAVE: máximo seis palabras clave, preferiblemente complementarias al título del artículo, en español e inglés.

Agradecimientos

Opcional. Párrafo sencillo y conciso entre el texto y la bibliografía. Evite títulos como Dr., Lic., TSU, etc.

Fotografías, figuras, tablas y anexos

Refiera las figuras (gráficas, diagramas, ilustraciones y fotografías) sin abreviación (p. e. Figura 3) al igual que las tablas (p. e. Tabla 1). Gráficos (p. e. CPUE anuales) y figuras (histogramas de tallas), preferiblemente en blanco y negro, con tipo y tamaño de letra uniforme. Deben ser nítidas y de buena calidad, evitando complejidades innecesarias (por ejemplo, tridimensionalidad en gráficos de barras); cuando sea 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. Para el caso de las fotografías y figuras digitales es necesario que estas sean guardadas como formato tiff con una resolución de 300 dpi. Es oportuno que indique en qué parte del texto desea insertarla.

Lo mismo aplica para las tablas y anexos, los cuales deben ser simples en su estructura (marcos) y estar unificados. Presente las tablas en archivo aparte (Excel), identificadas con su respectivo número. 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. Es oportuno que indique en qué parte del texto desea insertar tablas y anexos.

Bibliografía

Contiene únicamente la lista de las referencias citadas en el texto. Ordénelas 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. No abrevie los nombres de las revistas. Presente las referencias en el formato anexo, incluyendo el uso de espacios, comas, puntos, mayúsculas, etc.

ARTÍCULO EN REVISTAS

Agosti, D., C. R. Brandao y S. Diniz. 1999. The new world species of the subfamily Leptanilloidinae (Hymenoptera: Formicidae). *Systematic Entomology* 24: 14-20.

LIBROS, TESIS E INFORMES TÉCNICOS

Libros: Gutiérrez, F. P. 2010. Los recursos hidrobiológicos y pesqueros en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., 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. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Bogotá D. C., 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. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., 80 pp.

Capítulo en libro o en informe: Fernández F., E. E. Palacio y W. P. MacKay. 1996. Introducción al estudio de las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de Colombia. Pp: 349-412. *En:* Amat, G. D., G. Andrade y F. Fernández (Eds.). *Insectos de Colombia. Estudios Escogidos.* Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales & Centro Editorial Javeriano, Bogotá.

Resumen en congreso, simposio, talleres: Señaris, J. C. 2001. Distribución geográfica y utilización del hábitat de las ranas de cristal (Anura; Centrolenidae) en Venezuela. *En:* Programa y Libro de Resúmenes del IV Congreso Venezolano de Ecología. Mérida, Venezuela, p. 124.

PÁGINAS WEB

No serán incluidas en la bibliografía, sino que se señalarán claramente en el texto al momento de mencionarlas.

Guidelines for authors

(www.humboldt.org.co/biota)

Manuscript preparation

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 and not the Alexander von Humboldt Institute for Research on Biological Resources, or the journal and their editors.

Papers can be written in Spanish, English or Portuguese and it is recommended not exceeding 40 pages (with paragraphs spaced at 1,5) including tables, figures and Annex. For special cases, the editor could consider publishing more extensive papers, monographs or symposium conclusions. New species descriptions for science, new geographic records and regional biodiversity lists are of particular interest for this journal.

Any word-processor program may be used for the text (Word is recommended). taxonomic list or any other type of table, should be prepared in spreadsheet application (Excel is recommended). To submit a manuscript must be accompanied by a cover letter which clearly indicate s:

1. Full names, mailing addresses and e-mail addresses of all authors. (Please note that email addresses are essential to direct communication).
2. The complete title of the article.
3. Names, sizes, and types of files provide.
4. A list of the names and addresses of at least three (3) reviewers who are qualified to evaluate the manuscript.

Evaluation

Submitted manuscript will have a peer review evaluation. Resulting in any of the following: a) *accepted* (in this case we assume that no change, omission or addition to the article is required and it will be published as presented.); b) *conditional acceptance* (the article is accepted and recommended to be published but it needs to be corrected as indicated by the reviewer); and c) *rejected* (when the reviewer considers that the contents and/or form of the paper are not in accordance with requirements of publication standards of *Biota Colombiana*).

Text

- The manuscript specifications should be the following: standard letter size paper, with 2.5 cm margins on all sides, 1.5-spaced and left-aligned (including title and bibliography).
- All text pages (with the exception of the title page) should be numbered. Pages should be numbered in the lower right corner.
- Use Times New Roman or Arial font, size 12, for all texts. Use size 10 text in tables. Avoid the use of bold or underlining. 40 pages maximum, including tables, figures and annex. For tables use size 10 Times New Roman or Arial Font (the one used earlier).
- The manuscripts must be completed with the following order: title, abstract and key words, then in Spanish Título, Resumen y Palabras claves. Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, conclusions (optional), acknowledgements (optional) and bibliography. Following include a page with the Table, Figure and Annex list. Finally tables, figures and annex should be presented and clearly identified in separate tables.
- Scientific names of genera, species and subspecies should be written in italic. The same goes for Latin technical terms (i.e. sensu, *et al.*). Avoid the use of underlining any word or title. Do not use footnotes.
- As for abbreviations and the metric system, use the standards of the International System of Units (SI) remembering that there should always be a space between the numeric value and the measure unit (e.g., 16 km, 23 °C). For relative measures such as m/sec, use m.sec⁻¹.
- Write out numbers between one to ten in letters except when it precedes a measure unit (e.g., 9 cm) or if it is used as a marker (e.g., lot 9, sample 7).
- Do not use a point to separate thousands, millions, etc. Use a comma to separate the whole part of the decimal (e.g., 3,1416). Numerate the hours of the from 0:00 to 24:00. Express years with all numbers and without marking thousands (e.g., 1996-1998). In Spanish, the names of the months and days (enero, julio, sábado, lunes) are always written with the first letter as a lower case, but it is not this way in English.
- The cardinal points (north, south, east, and west) should always be written in lower case, with the exception of abbreviations N, S, E, O (in English NW), etc. The correct indication of geographic coordinates is as follows: 02°37'53"N-56°28'53"W. The geographic altitude should be cited as follows: 1180 m a.s.l.
- Abbreviations are explained only the first time they are used.

- When quoting references in the text mentioned author's last names when they are one or two, and et al. after the last name of the first author when there are three or more. If you mention many references, they should be in chronological order and separated by commas (e.g., Rojas 1978, Bailey *et al.* 1983, Sephton 2001, 2001).
- ABSTRACT: include an abstract of 200 words maximum, in Spanish, Portuguese or English.
- KEY WORDS: six key words maximum, complementary to the title.

Pictures, Figures, Tables and Annex

- Figures (graphics, diagrams, illustrations and photographs) without abbreviation (e.g. Figure 3) the same as tables (e.g., Table 1). Graphics and figures should be in black and white, with uniform font type and size. They should be sharp and of good quality, avoiding unnecessary complexities (e.g., three dimensions graphics). When possible use solid color instead of other schemes. The words, numbers or symbols of figures should be of an adequate size so they are readable once reduced. Digital figures must be sent at 300 dpi and in .tiff format. Please indicate in which part of the text you would like to include it.
- The same applies to tables and annexes, which should be simple in structure (frames) and be unified. Present tables in a separate file (Excel), identified with their respective number. Make calls to table footnotes with superscript letters above. Avoid large tables of information overload and fault lines or presented in a complex way. It is appropriate to indicate where in the text to insert tables and annexes.

Bibliography

References in bibliography contains only the list of references cited in the text. Sort them alphabetically by authors and chronologically by the same author. If there are several references by the same author(s) in the same year, add letters a, b, c, etc. Do not abbreviate journal names. Present references in the attached format, including the use of spaces, commas, periods, capital letters, etc.

JOURNAL ARTICLE

Agosti, D., C. R. Brandao y S. Diniz. 1999. The new world species of the subfamily Leptanilloidinae (Hymenoptera: Formicidae). *Systematic Entomology* 24: 14-20.

BOOK, THESIS, TECHNICAL REVIEWS

Book: Gutiérrez, F. P. 2010. Los recursos hidrobiológicos y pesqueros en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. 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. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Bogotá D. C. 160 pp.

Technical reviews: 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. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. 80 pp.

Book chapter or in review: Fernández F., E. E. Palacio y W. P. MacKay. 1996. Introducción al estudio de las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de Colombia. Pp: 349-412. *En:* Amat, G. D., G. Andrade y F. Fernández (Eds.). *Insectos de Colombia. Estudios Escogidos.* Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales & Centro Editorial Javeriano, Bogotá.

Symposium abstract: Señaris, J. C. 2001. Distribución geográfica y utilización del hábitat de las ranas de cristal (Anura; Centrolenidae) en Venezuela. *En:* Programa y Libro de Resúmenes del IV Congreso Venezolano de Ecología. Mérida, Venezuela, p. 124.

WEB PAGES

Not be included in the literature, but clearly identified in the text at the time of mention.

Guía para autores - Artículos de datos

www.humboldt.org.co/biota - biotacol@humboldt.org.co | www.sibcolombia.net - sib+iac@humboldt.org.co

El objetivo de esta guía es establecer y explicar los pasos necesarios para la elaboración de un manuscrito con el potencial de convertirse en artículo de datos para ser publicado en la revista *Biota Colombiana*. En esta guía se incluyen aspectos relacionados con la preparación de datos y el manuscrito.

¿Qué es un artículo de datos?

Un artículo de datos o *Data Paper* es un tipo de publicación académica que ha surgido como mecanismo para incentivar la publicación de datos sobre biodiversidad, a la vez que 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.

Los artículos de datos contienen las secciones básicas de un artículo científico tradicional. Sin embargo, estas se estructuran de acuerdo a un estándar internacional para metadatos (información que le da contexto a los datos) conocido como el *GBIF Metadata Profile (GMP)*¹. La estructuración del manuscrito con base en este estándar se da, en primer lugar, para facilitar que la comunidad de autores que publican conjuntos de datos a nivel global, con presencia en redes como la *Global Biodiversity Information Facility (GBIF)* y otras redes relacionadas, puedan publicar fácilmente artículos de datos obteniendo el reconocimiento adecuado a su labor. En segundo lugar, para estimular que los autores de este tipo de conjuntos de datos que aún no han publicado en estas redes de información global, tengan los estímulos necesarios para hacerlo.

Un artículo de datos debe describir de la mejor manera posible el quién, qué, dónde, cuándo, por qué y cómo de la toma y almacenamiento de los datos, sin llegar a convertirse en el medio para realizar un análisis exhaustivo de los mismos, como sucede

en otro tipo de publicaciones académicas. Para profundizar en este modelo de publicación se recomienda consultar a Chavan y Penev (2011)².

¿Qué manuscritos pueden llegar a ser artículos de datos?

Manuscritos que describan conjuntos de datos primarios y originales que contengan registros biológicos (captura de datos de la presencia de un(os) organismo(s) en un lugar y tiempo determinados); información asociada a ejemplares de colecciones biológicas; listados temáticos o geográficos de especies; datos genómicos y todos aquellos datos que sean susceptibles de ser estructurados con el estándar *Darwin Core*³ (DwC). Este estándar es utilizado dentro de la comunidad de autores que publican conjuntos de datos sobre biodiversidad para estructurar los datos y de esta manera poder consolidarlos e integrarlos desde diferentes fuentes a nivel global. No se recomienda someter manuscritos que describan conjuntos de datos secundarios, como por ejemplo compilaciones de registros biológicos desde fuentes secundarias (p.e. literatura o compilaciones de registros ya publicados en redes como GBIF o IABIN).

Preparación de los datos

Como se mencionó anteriormente los datos sometidos dentro de este proceso deben ser estructurados en el estándar DwC. Para facilitar su estructuración, el Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SiB Colombia), ha creado dos plantillas en Excel, una para registros biológicos y otra para listas de especies. Lea y siga detenidamente las instrucciones de las plantillas para la estructuración de los datos a publicar. Para cualquier duda sobre el proceso de estructuración de estos datos por favor contactar al equipo coordinador del SiB Colombia (EC-SiB) en sib+iac@humboldt.org.co.

¹ Wiecezorek, J. 2011. Perfil de Metadatos de GBIF: una guía de referencia rápida. *En:* Wiecezorek, J. *The GBIF Integrated Publishing Toolkit User Manual*, version 2.0. Traducido y adaptado del inglés por D. Escobar. Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia, Bogotá D.C., Colombia, 23p. Disponible en <http://www.sibcolombia.net/repositorio-de-documentos>.

² Chavan, V. y L. Penev. 2011. The data paper: The mechanism to incentivize data publishing in biodiversity science. *BMC Bioinformatics* 12 (Suppl 15): S2.

³ TDWG. 2011. *Darwin Core*: una guía de referencia rápida. (Versión original producida por TDWG, traducida al idioma español por Escobar, D.; versión 2.0). Bogotá: SiB Colombia, 33 pp. Disponible en <http://www.sibcolombia.net/repositorio-de-documentos>

Preparación del manuscrito

Para facilitar la creación y estructuración del manuscrito en el estándar GMP, se cuenta con la ayuda de un editor electrónico (<http://ipt.sibcolombia.net/biota>) que guiará al autor en dicho proceso y que finalmente generará una primera versión del manuscrito. Se recomienda el uso del manual GMP, como una guía de la información a incluir en cada sección del manuscrito, junto con el anexo 1.

Pasos a seguir para la elaboración del manuscrito:

1. Solicite al correo sib+iac@humboldt.org.co el acceso al editor electrónico. El EC-SiB le asignará un usuario y contraseña.
2. Ingrese con su usuario y contraseña al editor electrónico, luego diríjase a la pestaña *Gestión de recursos* y cree un nuevo recurso asignando un nombre corto a su manuscrito usando el formato “AcrónimoDeLaInstitución_año_tipoDeConjuntoDeDatos”, p.e. ABC_2010_avestinije y dar clic en el botón crear.
3. En la vista general del editor seleccione “editar” en la pestaña *Metadatos* (por favor, no manipule ningún otro elemento), allí encontrará diferentes secciones (panel derecho) que lo guiarán en la creación de su manuscrito. Guarde los cambios al finalizar cada sección, de lo contrario perderá la información. Recuerde usar el manual GMP. A continuación se presentan algunas recomendaciones para la construcción del manuscrito. Las secciones se indican en MAYUSCULAS y los elementos de dichas secciones en **negrilla**.
 - En PARTES ASOCIADAS incluya únicamente aquellas personas que no haya incluido en INFORMACIÓN BÁSICA.
 - Los DATOS DEL PROYECTO y DATOS DE LA COLECCIÓN son opcionales según el tipo de datos. En caso de usar dichas secciones amplíe o complemente información ya suministrada, p. ej. no repita información de la **descripción** (COBERTURA GEOGRÁFICA) en la **descripción del área de estudio** (DATOS DEL PROYECTO).
 - De igual manera, en los MÉTODOS DE MUESTREO, debe ampliar o complementar información, no repetirla. La información del **área de estudio** debe dar un contexto específico a la metodología de muestreo.
 - Es indispensable documentar el **control de calidad** en MÉTODOS DE MUESTREO. Acá se debe describir que herramientas o protocolos se utilizaron para garantizar

la calidad y coherencia de los datos estructurados con el estándar DwC.

- Para crear la **referencia del recurso**, en la sección REFERENCIAS, utilice uno de los dos formatos propuestos (Anexo 2). No llene el **identificador de la referencia**, este será suministrado posteriormente por el EC-SiB.
 - Para incluir la bibliografía del manuscrito en **referencias**, ingrese cada una de las citas de manera individual, añadiendo una nueva referencia cada vez haciendo clic en la esquina inferior izquierda.
4. Rectifique que el formato de la información suministrada cumpla con los lineamientos de la revista (p. ej. abreviaturas, unidades, formato de números etc.) en la Guía general para autores de *Biota Colombiana*.
 5. Una vez incluida y verificada toda la información en el editor electrónico notifique al EC-SiB al correo electrónico sib+iac@humboldt.org.co, indicando que ha finalizado la edición del manuscrito. Adicionalmente adjunte la plantilla de Excel con los datos estructurados (elimine todas las columnas que no utilizó). El EC-SiB realizará correcciones y recomendaciones finales acerca de la estructuración de los datos y dará las instrucciones finales para que usted proceda a someter el artículo.

Someter el manuscrito

Una vez haya terminado la edición de su manuscrito y recibido las instrucciones por parte del EC-SiB, envíe una carta al correo electrónico biotacol@humboldt.org.co para someter su artículo, siguiendo las instrucciones en la Guía general para autores de *Biota Colombiana*.

Recuerde adjuntar:

- Plantilla de Excel con la última versión de los datos revisada por el EC-SiB.
- Documento de Word con las figuras y tablas seguidas de una lista las mismas.

Cuando finalice el proceso, sus datos se harán públicos y de libre acceso en los portales de datos del SiB Colombia y GBIF. Esto permitirá que sus datos estén disponibles para una audiencia nacional e internacional, manteniendo siempre el crédito para los autores e instituciones asociadas.

Anexo 1. Estructura base de un artículo de datos y su correspondencia con el editor electrónico basado en el GMP.

SECCIÓN/SUBSECCIÓN	CORRESPONDENCIA CON LOS ELEMENTOS DEL EDITOR ELECTRÓNICO
TÍTULO	Derivado del elemento título .
AUTORES	Derivado de los elementos creador del recurso, proveedor de los metadatos y partes asociadas .
AFILIACIONES	Derivado de los elementos creador del recurso, proveedor de los metadatos y partes asociadas . De estos elementos, la combinación de organización, dirección, código postal, ciudad, país y correo electrónico , constituyen la afiliación.
AUTOR DE CONTACTO	Derivado de los elementos creador del recurso y proveedor de los metadatos.
CITACIÓN	Para uso de los editores.
CITACIÓN DELE RECURSO	Derivada del elemento referencia del recurso .
RESUMEN	Derivado del elemento resumen . Máximo 200 palabras.
PALABRAS CLAVE	Derivadas del elemento palabras clave . Máximo seis palabras.
ABSTRACT	Derivado del elemento abstract . Máximo 200 palabras.
KEY WORDS	Derivadas del elemento key words . Máximo seis palabras.
INTRODUCCIÓN	Derivado del elemento propósito (de las secciones Introducción y Antecedentes). Se sugiere un breve texto para introducir las siguientes secciones. Por ejemplo, historia o contexto de la colección biológica o proyecto en relación con los datos descritos, siempre y cuando no se repita información en las subsecuentes secciones.
Datos del proyecto	Derivada de los elementos de la sección Datos del proyecto: título, nombre, apellido, rol, fuentes de financiación, descripción del área de estudio y descripción del proyecto .
Cobertura taxonómica	Derivada de los elementos de la sección Cobertura taxonómica: descripción, nombre científico, nombre común y categoría .
Cobertura geográfica	Derivada de los elementos de la sección Cobertura geográfica: descripción, latitud mínima, latitud máxima, longitud mínima, longitud máxima .
Cobertura temporal	Derivada de los elementos de la sección Cobertura temporal: tipo de cobertura temporal .
Datos de la colección	Derivada de los elementos de la sección Datos de la colección: nombre de la colección, identificador de la colección, identificador de la colección parental, método de preservación de los especímenes y unidades curatoriales .
MATERIAL Y MÉTODOS	Derivado de los elementos de la sección Métodos de muestreo: área de estudio, descripción del muestreo, control de calidad, descripción de la metodología paso a paso .
RESULTADOS	
Descripción del conjunto de datos	Derivado de los elementos de las secciones Discusión y Agradecimientos, contiene información del formato de los datos y metadatos: nivel de jerarquía, fecha de publicación y derechos de propiedad intelectual .
DISCUSIÓN	Se deriva del elemento discusión . Un texto breve (máximo 500 palabras), que puede hacer referencia a la importancia, relevancia, utilidad o uso que se le ha dado o dará a los datos en publicaciones existentes o en posteriores proyectos.
AGRADECIMIENTOS	Se deriva del elemento agradecimientos .
BIBLIOGRAFÍA	Derivado del elemento bibliografía .

Anexo 2. Formatos para llenar el elemento referencia del recurso.

La referencia del recurso es aquella que acompañará los datos descritos por el artículo, públicos a través de las redes SiB Colombia y GBIF. Tenga en cuenta que esta referencia puede diferir de la del artículo. Para mayor información sobre este elemento contacte al EC-SiB. Aquí se sugieren dos formatos, sin embargo puede consultar otros formatos establecidos por GBIF⁴.

TIPO DE RECURSO	PLANTILLA	EJEMPLO
El conjunto de datos que el manuscrito describe es resultado de un proyecto de carácter institucional o colectivo con múltiples participantes.	<Institución publicadora/ Grupo de investigación> <(Año)>, <Título del recurso/Artículo>. <Número total de registros>, <aportados por:> <parte asociada 1 (rol), parte asociada 2 (rol) (...)>. <En línea,> <url del recurso>. <Publicado el DD/MM/AAAA>.	Centro Nacional de Biodiversidad (2013). Vertebrados de la cuenca de la Orinoquia. 1500 registros, aportados por Pérez, S. (Investigador principal, proveedor de contenidos, proveedor de metadatos), M. Sánchez (Procesador), D. Valencia (Custodio, proveedor de metadatos), R. Rodríguez (Procesador), S. Sarmiento (Publicador), V. B. Martínez (Publicador, editor). En línea, http://ipt.sibcolombia.net/biota/resource.do?r=verte_orin , publicado el 01/09/2013.
El conjunto de datos que el manuscrito describe es resultado de una iniciativa personal o de un grupo de investigación definido.	<Parte asociada 1, parte asociada 2 (...)> <(Año)>, <Título del recurso/Artículo>, <Número total de registros>, <en línea,> <url del recurso>. <Publicado el DD/MM/AAAA>	Valencia, D., R. Rodríguez y V. B. Martínez (2013). Vertebrados de la cuenca del Orinoco. 1500 registros, en línea, http://ipt.sibcolombia.net/biota/resource.do?r=verte_orin . Publicado el 01/09/2001.

Guidelines for authors - Data Papers

www.humboldt.org.co/biota - biotacol@humboldt.org.co | www.sibcolombia.net - sib+iac@humboldt.org.co

The purpose of this guide is to establish and explain the necessary steps to prepare a manuscript with the potential to become a publishable data paper in Biota Colombiana. This guide includes aspects related to the preparation of both data and the manuscript.

What is a Data Paper?

A data paper is a scholarly publication that has emerged as a mechanism to encourage the publication of biodiversity data as well as an approach to generate appropriate academic and professional recognition to all those involved in the management of biodiversity information.

A data paper contains the basic sections of a traditional scientific paper. However, these are structured according to an international standard for metadata (information that gives context to the data)

known as the *GBIF Metadata Profile* (GMP)⁵. The structuring of the manuscript based on this standard enables the community of authors publishing datasets globally, with presence in networks such as the Global Biodiversity Information Facility (GBIF) and other related networks, to publish data easily while getting proper recognition for their work and to encourage the authors of this type of data sets that have not yet published in these global information networks to have the necessary incentives to do so.

A data paper should describe in the best possible way the Whom, What, Where, When, Why and How of documenting and recording of data, without becoming the instrument to make a detailed analysis of the data, as happens in other academic publications. To deepen this publishing model, it is recommended to consult Chavan & Penev (2011)⁶.

⁴ GBIF (2012). Recommended practices for citation of the data published through the GBIF Network. Version 1.0 (Authored by Vishwas Chavan), Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility. Pp.12, ISBN: 87-92020-36-4. Accessible at http://links.gbif.org/gbif_best_practice_data_citation_en_v1

⁵ GBIF (2011). GBIF Metadata Profile, Reference Guide, Feb 2011, (contributed by O Tuama, E., Braak, K., Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility, 19 pp. Accessible at http://links.gbif.org/gbif_metadata_profile_how-to_en_v1.

⁶ Chavan, V. y L. Penev. 2011. The data paper: The mechanism to incentivize data publishing in biodiversity science. BMC Bioinformatics 12 (Suppl 15): S2.

Which manuscripts are suitable for publication as data paper?

Manuscripts that describe datasets containing original primary biological records (data of occurrences in a particular place and time); information associated with specimens of biological collections, thematic or regional inventories of species, genomic data and all data likely to be structured with the standard *Darwin Core Darwin Core*⁷ (DwC). This standard is used in the community of authors publishing biodiversity datasets to structure the data and thus to consolidate and integrate from different sources globally. It is not recommended to submit manuscripts describing secondary datasets, such as biological records compilations from secondary sources (e.g. literature or compilations of records already published in networks such as GBIF or IABIN).

Dataset preparation

As mentioned above data submitted in this process should be structured based on DwC standard. For ease of structuring, the Biodiversity Information System of Colombia (SiB Colombia), created two templates in Excel; one for occurrences and other for species checklist. Carefully read and follow the template instructions for structuring and publishing data. For any questions about the structure process of data please contact the Coordinator Team of SiB Colombia (EC-SiB) at sib+iac@humboldt.org.co

Manuscript preparation

To assist the creation and structuring of the manuscript in the GMP standard, an electronic writing tool is available (<http://ipt.sibcolombia.net/biota>) to guide the author in the process and ultimately generate a first version of the manuscript. The use of GMP manual as an information guide to include in each section of the manuscript, as well as the annex 1 is recommended.

Steps required for the manuscript preparation:

- 1 Request access to the electronic writing tool at sib+iac@humboldt.org.co. The EC-SiB will assign a username and password.
2. Login to the electronic writing tool, then go to the tab Manage Resources and create a new resource by assigning a short name for your manuscript and clicking on the Create button. Use the format: "InstitutionAcronym_Year_DatasetFeature", e.g. NMNH_2010_rainforestbirds.
3. In the overview of the writing tool click on edit in Metadata section (please, do not use any other section), once there you will find different sections (right panel) that will guide you creating your manuscript. Save the changes at the end of each section, otherwise you will lose the information. Remember to use the GMP manual. Here are some recommendations for editing the metadata, sections are indicated in CAPS and the elements of these sections in **bold**.

- In ASSOCIATED PARTIES include only those who are not listed in BASIC INFORMATION.
 - PROJECT DATA and COLLECTION DATA are optional depending on the data type. When using these sections extend or complement information already provided, i.e. do not repeat the same information describing the **description** (GEOGRAPHIC COVERAGE) in the **study area description** (PROJECT DATA).
 - Likewise, in SAMPLING METHODS, you must expand or complete the information, not repeat it. The information in **study extent** should give a specific context of the sampling methodology.
 - It is essential to document the **quality control** in SAMPLING METHODS. Here you should describe what tools or protocols were used to ensure the quality and consistency of data structured with DwC standard.
 - To create the **resource citation** in the CITATIONS section, follow one of the two formats proposed (Annex 2). Do not fill out the **citation identifier**, this will be provided later by the EC-SiB.
 - To include the manuscript bibliography in **citations**, enter each of the citations individually, adding a new citation each time by clicking in the bottom left.
4. Check that the format of the information provided meets the guidelines of the journal (e.g. abbreviations, units, number formatting, etc.) in the *Biota Colombiana* Guidelines for Authors.
 5. Once included and verified all information in the writing tool, notify to EC-SiB at sib+iac@humboldt.org.co, indicating that you have finished editing the manuscript. Additionally attach the Excel template with structured data (remove all columns that were not used). The EC-SiB will perform corrections and final recommendations about the structure of the data and give you the final instructions to submit the paper.

Submit the manuscript

Once you have finished editing your manuscript and getting the instructions from EC-SiB, send a letter submitting your article to email biotacol@humboldt.org.co, following the instructions of *Biota Colombiana* Guidelines for Authors.

Remember to attach:

- Excel template with the latest version of the data reviewed by the EC-SiB.
- Word document with figures and tables followed by a list of them.

At the end of the process, your information will be public and freely accessible in the data portal of SiB Colombia and GBIF. This will allow your data to be available for national and international audience, while maintaining credit to the authors and partner institutions.

⁷ Biodiversity Information Standards – TDWG. Accessible at <http://rs.tdwg.org/dwc/terms/>

Annex 1. Basic structure of a data paper and its mapping to the writing tool elements based on GM.

SECTION/SUB-SECTION HEADING	MAPPING WITH WRITING TOOL ELEMENTS
TITLE	Derived from the title element.
AUTHORS	Derived from the resource creator , metadata provider , and associated parties elements.
AFFILIATIONS	Derived from the resource creator , metadata provider and associated parties elements. From these elements combinations of organization , address , postal code , city , country and email constitute the affiliation .
CORRESPONDING AUTHOR	Derived from the resource contact , metadata provider elements.
CITATION	For editors use.
RESOURCE CITATION	Derived from the resource citation element.
RESUMEN	Derived from the resumen element. 200 words max.
PALABRAS CLAVE	Derived from the palabras clave element. 6 words max.
ABSTRACT	Derived from the abstract element. 200 words max.
KEY WORDS	Derived from the key words element. 6 words max.
INTRODUCTION	Derived from the purpose (Introduction and Background section). A short text to introduce the following sections is suggested. For example, history or context of the biological collection or project related with the data described, only if that information is not present in subsequent sections.
Project data	Derived from elements title , personnel first name , personnel last name , role , funding , study area description , and design description .
Taxonomic Coverage	Derived from the taxonomic coverage elements: description , scientific name , common name and rank .
Geographic Coverage	Derived from the geographic coverage elements: description , west , east , south , north .
Temporal Coverage	Derived from the temporal coverage elements: temporal coverage type .
Collection data	Derived from the collection data elements: collection name , collection identifier , parent collection identifier , specimen preservation method and curatorial units .
MATERIALS AND METHODS	Derived from the sampling methods elements: study extent , sampling description , quality control and step description .
RESULTADOS	
Descripción del conjunto de datos	Derived from the discussion and acknowledgments, contains information about the format of the data and metadata: hierarchy level , date published and ip rights .
DISCUSSION	Derived from the discussion element. A short text (max 500 words), which can refer to the importance, relevance, usefulness or use that has been given or will give the data in the published literature or in subsequent projects.
ACKNOWLEDGMENTS	Derived from the acknowledgments element.
BIBLIOGRAPHY	Derived from the citations element.

Annex 2. Citation style quick guide for “resource reference” section.

The Resource Reference is the one that refer to the dataset described by the paper, publicly available through SiB Colombia and GBIF networks. Note that this reference may differ from the one of the paper. For more information about this element contact EC-SiB.

Here two formats are suggested; however you can consult other formats established by GBIF⁸.

TYPE OF RESOURCE	TEMPLATE	EXAMPLE
The paper is the result of a collective or institutional project with multiple participants.	<Institution/Research Group>. <Year>, <Title of the Resource/Paper>. <Number of total records>, <provided by :> <associated party 1 (role), associated party 2 (role), (...)>. <Online,> <resource URL>, <published on>. <Published on DD/MM/AAAA>.	National Biodiversity (2013). Vertebrates in Orinoco, 1500 records, provided by: Perez, S. (Principal investigator, content provider), M. Sanchez (Processor), D. Valencia (Custodian Steward, metadata provider), R. Rodriguez (Processor), S. Sarmiento (Publisher), VB Martinez (Publisher, Editor). Online, http://ipt.sibcolombia.net/biota/resource.do?r=verte_orin , published on 01/09/2013.
The paper is the result of a personal initiative or a defined research group.	<associated party 1, associated party 2, (...)>. <Year>, <Title of the Resource/Paper>, <Number of total records>, <Online,> <resource URL>. <Published on DD/MM/AAAA>.	Valencia, D., R. Rodríguez and V. B. Martínez. (2013). Vertebrate Orinoco Basin, 1500 records, Online, http://ipt.sibcolombia.net/biota/resource.do?r=verte_orin , published on 01/09/2001

⁸ GBIF (2012). Recommended practices for citation of the data published through the GBIF Network. Version 1.0 (Authored by Vishwas Chavan). Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility. Pp.12, ISBN: 87-92020-36-4. Accessible at http://links.gbif.org/gbif_best_practice_data_citation_en_v1

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

TABLA DE CONTENIDO / TABLE OF CONTENTS

Presentación / Presentation. <i>Ana María Moncaleano-D.</i>	1
Los páramos y bosques altoandinos del pantano de Monquentiva o pantano de Martos (Guatavita, Cundinamarca): caracterización ecológica y estado de conservación / Ecological characterization and conservation status of the páramos (moors) and high Andean forests of the Monquentiva and Martos wetlands (Guatavita, Cundinamarca). <i>Andrés Avella-M., Selene Torres-R., Wilsón Gómez-A. y Marco Pardo-P</i> ...	3
Evaluación de algunos marcadores de exposición a contaminantes en tres especies de bagres colombianos (Pisces: Siluriformes) / Evaluation of indicators of exposure to contaminants in three species of Colombian catfishes (Pisces: Siluriformes). <i>Jaime González-M., Miguel A. Landines, Javier Borbón, María L. Correal, Charles Sánchez y Liliana Rodríguez</i>	40
Composición y riqueza íctica en quebradas y ríos del piedemonte de la cuenca del río Cusiana, Orinoquia colombiana / Composition and fish species richness in piedmont streams and rivers of the Cusiana River drainage in the Colombian Orinoco River Basin. <i>Alexander Urbano-Bonilla, Saúl Prada-Pedrerros, Ángela Zapata, José I. Barrera-Cataño y Ana C. Moreno-Cárdenas</i>	52
Determinación del tipo de desove y nivel de fecundidad del bagre rayado del Magdalena, <i>Pseudoplatystoma magdaleniatum</i> Buitrago-Suárez y Burr, 2007 (Siluriformes: Pimelodidae) / Determination of spawning characteristics and fecundity of the the Magdalena Catfish <i>Pseudoplatystoma magdaleniatum</i> Buitrago-Suárez y Burr, 2007 (Siluriformes: Pimelodidae). <i>John W. Arce-Zúñiga, Juan C. Alonso-González, Sandra Hernández-Barrero y Mauricio Valderrama-Barco</i>	70
Análisis comparativo (1990-2014) de la pesquería de peces ornamentales en el departamento del Amazonas, Colombia / Comparative analysis (1990-2014) of the ornamental fisheries in Amazonas department, Colombia. <i>Adriana Guzmán-Maldonado y Carlos A. Lasso</i> ..	83
Geographic distribution and conservation status of sawfish <i>Pristis spp</i> (Pristiformes: Pristidae) in the southern Caribbean Sea / Distribución geográfica y estado de conservación de los peces sierra <i>Pristis spp</i> (Pristiformes: Pristidae) en el Caribe sur. <i>Santiago Gómez-Rodríguez, Juan P. Caldas, Arturo Acero-P., María A. Martínez-Silva, Paola Sáenz-Okuyama, Carlos A. Lasso & Oscar M. Lasso-Alcalá</i>	109
Nuevo registro del cecílido <i>Typhlonectes compressicauda</i> (Duméril & Bibron 1841) (Gymnophiona: Typhlonectidae) en la Amazonia colombiana / New record of the caecilian <i>Typhlonectes compressicauda</i> (Duméril y Bibron 1841) (Gymnophiona: Typhlonectidae) from the Colombian Amazon Basin. <i>Andrés R. Acosta-Galvis, Carlos A. Lasso y Mónica A. Morales-Betancourt</i>	118
Potential distribution of the Orinoco crocodile (<i>Crocodylus intermedius</i> Graves 1819) in the Orinoco basin of Colombia and Venezuela / Distribución potencial del caimán del Orinoco (<i>Crocodylus intermedius</i> Graves 1819) en la Orinoquia colombiana y venezolana. <i>Mónica A. Morales-Betancourt, Carlos A. Lasso, Laura C. Bello & Francisco de Paula Gutiérrez</i>	124
Distribución, abundancia y reproducción de las aves acuáticas de las sabanas inundables de Meta y Casanare (Colombia) y sitios prioritarios para la conservación / Distribution, abundance and reproduction of aquatic birds from the Meta and Casanare (Colombia) flooded savannahs and priority sites for conservation. <i>Carlos Ruiz-Guerra, Diana Eusse-González y César Arango</i>	137
Avifauna en diferentes hábitats de la cuenca del río Fúquene (Cundinamarca), Colombia / Avifauna in different habitats in the Fuquene River drainage (Cundinamarca), Colombia. <i>Andrea Morales-Rozo y Yecika Pachón</i>	161
Caracterización de la calidad del agua en sitios de preferencia del manatí antillano (<i>Trichechus manatus</i>) en la ciénaga de Paredes, Magdalena Medio, Santander, Colombia / Water quality characterization of sites preferred by the West Indian Manatee (<i>Trichechus manatus</i>) in the Paredes Wetlands of the middle Magdalena River Basin in Santander state, Colombia. <i>Beatriz H. Mojica-Figueroa, Katherine Arévalo-González, Fabio A. González y James Murillo</i>	174
Nota	
Registro histórico del género <i>Sicydium</i> (Pisces: Gobiidae) en aguas ecuatorianas y su aprovechamiento pesquero / Historical record of the genus <i>Sicydium</i> (Pisces: Gobiidae) and its inshore fishery exploitation in the Ecuadorian coast. <i>Pedro Jiménez-Prado</i>	188
Guía para autores	194