

SERIE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS
Y PESQUEROS CONTINENTALES
DE COLOMBIA

XV. RAYAS DE
AGUA DULCE
(**POTAMOTRYGONIDAE**)
DE SURAMÉRICA

Parte II

Colombia, Brasil, Perú, Bolivia,
Paraguay, Uruguay y Argentina



Carlos A. Lasso, Ricardo Rosa, Mónica A. Morales-Betancourt,
Domingos Garrone-Neto y Marcelo R. de Carvalho
(Editores)

SERIE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS
Y PESQUEROS CONTINENTALES
DE COLOMBIA

XV. RAYAS DE
AGUA DULCE
(POTAMOTRYGONIDAE)
DE SURAMÉRICA

Parte II
Colombia, Brasil, Perú, Bolivia,
Paraguay, Uruguay y Argentina



Carlos A. Lasso, Ricardo Rosa,
Mónica A. Morales-Betancourt,
Domingos Garrone-Neto y Marcelo R. de Carvalho
(Editores)



© Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2016.

Los textos pueden ser citados total o parcialmente citando la fuente.

SERIE EDITORIAL RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS Y PESQUEROS CONTINENTALES DE COLOMBIA – Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).

Editor: Carlos A. Lasso.

Revisión científica: Donald Taphorn (Universidad Experimental de los Llanos–Unelvez, Venezuela), Ramiro Barriga (Instituto Politécnico de Quito, Ecuador).

Revisión de textos: Carlos A. Lasso, Mónica A. Morales-Betancourt, Ricardo Rosa.

Fotos portada: Cris Burmester, Hugo Castello, Mónica A. Morales-Betancourt.

Foto contraportada: Cris Burmester.

Foto portada interior: Fernando Trujillo.

Elaboración de mapas del catálogo de especies: Diego Córdoba (IAvH).

Diseño y diagramación: zOOm diseño S.A.S. - Luisa F. Cuervo G.

Impresión: JAVEGRAF - Fundación Cultural Javeriana de Artes Gráficas. 1.000 ejemplares.

CITACIÓN SUGERIDA:

Obra completa: Lasso, C. A., R. S. Rosa, M. A. Morales-Betancourt, D. Garrone-Neto y M. Carvalho (Eds.). 2016. XV. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte II: Colombia, Brasil, Perú, Bolivia, Paraguay, Uruguay y Argentina. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia. 435 pp.

Capítulos o fichas: Castello, H. y M. Jones. 2016. La raya gigante o raya boba, *Potamotrygon brachyura* (Günther 1880) del río Paraná medio y otros ríos del Cono Sur. Pp. 200-227. *En:* Lasso, C. A., R. S. Rosa, M. A. Morales-Betancourt, Domingos Garrone-Neto y Marcelo Carvalho (Eds.). 2016. XV. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte II: Colombia, Brasil, Perú, Bolivia, Paraguay, Uruguay y Argentina. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.

Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte II: Colombia, Brasil, Perú, Bolivia, Paraguay, Uruguay y Argentina / editado por Carlos A. Lasso, Ricardo Rosa, Mónica A. Morales-Betancourt, Domingos Garrone-Neto y Marcelo Carvalho; Serie Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia, XV. -- Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2016.

435 p.: il., col.; 21.59 cm. X 27.94 cm

Incluye bibliografía, ilustraciones, fotos a color, tablas y mapas

ISBN impreso: 978-958-8889-98-6

ISBN digital: 978-958-8889-99-3

1. Ictiología 2. Conservación 3. Rayas de agua dulce--ecofisiología 4. Potamotrygonidae 5. Rayas -- estado del conocimiento 6. Taxonomía 7. América del Sur I. Lasso Carlos A. (Ed) II. Rosa, Ricardo (Ed) III. Morales-Betancourt, Mónica A. (Ed) IV. Garrone-Neto, Domingos (Ed) V. Carvalho, Marcelo (Ed) VI. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

CDD: 597.176 Ed. 23

Número de contribución: 549

Registro en el catálogo Humboldt: 14988

Catalogación en la publicación – Biblioteca Instituto Humboldt – Nohora Alvarado

Responsabilidad. Las denominaciones empleadas y la presentación del material en esta publicación no implican la expresión de opinión o juicio alguno por parte del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Así mismo, las opiniones expresadas no representan necesariamente las decisiones o políticas del Instituto, ni la citación de nombres, estadísticas pesqueras o procesos comerciales. Todos los aportes y opiniones expresadas son de la entera responsabilidad de los autores correspondientes.

D. Garrone-Neto



COMITÉ CIENTÍFICO

- **Anabel Rial Bouzas** (BioHábitat A. C. Venezuela y consultora independiente)
- **Aniello Barbarino** (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias–INIA, Venezuela)
- **Antonio Machado-Allison** (Universidad Central de Venezuela)
- **Carlos Barreto-Reyes** (Fundación Humedales, Colombia)
- **Carlos A. Rodríguez Fernández** (Fundación Tropenbos, Colombia)
- **Célio Magalhães** (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia INPA/CPBA, Brasil)
- **Donald Taphorn** (Universidad Experimental de los Llanos–Unelvez, Venezuela)
- **Edwin Agudelo-Córdoba** (Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas–Sinchi, Colombia)
- **Fernando Trujillo** (Fundación Omacha, Colombia)
- **Francisco de Paula Gutiérrez** (Universidad Jorge Tadeo Lozano, Colombia)
- **Germán Galvis Vergara** (Universidad Nacional de Colombia)
- **Hernando Ramírez-Gil** (Universidad de los Llanos–Unillanos, Colombia)
- **Hernán Ortega** (Universidad Nacional Mayor de San Marcos–UNMSM, Perú)
- **Jaime De La Ossa** (Universidad de Sucre, Colombia)
- **John Valbo Jørgensen** (Departamento de Pesca y Acuicultura, FAO)
- **Josefa C. Señaris** (Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Venezuela)
- **Luz F. Jiménez-Segura** (Universidad de Antioquia, Colombia)
- **Mauricio Valderrama Barco** (Fundación Humedales, Colombia)
- **Myriam Lugo Rugeles** (Universidad Nacional de Colombia)
- **Ramiro Barriga** (Instituto Politécnico de Quito, Ecuador)
- **Ricardo Restrepo M.** (Universidad Santo Tomás de Aquino–USTA, Colombia)
- **Rosa E. Ajiaco-Martínez** (Universidad de los Llanos–Unillanos, Colombia)
- **Susana Caballero-Gaitán** (Universidad de los Andes, Colombia)

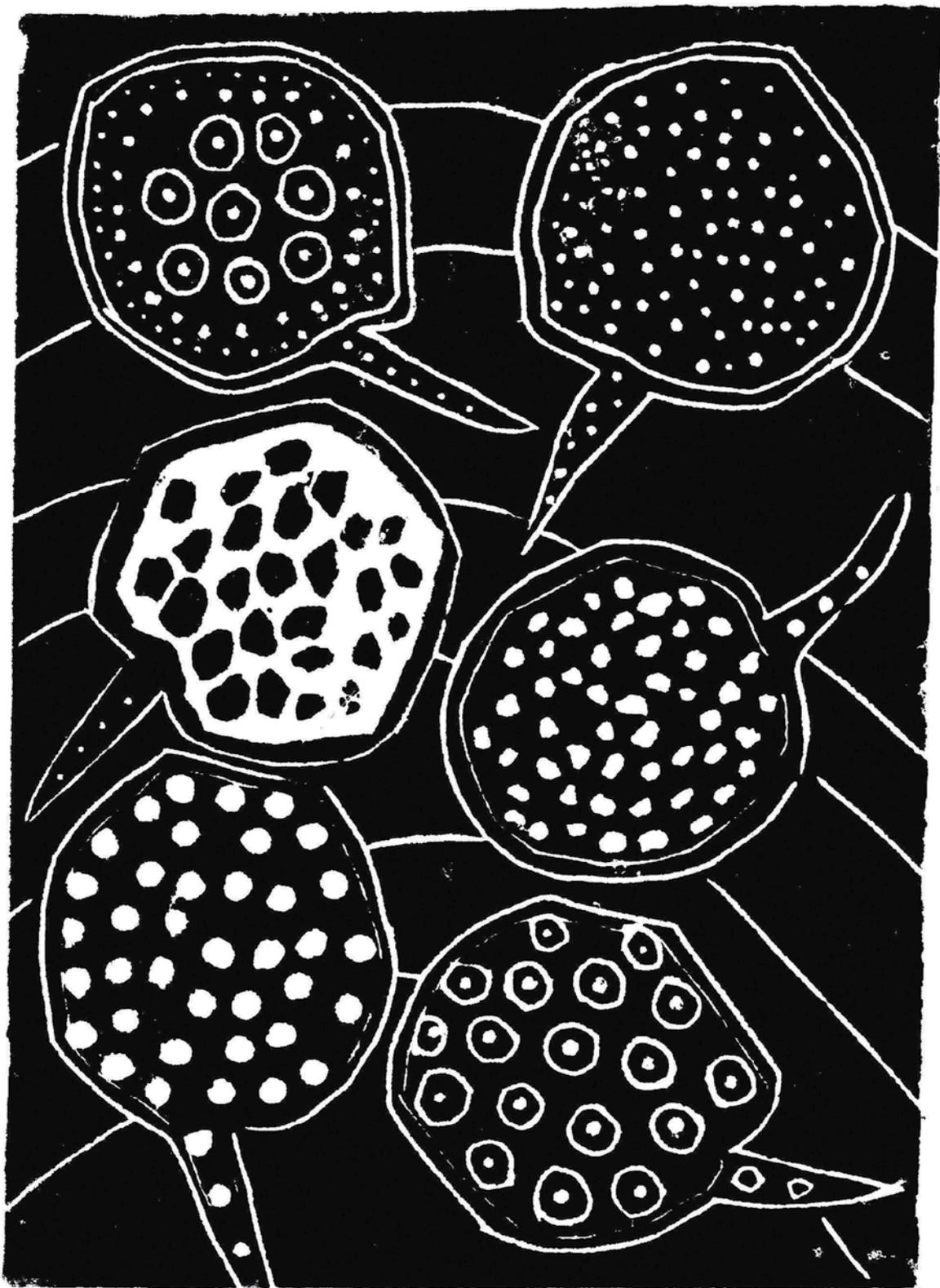


TABLA DE CONTENIDO

Presentaciones	9
Prólogo	13
Autores e instituciones	15
Agradecimientos	21
Resumen ejecutivo	25
Excutive summary	31
Sumario ejecutivo	35
Introducción	39
1. Ecofisiología das raias de água doce (Potamotrygonidae): mecanismos de interação organismo-ambiente <i>Ecofisiología de las rayas de agua dulce (Potamotrygonidae): mecanismos de interacción organismo-ambiente</i>	45
2. Alimentação e comportamento predatório em raias (Potamotrygonidae) <i>Alimentación y comportamiento depredatorio de las rayas (Potamotrygonidae)</i>	67
3. Parasitas de raias de água doce (Potamotrygonidae): estado atual do conhecimento e lista de espécies <i>Parásitos de rayas de agua dulce (Potamotrygonidae): estado actual del conocimiento y lista de especies</i>	83



M. A. Morales-B.

TABLA DE CONTENIDO

ESPECIES	104		
4. Claves para la identificación de las rayas de agua dulce (Potamotrygonidae)	105		
5. Catálogo de especies	129		
• <i>Potamotrygon albimaculata</i> Carvalho, 2016	131		
• <i>Potamotrygon amandae</i> Loboda & Carvalho, 2013	134		
• <i>Potamotrygon brachyura</i> (Günther, 1880)	137		
• <i>Potamotrygon falkneri</i> Castex y Maciel, 1963	142		
• <i>Potamotrygon histrix</i> (Müller & Henle, 1834)	145		
• <i>Potamotrygon jabuti</i> Carvalho, 2016	147		
• <i>Potamotrygon limai</i> Fontenelle, Silva y Carvalho, 2014	150		
• <i>Potamotrygon motoro</i> (Müller y Henle, 1841)	152		
• <i>Potamotrygon pantanensis</i> Loboda & Carvalho, 2013	156		
• <i>Potamotrygon rex</i> Carvalho, 2016	159		
• <i>Potamotrygon schuhmacheri</i> Castex, 1964	161		
• <i>Potamotrygon signata</i> Garman, 1913	163		
• <i>Potamotrygon wallacei</i> Carvalho, Rosa y Araujo, 2016	167		
10. Feeding biology, human perceptions and uses of <i>Potamotrygon signata</i> Garman, 1913 in the Parnaíba river basin, northeastern Brazil <i>Alimentación, percepción humana y usos de Potamotrygon signata</i> Garman, 1913 en la cuenca del río Parnaíba, noreste de Brasil			271
11. Biología e história natural de <i>Potamotrygon wallacei</i> (Carvalho, Rosa e Araújo, 2016) na bacia do Rio Negro, Amazônia Central, Brasil <i>Biología e historia natural de Potamotrygon wallacei</i> (Carvalho, Rosa e Araújo, 2016) en la cuenca de Rio Negro, Amazonia central, Brasil			289
COLOMBIA	304		
12. Avances en el conocimiento de <i>Potamotrygon magdalenae</i> (Duméril, 1865), raya dulceacuícola endémica de Colombia			305
13. Aspectos sobre la historia natural de las rayas de agua dulce en el área de influencia de los municipios de Puerto Carreño (Vichada) e Inírida (Guainía), Orinoquia colombiana			325
14. Diversidad de rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) en el río Amazonas colombiano: resultados preliminares			361
15. Estructura poblacional y diversidad genética de la raya de agua dulce <i>Potamotrygon motoro</i> (Müller y Henle, 1841) (Myliobatiformes, Potamotrygonidae) en las cuencas del Orinoco y Amazonas (Colombia)			377
16. Ensayos de producción en cautiverio de la raya motoro (<i>Potamotrygon motoro</i> Müller y Henle, 1841) (Potamotrygonidae) en la Fundación Orinoquia, Puerto Carreño-Vichada, Colombia			391
PERÚ	400		
17. Diversidad y conservación de las rayas (Potamotrygonidae) en Loreto - Perú: aspectos taxonómicos, ecológicos y pesqueros			401
CONSERVACIÓN	414		
18. Marco normativo y comercio de las rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) en Argentina, Paraguay y Uruguay, y nuevas consideraciones sobre CITES			415
19. Conclusiones y recomendaciones para la conservación			431
CASOS DE ESTUDIO	178		
ARGENTINA, URUGUAY Y PARAGUAY	180		
6. La familia Potamotrygonidae en Argentina, Paraguay y Uruguay	181		
7. La raya gigante o raya boba, <i>Potamotrygon brachyura</i> (Günther 1880) del río Paraná medio, Argentina	201		
BOLIVIA	228		
8. Diversidad, uso y conservación de las rayas (Myliobatiformes: Potamotrygonidae) en Bolivia	229		
BRASIL	248		
9. Raias do alto Paraná, Brasil: histórico de ocorrência, distribuição atual e consequências do processo de colonização da bacia <i>Rayas del alto Paraná, Brasil: distribución histórica y actual, y consecuencias de los procesos de colonización de la cuenca</i>	249		



Río Yaguas, Loreto, Perú. Foto: M. Hidalgo.



PRESENTACIONES



Desde la publicación en el 2013 del primer volumen sobre las rayas de agua dulce de América del Sur, en el marco de los planes operativos anuales del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt-IAvH, hemos avanzado de manera notoria en el conocimiento de este grupo fascinante de peces. Prueba de ello es la descripción de varias especies nuevas en los últimos años, revisiones de géneros, más estudios biológicos y pesqueros, ensayos de reproducción en cautiverio e incluso el desarrollo de metodologías para la realización de censos poblacionales, herramienta que será de gran utilidad para contar con datos de abundancia de las especies objeto de aprovechamiento. Esto permitiría tener basamentos científicos para el sector pesquero y la asignación de cuotas de captura como peces ornamentales, buscando así un aprovechamiento viable y sostenible del recurso. Este segundo volumen ha incorporado al resto de los países del continente que faltaban

(Bolivia, Paraguay, Uruguay y Argentina) e incluye nueva información de Colombia, Brasil y Perú.

En esta ocasión el IAvH estuvo acompañado en el proceso editorial por tres universidades brasileñas, la Universidade Federal da Paraíba, Universidade Estadual Paulista-UNESP y la Universidade de São Paulo. Contó con la participación de 67 investigadores y 32 organizaciones (universidades, ONG, autoridades pesqueras, entre otras) de siete países.

Las rayas de agua dulce tienen un gran impacto económico y social, especialmente en zonas remotas de nuestra geografía y en especial en poblaciones de bajos ingresos, dado su importancia como recurso pesquero ornamental. También se utilizan como alimento (pesca artesanal y de subsistencia), en la pesca deportiva y tienen incidencia en la salud pública por los accidentes debido a sus picaduras.

PRESENTACIONES

El aprovechamiento sin criterios técnicos al que ha sido sometido este grupo de peces en regiones particulares (p. e. la Orinoquia colombiana), aunado a otros problemas ya no de índole pesquero, sino ambiental (p. e. contaminación, deforestación, desecación de humedales, etc.), nos llevó a seguir trabajando para aportar de manera constructiva a su conservación y uso sostenible en Colombia. Pero esto no es un problema solo de nuestro país, otros países fronterizos experimentan situaciones similares y es por ello que para poder mitigar la posible sobreexplotación, surgió la necesidad de regular el comercio e intentar convertir la pesca ornamental de rayas en una actividad sostenible. Por ello, desde 2013 el IAvH, junto con varios países propusieron la inclusión de algunas especies de rayas en el Apéndice II de la Convención CITES, propuestas que

fueron rechazadas en su momento, dada la falta de información sobre las tendencias poblacionales de las especies. Pese a esto y gracias al esfuerzo conjunto con el Ministerio de Ambiente y la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca, Colombia, solicitó la inclusión del género *Potamotrygon* y la raya manta (*Paratrygon aiereba*) (en total siete especies de la familia Potamotrygonidae) en el Apéndice III del acuerdo internacional, lo cual contribuirá a coordinar esfuerzos y robustecer la información sobre las tendencias poblacionales y tener mejores medidas para su conservación.

Gracias a todos los investigadores y organizaciones que han persistido en este esfuerzo para la conservación no solo de las especies amenazadas, sino con el manejo de sus hábitats y de las relaciones sociales y económicas involucradas.

Brigitte L.G. Baptiste
Directora

Carlos A. Lasso
Investigador Senior
Editor Serie Recursos Hidrobiológicos y
Pesqueros Continentales de Colombia

Instituto de Investigación de Recursos
Biológicos Alexander von Humboldt

Mientras que los tiburones se han convertido cada vez más en un prioridad para los grupos de conservación y acuerdos internacionales, incluyendo la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), sus parientes de agua dulce han recibido menos atención. Sin embargo, algunas especies de rayas de agua dulce necesitan igual protección por la sobreexplotación para el consumo y el comercio internacional. Las especies de rayas de agua dulce (Potamotrygonidae), nativas de los ríos de América del Sur, son populares para el comercio internacional de peces ornamentales. Estos hermosos animales a menudo son capturados vivos en países como Bolivia, Brasil, Colombia y Perú y se venden a acuarios de todo el mundo.

Este comercio y la necesidad de regularlo con el fin de conservar las especies ha sido un tema de discusión y preocupación en la CITES desde 2004. Las propuestas para incluir a los miembros de la familia en los Apéndices de la CITES se introdujeron en 2013 y 2016 pero no se adoptaron en su momento en gran parte debido a la falta de datos sobre poblaciones y comercio.



De hecho, el mayor desafío en este momento para la conservación de rayas de agua dulce es esta falta de información específica de las especies. Las propuestas para adoptar medidas de conservación requieren datos para demostrar que las especies está en peligro y que las medidas de conservación y manejo ayudarán.

Estos libros, como el de “Rayas de Suramérica, Parte I y Parte II”, son fundamentales para abordar este problema, ya que proporcionarán herramientas de identificación de especies e información que puede ser utilizada por las diversas partes interesadas, incluyendo científicos, universidades, administradores de pesquerías, funcionarios de aduanas y políticas públicas.

Somos co-presidentas del Grupo de Trabajo sobre Tiburones de la Red de Supervivencia de Especies (SSN, por sus siglas en inglés), una coalición internacional de más de 100 organizaciones no gubernamentales que trabajan conjuntamente para prevenir la sobreexplotación de animales y plantas para el comercio internacional. Como tal, nosotros y nuestras respectivas organizaciones estamos comprometidos a



M. A. Morales-B.

PRÓLOGO

trabajar con los estados del área de distribución para asegurar la supervivencia de estas especies vulnerables.

Agradecemos sinceramente y felicitamos a Carlos A. Lasso por estos libros y por su papel como experto, llevando estas especies y su estado de conservación, a la atención de los líderes mundiales y el público en general.

Alejandra Goyenechea
Defenders of Wildlife

Rebecca Regnery
Humane Society International

PRÓLOGO

Los procesos de generación de nuevos conocimientos sobre nuestra ictiofauna, importancia alimentaria, su utilización en la formación de recursos humanos y la comunicación de estos hallazgos, son imprescindibles para el establecimiento de políticas de conservación y el uso sostenible de los recursos naturales en nuestros países latinoamericanos. Es así y con este propósito que en el marco del Plan Operativo Anual (2016) del Programa de Biología de la Conservación del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt-IAvH, se llevó adelante el proyecto **Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte II: Colombia, Brasil, Perú, Bolivia, Paraguay, Uruguay Argentina**, acuciosamente editado por Carlos A. Lasso, Ricardo Rosa, Mónica A. Morales-Betancourt, Domingos Garrone-Neto y Marcelo Carvalho.

Los autores de cada uno de los 19 capítulos representan una generación de ictiólogos conscientes de su responsabilidad histórica con cada uno de sus países. Nos presentan una obra de diagnóstico biológico-ecológico de los peces incluidos en la familia Potamotrygonidae, que tienen

un gran impacto principalmente por su importancia como recurso pesquero ornamental, alimenticio, pesca deportiva e incidencia en salud pública.

En la obra se reconocen, 31 especies de rayas de agua dulce incluidas en los géneros: *Heliotrygon* (2 sp.), *Paratrygon* (1 sp.), *Plesiotrygon* (2 sp.) y *Potamotrygon* (26 sp.). Además, dos especies marinas del nuevo género *Styracura* Carvalho, Loboda y Silva 2016, establecido para las *Himantura* anfi-americanas (*H. scharmardae* y *H. pacifica*), y las cuales recientemente se han incluido en la familia Potamotrygonidae.

La primera parte de la obra nos describe los aspectos generales de la especie de la familia Potamotrygonidae, sus adaptaciones fisiológicas, hábitos alimenticios y alimentarios y parasitismo. La segunda parte, actualiza y muestra las claves taxonómicas para la identificación de las especies del género *Potamotrygon* de la cuenca Paraná-Paraguay, así como de las especies amazónicas y peri-amazónicas con la inclusión de fichas de las especies que incluye: información sobre la taxonomía de la especie (diagnosis, validez, sinonimias); distribución geográfica; talla

M. A. Morales-B.



PRÓLOGO

y peso; hábitat; alimentación; aspectos reproductivos; usos; aspectos pesqueros; comercialización, marco normativo, estatus de conservación y amenazas. La tercera parte se refiere a casos de estudios discriminados por países: las especies presentes, sus usos y estado de conservación, la “raya gigante” o “raya boba” *Potamotrygon brachyura* del río Paraná medio e información acompañante. Sigue con una síntesis del conocimiento actual sobre la composición, distribución y principales aspectos de la ecología de las rayas de Bolivia. Para Brasil, se ilustran aspectos de la distribución, impactos por la construcción de represas y la importancia de especies endémicas amenazadas. Un aspecto de suma importancia presentado en esta parte es lo referente a los avances del conocimiento de la ecología, pesquerías y el manejo *ex situ* de la raya endémica de Colombia, *Potamotrygon magdalenae*, así como la nueva información taxonómica y bioecológica de las especies que se distribuyen en las cuencas del Orinoco y del Amazonas. Para finalizar esta tercera parte se incluye estudios sobre la estructura poblacional y diversidad genética de *Potamotrygon motoro* en las cuencas del Orinoco y Amazonas, sobre ensayos en cautiverio que aporta elementos para su manejo, alimentación y reproducción en confinamiento y un panorama sobre la bioecología y aspectos pesqueros de las rayas de Loreto (Perú). La cuarta parte está referida principalmente a los aspectos legales del manejo y protección

de este recurso biológico: incluye un capítulo que ilustra la legislación vigente en Argentina, Paraguay y Uruguay, así como la evolución que ha tenido la propuesta de uso comercial de las especies de rayas de agua dulce en el marco de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre-Cites.

El libro así, cumple el objetivo propuesto y nos presenta una pléyade de conclusiones y recomendaciones muy útiles para los tomadores de decisiones en aspectos relacionados con el conocimiento, la conservación y uso sostenible de las especies, derivadas éstas del análisis y discusiones profundas de toda la información compilada.

Prologar esta obra es un gran honor y me llena de satisfacción ver generaciones crecientes de investigadores con alta sensibilidad y compromiso social, al igual que con su compromiso histórico de conservación y uso adecuado de nuestra diversidad biológica.

No me queda sino felicitar al Instituto Alexander von Humboldt, su programa dedicado a los Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales, a los editores y autores de esta gran obra, con la seguridad de que la misma será un referente obligado para la formación de capital humano y el desarrollo de programas de uso sostenible y conservación de nuestros recursos naturales en cada uno de nuestros países.

Antonio Machado-Allison
Diciembre 2016

M. A. Moarles-B.



AUTORES Y AFILIACIONES

**Centro Universitario Regional Este,
Universidad de la República
Maldonado, Uruguay**

Franco Teixeira de Mello
frantei@fcien.edu.uy

FAUNAGUA, Cochabamba, Bolivia

América Zeballos Fernández
america_jazmin@yahoo.com

Leslie Córdova
leslie.cordova@gmail.com

**FAUNAGUA, Universidad Mayor
de San Simón-UMSS, Unidad de
Limnología y Recursos Acuáticos (ULRA),
Facultad de Ciencias y Tecnología (FCyT)-
ECOSINTEGRALES SRL, Bolivia**

Fernando M. Carvajal-Vallejos
fmcvalle@yahoo.com

**Fundación colombiana para la
investigación y conservación
de tiburones y rayas, SQUALUS,
Colombia**

Andrés F. Navia
anavia@gmail.com

Daniela Gómez-Martínez
dgomez@squalus.org

Esteban Galindo
egalindo@squalus.org

Gina Fernández
ginafernandez14@gmail.com

José Gabriel Pérez-Rojas
jgperez@qualus.org

Juliana López-García
jlopez@squalus.org

Luis A. Muñoz-Osorio
lmunoz@squalus.org

Paola A. Mejía-Falla
pmejia@squalus.org

Tania del Mar Pedreros
taniadelmarp@gmail.com

**Fundación de Historia Natural “Félix
de Azara”, Universidad Maimónides,
Argentina**

Hugo Patricio Castello
hucastel@yahoo.com.ar



M. A. Moarles-B.

AUTORES Y AFILIACIONES

Fundación Omacha, Colombia**Beyker Castañeda**

beykerandrescasta@gmail.com

Fundación Orinoquía, Puerto Carreño, Colombia**Jairo Fidel Novoa-Serna**

jaironovoaserna@gmail.com

Lina Ortiz-A.

linaortiza@gmail.com

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, Colombia**Astrid A. Acosta-Santos**

astridacostasantos@gmail.com

Edwin Agudelo-Córdoba

eagudelo@sinchi.org.co

Instituto de Biología Subtropical, Universidad Nacional de Misiones, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Puerto Iguazú, Misiones, Argentina**Luis O. Lucifora**

luis.lucifora@conicet.gov.ar

Instituto de Biología Subtropical, Universidad Nacional de Misiones, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas CONICET) -Centro de Investigaciones del Bosque Atlántico (CeIBA), Puerto Iguazú, Misiones, Argentina.**Agustín Solari**

kevianus@gmail.com

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt-IAvH, Colombia**Carlos A. Lasso**

classo@humboldt.org.co

María P. Baptiste E.

mpbaptiste@humboldt.org.co

Mónica A. Morales-Betancourt

mmorales@humboldt.org.co

Paula Sánchez-Duarte

psanchez@humboldt.org.co

Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana-IIAP, Loreto, Perú
Programa de Ecosistemas Acuáticos**Homero Sánchez**

hsanchez@iiap.org.pe

Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Amapá-IEPA, Brasil**Cecile de Souza Gama**

cecilegama@hotmail.com

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia -INPA, Brasil**Akemi Shibuya**

ashibuya.1@gmail.com

Jansen Zuanon

jzuanon3@gmail.com

Museo Nacional de Historia Natural, Colección Boliviana de Fauna, Bolivia**Jaime Sarmiento**

jsarmientotavel@gmail.com

jsarmientotavel@mnhn.gob.bo

Soraya Barrera

sorayabarrera@gmail.com

sbarreramaure@mnhn.gob.bo

Museum of New Zealand, Te Papa Tongarewa, Wellington, New Zealand**Mark Jones**

mfcabalone@hotmail.com

Parques Nacionales Naturales de Colombia**María T. Sierra-Quintero**

mtsqursa@gmail.com

Universidad Amazónica de Pando, Cobija, Bolivia**Hailin Calderón Vaca**

hailinictio@hotmail.com

Univesidad Autónoma del Beni “José Ballivián”, Trinidad, Bolivia

Centro de Investigación de Recursos Acuáticos del Beni-CIRA

Dennis Lizarro Zapata

dennis_frk@hotmail.com

Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno, Santa Cruz, Bolivia

Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado

Karina Osinaga

kosinaga@gmail.com

Universidad de los Andes, ColombiaLaboratorio de Ecología Molecular de Vertebrados Acuáticos - LEMVA
Departamento de Ciencias Biológicas**Mariana Renza-Millán**

marianarenza@gmail.com

Susana J. Caballero Gaitán

sj.caballero26@uniandes.edu.co

Universidad de los Llanos, ColombiaFacultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Programa de Biología - **Fundación Orinoquía, Puerto Carreño, Colombia****Natalia Álvarez-Perdomo**

natalia.alvarez@unillanos.edu.co

Universidad de los Llanos, Programa Doctorado en Ciencias Agrarias, Instituto de Acuicultura de los Llanos- **Fundación Orinoquía, Puerto Carreño, Colombia****Pedro René Eslava-Mocha**

pedro.eslava@unillanos.edu.co

Universidad del Tolima, Colombia**Francisco Villa-Navarro**

favilla@ut.edu.co

Universidad Mayor de San Marcos, Lima, Perú

Museo de Historia Natural (UNMSM)

Hernán Ortega

hortega.musm@gmail.com

Jessica Espino

jessespino@gmail.com

Max Hidalgo

mhidalgod@unmsm.edu.pe

Nicol Faustino

niky.faustini@yahoo.com

Silvia Valenzuela

silviavalenzuelar@gmail.com



M. A. Moarles-B.

AUTORES Y AFILIACIONES

Universidade de São Paulo, Brasil

Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências

João Paulo Capretz Batista da Silva

jpCBS@ib.usp.br

Marcelo R. de Carvalho

mrcarvalho@ib.usp.br

Thiago Loboda

loboda_bio@yahoo.com.br

Universidade Estadual Paulista-UNESP, Brasil

Câmpus do Litoral Paulista, Laboratório de Pesquisa de Elasmobrânquios

Otto Bismarck Fazzano Gadig

gadig@clp.unesp.br

Câmpus Experimental de Registro, Curso de Engenharia de Pesca, Câmpus do Litoral Paulista, Laboratório de Pesquisa de Elasmobrânquios

Domingos Garrone-Neto

garroneneto@registro.unesp.br

Faculdade de Medicina, Câmpus de Botucatu

Vidal Haddad Jr.

haddadjr@fmb.unesp.br

Instituto de Biociências, Câmpus de Botucatu

Virgínia Sanches Uieda

vsuieda@ibb.unesp.br

Universidade Federal da Paraíba-UFPB, Brasil

Departamento de Sistemática e Ecologia

Katherine P. Viana

katherineviana_94@hotmail.com

Ricardo de Souza Rosa

rsrosa@dse.ufpb.br

Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas

Cristiane A. Wanderley

criswanderley@gmail.com

Guilherme Moro

g-moro@uol.com.br

Viviana Márquez Velásque

viviomar@gmail.com

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul-UFMS, Brasil

Departamento de Ciências Naturais

Maria José Alencar Vilela

mjvilela@ceul.ufms.br

Universidade Federal do Rio Grande

Instituto de Ciências Biológicas
Setor de Morfologia
Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil

María Cristina Oddone

mcoddone@gmail.com

Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil

Laboratório de Morfologia Funcional,
Instituto de Ciências Biológicas

Wallice Paxiúba Duncan

wduncan@ufam.edu.br

Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Brasil

Laboratório de Dinâmica de Populações Marinhas – DIMAR.

Maria Lúcia Góes de Araújo

malugaraujo@gmail.com

Universidad Nacional de Colombia, sede Amazonia**Santiago Duque**

srduquee@unal.edu.co

University of Toronto Scarborough

Department of Biological Science

João Pedro Fontenelle

jp.fontenelle@mail.utoronto.ca

Wildlife Conservation Society, Bolivia**Guido Miranda Chumacero**

gmiranda@wcs.org

Gustavo Álvarez

galvarez@wcs.org

Dirección General de Protección y Conservación de la Biodiversidad, Secretaría del Ambiente, Asunción, Paraguay**Dario Mandelburger**

dariomandel@gmail.com



Playas del río Pilcomayo, Bolivia. Foto: S. Barrera.



AGRADECIMIENTOS

Los editores agradecen al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia y a los copatrocinadores de esta publicación, Defenders of Wildlife (DoW) y Humane Society International (HSI), por el apoyo brindado para la realización y publicación de este libro, especialmente a Alejandra Goyenechea (DoW) y Rebecca Regnery (HSI). A la Directora del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Brigitte L. G. Baptiste, así como a la Junta Directiva del IAvH, por haber respaldado la elaboración de este proyecto en el marco del Plan Operativo Anual 2016 del Programa de Ciencias de la Biodiversidad.

A los investigadores y amigos que nos permitieron usar sus fotografías: Adriano Gambarini, Fernando Trujillo, Sergio Bogan, Julie Larsen Maher, Mileniusz Spanowics, Lina María Córdoba Giraldo, María Alejandra Orozco Guarín, Cris Burmester, Victor Flores y Willy A. Montaña. Un reconocimiento especial a la artista Eliane Canetti por las ilustraciones de las rayas. A Viviana Márquez Velásquez, por ayudar a traducir los textos del portugués al español y por supuesto a Donald Taphorn por la elaboración del resumen y revisiones de los capítulos en inglés.

Marcelo R. de Carvalho agradece al Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (Gobierno Federal de Brasil) y Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) por el apoyo financiero.

Luis Lucifora (**Capítulo 6**) agradece por el financiamiento a los subsidios del PIP 11220120100054CO de CONICET y PICT 2014-0660 de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, ambos de Argentina. Franco Teixeira de Mello a Sistema Nacional de Investigadores-SNI (ANII) y al Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas-PEDECIBA.

Hugo Castello y Mark Jones (**Capítulo 7**) agradecen a Mariano Castex por facilitar información y datos para su inclusión en este trabajo, también por su lectura crítica del manuscrito y sugerencias realizadas. A Herald Britski por facilitar información sobre la colección del MZSP y a Roberto Esser dos Reis por sus comentarios sobre los Saltos del Moconá. A María Cristina Oddone y J. P. Castello por facilitar bibliografía. A Sergio Bogan por corregir este manuscrito y sugerir nuevas citas bibliográficas.

AGRADECIMIENTOS

La información sobre las especies de Bolivia se obtuvo gracias a las siguientes instituciones: American Museum of Natural History, New York; Auburn University Museum of Natural History; Centro de Investigación de Recursos Acuáticos del Beni-CIRA; Universidad Autónoma del Beni "José Ballivián", Trinidad, Bolivia; Colección Boliviana de Fauna (Convenio Museo Nacional de Historia Natural - Instituto de Ecología) La Paz, Bolivia; FAUNAGUA, Cochabamba, Bolivia; Field Museum of Natural History; Museo de Historia Natural Pedro Villalobos-Universidad Amazónica de Pando, Cobija, Bolivia; Museo Nacional de Historia Natural, Francia; Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia; National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; Texas A. & M. University Biodiversity Research and Teaching Collection; Unidad de Limnología y Recursos Acuáticos (ULRA), UMSS, Cochabamba, Bolivia; University of Michigan Museum of Zoology; Wildlife Conservation Society, Bolivia.

Domingos Garrone Neto (**Capítulo 9**) agradece a los investigadores y pescadores que colaboraron con la información sobre las rayas del Alto Paraná o que participaron en las salidas campo, especialmente a Domingo Rodríguez Fernández, Ivan Sazima, Ricardo de Souza Rosa, João Luiz Costa Cardoso y Marcos Silveira da Teixeira. El apoyo financiero fue del Consejo Nacional de Desarrollo Científico Tecnológico (DGN grant#142985/2005-8 y OBFG grant#307192/2009-1) y de la Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP; grant#2010/10583-1 e grant#2011/18513-9).

Guillermo Moro (**Capítulo 10**) agradece a Cristiane Wanderley, Patricia Charvet,

Telton Ramos y Anderson Feijó por el apoyo en campo en la recolección, preparación y fotografía de especímenes.

Paola Mejía (**Capítulo 12**) agradece a los pescadores, tecnólogos pesqueros y profesionales que apoyaron el trabajo a lo largo de la cuenca del Magdalena. A. D. Amariles, M. A. Orozco, D. Córdoba Flórez, J. H. Pérez Restrepo y E. Giraldo Velasco por su colaboración en campo y/o laboratorio. Al Parque Explora por la información suministrada sobre el mantenimiento de crías en cautiverio. Los resultados presentados han sido desarrollados a través de proyectos co-financiados por la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), Conservación Internacional-Colombia, Colciencias, Iniciativa de Especies Amenazadas (Becas IEA-Fundación Omacha) e Idea Wild.

Los autores del **Capítulo 13** agradecen a los pescadores de Puerto Carreño Clímaco Unda, Rodamir Unda, Homar, Wilson Aya y Ester Marín y María Marín, por apoyarnos y compartir todo su conocimiento con nosotros. Igualmente a la Fundación Omacha (Fernando Trujillo).

Astrid Acosta (**Capítulo 14**) agradece a Ricardo S. Rosa y Carlos A. Lasso por la buena disposición y colaboración durante la identificación de algunos de los ejemplares colectados, a Fernando Trujillo por el apoyo logístico de la Fundación Omacha en Puerto Nariño y a Tatiana Meneses, de la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca AUNAP.

Mariana Renza y colaboradores (**Capítulo 15**) agradecen por el financiamiento al fondo de investigaciones de la Universidad del Tolima, al fondo de becas Colombia Biodiversa de la Fundación Alejandro

Ángel Escobar, al Laboratorio de Ecología Molecular de Vertebrados Acuáticos de la Universidad de los Andes y al Instituto Alexander von Humboldt.

Jairo Novoa Serna (**Capítulo 16**), agradece a Steven Jensen y Cristian (padre e hijo), fundadores de la Fundación Orinoquía. A la familia Novoa Serna, por su compromiso y colaboración en estos proyectos que buscan la conservación de nuestra biodiversidad; contar con los conocimientos y experiencias del reconocido pescador Álvaro Novoa Serna ha sido un honor.

Los autores del **Capítulo 17** y el IAvH, agradecen a todas las personas que participaron e hicieron posible el "Taller de rayas de agua dulce, octubre 2014", entre ellas: Adriana Rivera del Programa Regional Amazonia (BMZ/DGIS/GLZ) - PARA; Alejandra Goyenechea - Defenders of Wildlife; Rebecca Regnery - Humane Society International; Marcel Calvar - Representante Regional de Centro, Sur América y el Caribe del Comité de Fauna; David Morgan - Secretaría Cites; Gustavo E. Chiaramonte de la División de Ictiología, Estación Hidrobiológica de Puerto Quequén - Argentina; Henrique Anatole- IBAMA, Brasil; Marcelo Bassols

- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Brasil; Ricardo Rosa - Universidade Federal da Paraíba, Brasil; Soraya Barrera - Colección Boliviana de Fauna (MNHN-IE), Bolivia; Dennis Lizarro-Universidad Autónoma del Beni "José Ballivián", Bolivia; Jonathan Valdivieso-Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales, Ecuador; Pablo Arguello-Escuela Politécnica Nacional, Ecuador; Darío Mandelburger-Dirección de Pesca y Acuicultura, Paraguay; Iván Vásquez-Natura Vita, Paraguay; Hernán Ortega-Universidad Mayor de San Marcos, Perú; Antonio Machado-Allison-Universidad Central de Venezuela, quien además lideró el Taller y organizó las memorias respectivas, que son base parcial del capítulo; Aniello Barbarino - Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Venezuela. En Colombia a: Carlos A. Lasso y Mónica A. Morales-Betancourt-Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt; José Iván Mojica-Universidad Nacional de Colombia; Jaime González-Acolpeces; Paola Mejía y Luis Muñoz- Fundación Squalus; Tatiana Meneses-AUNAP; Claudia Sánchez - Ministerio de Agricultura; Natalia Garcés y Antonio Gómez - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Melissa Laverde - Ministerio de Relaciones Exteriores.



M. A. Morales-B.



RESUMEN EJECUTIVO

En el marco del Plan Operativo Anual (2016) del Programa de Biología de la Conservación del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt-IAvH, se llevó a cabo la iniciativa “Rayas de agua dulce (*Potamotrygonidae*) de Suramérica. Parte II: Colombia, Brasil, Perú, Bolivia, Paraguay, Uruguay Argentina”, proyecto que forma parte de una línea de trabajo a largo plazo sobre los recursos hidrobiológicos y pesqueros de Colombia y Suramérica. Este proceso editorial y de investigación lo lideraron el IAvH de Colombia y tres universidades brasileñas: Universidade Federal da Paraíba, Universidade Estadual Paulista-UNESP y Universidade de São Paulo. Contó con la participación de 67 investigadores que aportaron información al documento, vinculando a 32 organizaciones (universidades, ONG, autoridades pesqueras, entre otras), de siete países.

El libro es la continuación de una iniciativa de hace ya unos años (2012), donde varios países del área de distribución de la familia, decidieron unirse al ver como este recurso estaba disminuyendo o bien, era prácticamente desconocido. Este grupo tiene un gran impacto principalmente por

su importancia como recurso pesquero ornamental, aunque también se usa como alimento, en la pesca deportiva y tiene incidencia en la salud pública. Para poder mitigar la posible sobreexplotación, surgió la necesidad de regular el comercio e intentar convertir la pesca ornamental de rayas en una actividad sostenible. Por ello, desde 2012 el IAvH junto a varios países propusieron la inclusión de varias especies al Apéndice III de Cites. Una de las limitantes de esta propuesta y por la cual no prosperó en su inicio, fue la falta de información sobre las especies. Así, en respuesta inmediata a esta limitante el IAvH convocó a los países acompañantes de la propuesta Cites y se propusieron dos tareas como prioritarias; 1) la compilación de la información que existía hasta el momento y 2) la toma de nueva información sobre las especies. La compilación de la información que existía en el momento fue publicada en 2013 en el libro: *Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I: Colombia, Venezuela, Ecuador Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación*. Ahora después de cuatro años y tomando en cuenta esta nueva información, se reúnen nuevamente a



M. A. Morales-B.

RESUMEN EJECUTIVO

los investigadores de los países donde se distribuyen estas especies para esta nueva publicación.

Hasta el momento se reconocen, 31 especies descritas de rayas de agua dulce en la familia Potamotrygonidae: *Heliotrygon* (2 sp.), *Paratrygon* (1 sp.), *Plesiotrygon* (2 sp.) y *Potamotrygon* (26 sp.). Dos especies marinas del nuevo género *Styracura* Carvalho, Loboda y Silva 2016, establecido para las *Himantura* anfi-americanas (*H. scharmardae* y *H. pacifica*), han sido incluidas recientemente en la familia Potamotrygonidae.

Brasil es el país con la mayor riqueza (24 sp.), seguido de Colombia (11 sp.), Perú (10 sp.), Argentina y Paraguay (6 sp.), Bolivia, Venezuela y Ecuador (5 sp. c/u), Uruguay y Surinam (3 sp.) y finalmente las Guayanas (Guyana y Guayana Francesa), con dos especies cada uno. En estos dos años se describieron siete especies y una ahora no es válida, *Potamotrygon dumerilii*, que es considerada sinonimia de *Potamotrygon orbignyi*. No obstante, es importante mencionar que todavía hay muchos vacíos espaciales en cuanto a los muestreos. La cuenca con mayor riqueza es la del Amazonas (22 sp.), Paraguay (7 sp.), Paraná (6 sp.), Orinoco (5 sp.), Parnaíba (3 sp.), Uruguay y Essequibo (2 sp.) y Surinam, Mearin, Maracaibo, Corantin, Inini, Maroni, Oyapoc, Tampoc, Magdalena y Atrato, con una especie cada una.

El libro cuenta con 19 capítulos. La primera parte está enfocada en aspectos generales de la familia Potamotrygonidae, donde se tratan temas novedosos como las adaptaciones fisiológicas que tienen las rayas para poder vivir en el agua dulce (Capítulo 1). Luego se presenta un análisis del estado del arte en relación a los hábitos

alimenticios y alimentarios de la familia (Capítulo 2), así como lo relacionado con los parásitos que afectan a este grupo (Capítulo 3).

En la segunda parte, el cuarto capítulo, actualiza y muestra las claves taxonómicas para la identificación de las especies del género *Potamotrygon* de la cuenca Paraná-Paraguay, así como de las especies amazónicas y peri-amazónicas. El quinto capítulo incluye las fichas de 13 especies, siete descritas recientemente y seis que complementan las fichas de 2013 con la información de Argentina, Bolivia, Paraguay y Uruguay. Dichas fichas consideran toda la información disponible sobre la taxonomía de la especie (diagnóstico, validez, sinonimias); distribución geográfica; talla y peso; hábitat; alimentación; aspectos reproductivos; usos; aspectos pesqueros; comercialización, marco normativo, estatus de conservación y amenazas.

La tercera parte se refiere a casos de estudios discriminados por países, comenzando con Argentina, Paraguay y Uruguay con un capítulo sobre las especies presentes, sus usos y estado de conservación (Capítulo 6). Luego se hace énfasis en la raya gigante o raya boba (*Potamotrygon brachyura*) del río Paraná medio, Argentina (Capítulo 7). Le sigue una síntesis del conocimiento actual sobre la composición, distribución y principales aspectos de la ecología de las rayas de Bolivia (Capítulo 8). Para el caso de Brasil, se presentan tres capítulos: las rayas del alto Paraná, donde se abarca el tema particular de los efectos de la construcción de una hidroeléctrica en la distribución de las rayas (Capítulo 9). Se presenta un estudio de *Potamotrygon signata*, especie endémica de la cuenca del río Parnaíba (Capítulo 10)

y finalmente, una investigación de *Potamotrygon wallacei* endémica de la cuenca de Río Negro (Capítulo 11). Para Colombia se presentan los avances del conocimiento de la ecología, pesquerías y el manejo *ex situ* de la raya endémica del país, *Potamotrygon magdalenae* (Capítulo 12), así como la nueva información de taxonomía y bioecología de las especies que se distribuyen en las cuencas del Orinoco (Capítulo 13) y del Amazonas (Capítulo 14). También incluye el estudio de la estructura poblacional y diversidad genética de *Potamotrygon motoro* en las cuencas del Orinoco y Amazonas (Capítulo 15) y un capítulo sobre ensayos en cautiverio, que aporta elementos para su manejo, alimentación y reproducción en *ex situ* (Capítulo 16). El último caso de estudio es de Perú, que presenta un panorama sobre la bioecología y aspectos pesqueros de las rayas de Loreto (Capítulo 17).

La cuarta parte, incluye un capítulo (18) donde se presenta un resumen de la legislación vigente en Argentina, Paraguay y Uruguay, así como la evolución que ha tenido la propuesta de uso comercial de las especies de rayas de agua dulce en el marco de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre-Cites. El libro finaliza con una serie de conclusiones y recomendaciones para la conservación, derivadas del análisis de toda la información compilada (Capítulo 19).

En la tabla 1 se sintetiza toda la información disponible sobre la distribución, historia natural, uso y categoría de amenaza para las 13 especies de rayas consideradas en este volumen. En la tabla 2 se muestra el listado de todas las especies de rayas de Suramérica y su distribución por países y cuencas hidrográficas.

RESUMEN EJECUTIVO

Tabla 1. Resumen de la información geográfica, historia natural, uso y categoría de amenaza para las 13 especies de rayas consideradas. Para mayor detalle ver fichas de especies.

Especie	Países	Cuencas	Talla máx. AD (mm)	Peso máx. (kg)	Hábitos alimenticios	TMS M (mm)	Reproducción			Categoría de amenaza
							TMS H (mm)	FO (óvulos)	FU (embriones)	
<i>Potamotrygon albimaculata</i>	Br	Am	544	10 (promedio)	Ent-Mal	541			1 a 4	NE
<i>Potamotrygon amandae</i>	Ar, Br, Bo, Pa	Am, Pa, Pg	363		Ent-Mal	232				NE
<i>Potamotrygon brachyura</i>	Ar, Br, Pa, Su	Pa, Pg, Ur	200	220	Ic-Mal-Ent-Car				1 a 19 (30)	Pd, AI
<i>Potamotrygon falkneri</i>	Ar, Br, Bo, Pa, Pe, Ur	Am, Pa, Pg	630	15,8	Ic					DD-global DD (Br)
<i>Potamotrygon histrix</i>	Ar, Br, Pa	Pa, Pg	521		Ic-Ent					DD-global LC (Br)
<i>Potamotrygon jabuti</i>	Br	Am	490						1 a 4	NE-global DD (BR)
<i>Potamotrygon limai</i>	Br	Am	648							NE
<i>Potamotrygon motoro</i>	Ar, Co, Br, Bo, Ec, Gu, Pe, Ur, Ve	Am, Es, Me, Or, Pr, Pa, Pg, Ur	490	20	Car	400			10	DD-global, LC (Br), VU (Col)
<i>Potamotrygon pantanensis</i>	Br, Pa	Pg	336			181				NE
<i>Potamotrygon rex</i>	Br	Am	690	20	Ent	370				NE
<i>Potamotrygon schuhmachi</i>	Ar, Br, Pa	Pa, Pg	280							NE
<i>Potamotrygon signata</i>	Br	Pr	604	1,7	Ent	170			1 a 3	NE
<i>Potamotrygon wallacei</i>	Br	Am	263		Car-Ent	142				NE

Países: Ar (Argentina), Bo (Bolivia), Br (Brasil), Col (Colombia), Ec (Ecuador), GF (Guayana Francesa), Gu (Guyana), Pa (Paraguay), Pe (Perú), Su (Surinam), Ur (Uruguay), Ve (Venezuela).
Cuencas: Am (Amazonas), Ams (Amapá), Ap (Approuague), At (Atrato), Car (Caribe), Cor (Corantijn), Es (Essequibo), In (Inini), La (Lawa), Mg-Ca (Magdalena - Cauca), Mar (Maroni), Mbo (Maracaibo), Me (Mearim), Or (Orinoco), Oy (Oyapoc), Pa - Pg (Paraná - Paraguay), Pr (Paranaíba), Ur (Uruguay), Su (Surinam), Ta (Tampoc), To (Tocantins).
Hábitos alimenticios: Car (carcinófago), Ent (entomófago), Ic (ictiófago), Mal (malacófago), Pol (poliquetófago).
Reproducción: TMS (talla madurez sexual), FO (fecundidad ovárica), FU (fecundidad uterina).
Uso: Al (alimenticio), Me (medicinal), Orn (ornamental), Pd (pesca deportiva).
Categoría de amenaza: DD (Datos Deficientes), LC (Preocupación Menor), VU (Vulnerable).

Tabla 2. Lista de la especies de rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de América del Sur y su distribución por países y cuencas.

Especie	Argentina	Colombia	Brasil	Bolivia	Ecuador	Guayana	Guayana Francesa	Paraguay	Perú	Surinam	Uruguay	Venezuela	Cuencas
<i>Heliotrygon gomesi</i>		x	x	x	x				x				Amazonas
<i>Heliotrygon rosai</i>			x	x					x				Amazonas
<i>Paratrygon aieriba</i>		x	x	x	x				x				Amazonas, Orinoco
<i>Plesiotrygon iwamae</i>		x	x	x	x				x				Amazonas
<i>Plesiotrygon nana</i>		x	x	x					x				Amazonas
<i>Potamotrygon albimaculata</i>			x	x									Amazonas, Paraná, Paraguay
<i>Potamotrygon amandae</i>	x		x	x				x		x			Corantin
<i>Potamotrygon boesemani</i>			x	x									Paraná, Paraguay, Uruguay
<i>Potamotrygon brachyura</i>	x		x	x				x					Amazonas
<i>Potamotrygon constellata</i>		x	x	x									Amazonas, Paraná, Paraguay
<i>Potamotrygon falkneri</i>	x		x	x				x					Amazonas
<i>Potamotrygon henlei</i>			x	x									Paraná, Paraguay
<i>Potamotrygon histrix</i>	x		x	x				x					Amazonas
<i>Potamotrygon humerosa</i>			x	x									Amazonas
<i>Potamotrygon jabuti</i>			x	x									Amazonas
<i>Potamotrygon leopoldi</i>			x	x									Amazonas
<i>Potamotrygon limai</i>			x	x									Amazonas
<i>Potamotrygon magdalenae</i>		x											Atrato, Magdalena
<i>Potamotrygon marinae</i>										x			Inini, Maroni, Oyapoc, Tampoc
<i>Potamotrygon motoro</i>	x	x	x	x	x		x		x				Amazonas, Essequibo, Mearim, Orinoco, Paranaíba, Paraná, Paraguay, Uruguay
<i>Potamotrygon orbigny</i>		x	x	x			x		x				Amazonas, Essequibo, Orinoco, Paranaíba, Surinam
<i>Potamotrygon pantanensis</i>			x	x				x					Paraguay
<i>Potamotrygon rex</i>			x	x									Amazonas

M. A. Morales-B.



RESUMEN EJECUTIVO

Tabla 2. Continuación.

Especie	Argentina	Colombia	Brasil	Bolivia	Ecuador	Guayana	Guyana Francesa	Paraguay	Perú	Surinam	Uruguay	Venezuela	Cuencas
<i>Potamotrygon schroederi</i>		x	x									x	Amazonas, Orinoco
<i>Potamotrygon schuhmacheri</i>	x		x					x					Paraná, Paraguay
<i>Potamotrygon scobina</i>		x	x		x								Amazonas, Orinoco
<i>Potamotrygon signata</i>			x										Parnaíba
<i>Potamotrygon tatiánae</i>				x					x				Amazonas
<i>Potamotrygon tigrina</i>									x				Amazonas
<i>Potamotrygon wallacei</i>			x										Amazonas
<i>Potamotrygon yepezi</i>		x										x	Maracaibo

M. A. Morales-B.



EXECUTIVE SUMMARY

Within the framework of the Annual Operational Plan (2016) of the Conservation Biology Program of the Alexander von Humboldt-IAvH Biological Resources Research Institute, a new book: “Freshwater Stingrays (Potamotrygonidae) of South America. Part II: Colombia, Brazil, Peru, Bolivia, Paraguay, Uruguay and Argentina” has been created as a result of a project that forms part of a long-term line of research on the hydrobiological and fishing resources of Colombia and South America. The editorial process was led by the IAvH of Colombia and three Brazilian universities: Universidade Federal da Paraíba, Universidade Estadual Paulista-UNESP and Universidade de São Paulo. It includes contributions from 67 research scientists representing 32 organizations (universities, NGOs, fishing authorities, among others) from seven countries.

The book is the continuation of an initiative started a few years ago (2012) when several countries, home to freshwater stingrays, decided to join forces after seeing how this resource was declining or was virtually unknown. Freshwater stingrays main impact derives from their importance as ornamental fishes,

although some are also used as food, in sport fishing and have an impact on public health. In order to mitigate possible over-exploitation, there was a need to regulate trade and to try to convert ornamental ray-fishing into a sustainable activity. Therefore, since 2012 the IAvH together with several countries proposed the inclusion of probably endangered stingray species in Appendix III of CITES. One of the limitations of that proposal and one of the reasons it did not initially succeed, was the lack of information. Thus, in immediate response to this limitation, IAvH convened the countries that participated in the CITES proposal and proposed two tasks as priorities; 1) the compilation of existing stingray information; and 2) the generation of new information on the species. The compilation of all available information that existed at that time was published in 2013 in the book: Freshwater Stingrays (Potamotrygonidae) of South America. Part I: Colombia, Venezuela, Ecuador, Peru, Brazil, Guyana, Suriname and French Guiana: Use and Conservation. Now, after four years, and taking into account new information, researchers from the countries where these species are found have produced this new publication.



M. A. Morales-B.

EXECUTIVE SUMMARY

To date, 31 South American freshwater stingray species (Potamotrygonidae) have been described in the following genera: *Heliotrygon* (2 sp.), *Paratrygon* (1 sp.), *Plesiotrygon* (2 sp.) and *Potamotrygon* (26 sp.). Two marine species of the new genus *Styracura* Carvalho, Loboda and Silva 2016, established for the anfi-american *Himantura* (*H. scharmardae* and *H. pacifica*), have recently been included in the family Potamotrygonidae.

Brazil is the country with the highest species richness (24 sp.), followed by Colombia (11 sp.), Argentina and Paraguay (6 sp.), Bolivia, Venezuela and Ecuador (5 sp. each), Uruguay and Suriname (3 sp.) and finally the Guianas (Guyana and French Guiana), with two species each. During the last two years seven species were described and one is no longer considered valid (*Potamotrygon dumerilii* is a synonym of *Potamotrygon orbignyi*). However, it is important to mention that there are still many regions that have never been surveyed for stingrays. The basin with the greatest species richness is the Amazon (22 sp.), followed by Paraguay (7 sp.), Paraná (6 sp.), Orinoco (5 sp.), Parnaíba (3 sp.), Essequibo and Uruguay (2 sp.), and Surinam, Inini, Maroni, Oyapock, Tampock, Mearin, Magdalena, Atrato, and Maracaibo with one species each.

The book has 19 chapters. The first part focuses on general aspects of the family Potamotrygonidae, where novel subjects such as the physiological adaptations of stingrays to live in fresh water are discussed (Chapter 1). Then comes a state of the art analysis of their diet and feeding habits (Chapter 2), and the parasites that affect this group (Chapter 3).

The second part, the fourth chapter, updates and has taxonomic keys for the

identification of the species of the genus *Potamotrygon* of the Paraná-Paraguay basin, as well as for the Amazonian and peri-Amazonian species. The fifth chapter includes species accounts for 13 species, seven recently described and six that complement those published in volume 1 (2013) with information on the species found in Argentina, Bolivia, Paraguay and Uruguay. These accounts include all available information on the taxonomy of the species (diagnosis, validity, and synonyms), geographic distribution, length and weight, habitat, feeding, reproductive aspects, uses, fisheries aspects, commercialization, regulatory framework, conservation status and threats.

The third part of the book details case studies arranged by country, beginning with Argentina, Paraguay and Uruguay with a chapter on the species present, their uses and conservation status (Chapter 6). Emphasis is then placed on the giant stingray, *Potamotrygon brachyura*, of the middle Paraná River in Argentina (Chapter 7). Next you'll find a synthesis of current knowledge on the composition, distribution and main aspects of the ecology of the stingrays of Bolivia in Chapter 8. For Brazil, three chapters are presented: the stingrays of the upper Paraná River, which covers the impacts of the construction of a hydroelectric dam within the stingrays' home range (Chapter 9). Chapter 10 gives a review of *Potamotrygon signata*, an endemic species of the Parnaíba River drainage and in Chapter 11 a study of *Potamotrygon wallacei*, endemic to the Rio Negro drainage (Chapter 11) is presented. For Colombia recent advances in our knowledge of the ecology, fisheries and the ex situ management of a ray endemic to that country, *Potamotrygon magdalenae*,

are covered in Chapter 12. New information on the taxonomy and bioecology of the stingray species that occur in the Orinoco (Chapter 13) and the Amazon (Chapter 14) basins is presented next. This section also includes a study of the population structure and genetic diversity of *Potamotrygon motoro* in the Orinoco and Amazon basins (Chapter 15) and a chapter on captive trials that provides information on their management, feeding and breeding in confinement (Chapter 16). The last case study is from Peru, which presents an overview of the bioecology and fishing aspects of rays found in Loreto (Chapter 17).

The fourth part includes a chapter (18) which presents a summary of the

legislation in force in Argentina, Paraguay and Uruguay, as well as the evolution of the commercial use of freshwater species in the framework of The Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES). The book concludes with a series of conclusions and recommendations for conservation, derived from the analysis of all the information compiled (Chapter 19).

Table 1 (pag. 28) summarizes all available information on the distribution, natural history, use and threat category for each of the 13 species of rays considered in this volume. Table 2 (pag. 29) shows the list of all South American freshwater stingray and their distribution by countries and river basins.



Caño Caimán, afluente río Inirida, Orinoquia colombiana. Foto: M. A. Morales-B.

A. Gambartini



SUMARIO EXECUTIVO

No âmbito do Plano Operacional Anual (2016) do Programa de Biologia da Conservação do Instituto de Investigação de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt - IAvH, teve lugar a iniciativa “Raias de água doce (Potamotrygonidae) da América do Sul. Parte II: Colômbia, Brasil, Peru, Bolívia, Paraguai, Uruguai e Argentina”, projeto que faz parte de uma linha de trabalho a longo prazo sobre recursos aquáticos e pesqueiros da América do Sul e Colômbia. Este processo editorial é liderado pelo IAvH da Colômbia e três universidades brasileiras: Universidade Federal da Paraíba, Universidade Estadual Paulista-UNESP e Universidade de São Paulo. O projeto contou com a participação de 67 pesquisadores que forneceram informações para o documento, vinculados a 32 organizações (universidades, ONGs, autoridades de pesca, entre outros), em sete países.

O livro é a continuação de uma iniciativa de alguns anos atrás (2012), quando vários países da área de distribuição da família, decidiram juntar-se ao verificar como esse recurso estava em declínio ou que ele era praticamente desconhecido. Este grupo tem uma grande importância

principalmente como recurso pesqueiro ornamental, mas também é usado como alimento, na pesca esportiva e tem um impacto sobre a saúde pública. Para mitigar a possível sobre-exploração, tornou-se necessário regular o comércio e tentar transformar a pesca ornamental de raias em uma atividade sustentável. Portanto, a partir de 2012, o IAvH com vários países, propuseram a inclusão de várias espécies no Apêndice III da Cites. Uma das limitações desta proposta, e que fez com que a mesma não avançasse desde seu início, foi a falta de informações sobre as espécies. Assim, em resposta imediata a esta limitação, o IAvH convocou os países parceiros da proposta Cites e elencou duas tarefas como prioritárias; 1) a compilação de informações que existiam até o momento e 2) a obtenção de novas informações sobre as espécies. A compilação de informações que existia na época foi publicada em 2013 no livro: Raias de água doce (Potamotrygonidae) América do Sul. Parte I: Colômbia, Venezuela, Equador Peru, Brasil, Guiana, Suriname e Guiana Francesa: a diversidade, a bio-ecologia, uso e conservação. Agora, depois de quatro anos e tendo em conta as novas informações, reuniram-se novamente os pesquisadores



M. A. Morales-B.

SUMARIO EXECUTIVO

dos países onde estão distribuídas estas espécies, para esta nova publicação.

Até o momento são reconhecidas 31 espécies de raias (Potamotrygonidae): *Heliotrygon* (2 sp.), *Paratrygon* (1 sp.), *Plesiopygion* (2 sp.) e *Potamotrygon* (26 sp.). Duas espécies marinhas do novo gênero *Styracura* Carvalho, Loboda e Silva 2016, estabelecido para as *Himantura* anfí-americanas (*H. scharmdae* e *H. pacifica*), foram recentemente incluídas na família Potamotrygonidae.

O Brasil é o país com a maior riqueza (24 sp.), seguido pela Colômbia (11 sp.), Peru (10 sp.), Argentina e Paraguai (6 sp.), Bolívia, Venezuela e Ecuador (5 sp. c/u), Uruguai e Suriname (3 sp.) e, finalmente, as Guianas (Guiana e Guiana Francesa), com duas espécies cada. Nestes dois últimos anos, sete espécies novas foram descritas e *Potamotrygon dumerilii* foi considerada sinônimo de *Potamotrygon orbignyi*. No entanto, é importante mencionar que existem ainda muitas lacunas em termos de amostragem espacial e até mesmo sobre o grupo, com diversas espécies por descrever. A bacia, com a maior riqueza é a do Amazonas (22 spp.), Paraguai (7 sp.), Paraná (6 sp.), Orinoco (5 sp.), Parnaíba (3 sp.) Uruguai e Essequibo (2 sp.) e Surinam, Mearim, Maracaibo, Corantin, Inini, Maroni, Oiapoque, Tampoc, Madalena e Atrato, com uma espécie cada.

O livro conta com 19 capítulos. A primeira parte é focada em aspectos gerais da família Potamotrygonidae, onde se tratam temas atuais como adaptações fisiológicas que as espécies têm para viver em água doce (Capítulo 1). Em seguida, são apresentadas análises do estado da arte em relação aos hábitos alimentares encontrados na família (Capítulo 2) e sobre os parasitas que afetam esse grupo (Capítulo 3).

A segunda parte, o quarto capítulo, traz chaves taxonômicas atualizadas para identificar espécies do gênero *Potamotrygon* da bacia do Paraná-Paraguai, assim como das espécies do Amazonas e peri-amazônicas. O quinto capítulo contém fichas de 13 espécies, sete recentemente descritas e seis que complementam as fichas de 2013, com informações da Argentina, Bolívia, Paraguai e Uruguai. Essas fichas consideram todas as informações disponíveis sobre a taxonomia das espécies (diagnóstico, validade, sinônimos); distribuição geográfica; tamanho e peso; habitat; alimentação; aspectos reprodutivos; usos; aspectos pesqueiros; comercialização, marco normativo, estado de conservação e ameaças.

A terceira parte aborda estudos de caso discriminados por país, começando com a Argentina, Paraguai e Uruguai, com um capítulo sobre as espécies, seus usos e estado de conservação (Capítulo 6). Em seguida se dá ênfase na raia cabeçuda ou gigante *Potamotrygon brachyura* do rio Paraná médio, Argentina (Capítulo 7). Ele é seguido por uma síntese do conhecimento atual sobre a composição, distribuição e principais aspectos da ecologia das raias da Bolívia (Capítulo 8). Para o Brasil, três capítulos são apresentados: sobre o Alto Paraná, abordando a questão específica dos efeitos da construção de uma usina hidrelétrica na distribuição das raias (Capítulo 9); uma revisão de *Potamotrygon signata*, espécie endêmica da bacia do rio Parnaíba (Capítulo 10) e, finalmente, um estudo de *Potamotrygon wallacei*, espécie endêmica da bacia do Rio Negro (Capítulo 11).

Para a Colômbia, se apresentam os avanços no conhecimento da ecologia, das pescarias e do manejo *ex-situ* da espécie endêmica, *Potamotrygon magdalena* (Capítulo 12),

bem como novas informações sobre a taxonomia e bioecologia das espécies distribuídas nas bacias do Orinoco (Capítulo 13) e Amazonas (Capítulo 14). Também inclui um estudo da estrutura populacional e diversidade genética de *Potamotrygon motoro* no Orinoco e Amazonas (Capítulo 15) e um capítulo sobre os ensaios em cativeiro fornece elementos para manejo, alimentação e criação em confinamento (Capítulo 16). O estudo último caso é o Peru, que apresenta um panorama da bioecologia e aspectos pesqueiros das raias de Loreto (Capítulo 17).

A quarta parte, inclui um capítulo (18) contendo um resumo da legislação vigente na Argentina, Paraguai e Uruguai, bem

como o avanço das propostas de uso comercial de espécies de raias de água doce dentro do marco normativo da Convenção sobre o Comércio Internacional de Espécies Ameaçadas da Fauna e da Flora - Cites. O livro termina com uma série de conclusões e recomendações para conservação, derivada da análise de toda a informação compilada (Capítulo 19).

A tabela 1 (pag. 28) sintetiza toda a informação disponível sobre a distribuição, história natural, o uso e as categorias de ameaça para as 13 espécies de raias consideradas neste volume. A tabela 2 (pag. 29) mostra a lista de todas as espécies de raias da América do Sul e sua distribuição por países e bacias hidrográficas.



INTRODUCCIÓN

Ricardo Rosa, Marcelo R. de Carvalho y Carlos A. Lasso

Las rayas neotropicales (familia Potamotrygonidae) representan un grupo único entre los peces elasmobranquios recientes, debido a su hábitat restringido y obligatorio en agua dulce (Rosa 1985, Rosa *et al.* 2010, Lucífora *et al.* 2015). Varios de los caracteres morfológicos y fisiológicos exclusivamente derivados de sus miembros, están directamente relacionados con su historia evolutiva en agua dulce y representan adaptaciones a este ambiente. Dichos caracteres incluyen la reducción de la glándula rectal (glándula rectal vestigial), la supresión de la retención de urea y la reducción de las ampollas de Lorenzini y los canales asociados (Thorson *et al.* 1983, Rosa 1985, Rosa *et al.* 2010, Lucifora *et al.* 2015). No obstante, algunas especies parecen ser tolerantes a ambientes moderadamente salinos, como *Plesiotrygon iwamae* en el bajo Amazonas y especies del género *Potamotrygon* en el Lago de Maracaibo y el delta del Orinoco (Charvet-Almeida 2001, Rodríguez-Guerra *et al.* 2008, Rosa *et al.* 2010, Lasso *et al.* 2013b).

Son conocidos cuatro géneros entre los potamotrigónidos (*Paratrygon* Duméril

1865, *Potamotrygon* Garman 1877, *Plesiotrygon* Rosa, Castello y Thorson 1987 y *Heliotrygon* Carvalho y Lovejoy 2011) y 28-32 especies, con alrededor de 10 especies no descritas (Lucífora *et al.* 2015). El trabajo taxonómico reciente dio lugar a la descripción de un nuevo género *Heliotrygon* (Carvalho y Lovejoy 2011) y varias nuevas especies de potamotrigónidos (Rosa *et al.* 2008, Carvalho y Ragno 2011, Carvalho *et al.* 2011, Silva y Carvalho 2011). Una importante recopilación de la taxonomía de las especies amazónicas y de otros aspectos inéditos sobre la biología, ecología, uso, conservación y aspectos históricos y médicos, se presentó en el primer volumen de esta Serie (Lasso *et al.* 2013a). No obstante, varias especies nuevas de la cuenca amazónica han sido descritas después de su publicación (Carvalho 2016a, 2016b, Carvalho *et al.* 2016a) o se han hecho revisiones de “complejos” de especies (Loboda y Carvalho 2013, Silva y Carvalho 2015), por lo que es fundamental y necesaria una actualización. Además, de acuerdo con las metas futuras y recomendaciones presentadas en el primer volumen, en esta

INTRODUCCIÓN

segunda parte se consideran las especies e información biológica, ecológica, pesquera etc., de las otras cuencas del área de distribución de la familia Potamotrygonidae, incluyendo la cuenca del Paraná-Paraguay en Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay.

Los potamotrigónidos presentan una amplia distribución en Suramérica y están presentes en la mayoría de las cuencas que drenan al océano Atlántico y al Mar Caribe, con la excepción de todos los drenajes costeros al sur del Río Parnaíba en Brasil y las cuencas de la costa Atlántica al sur del Río de La Plata (Rosa *et al.* 2010). Sin embargo, áreas extensas de las cuencas del Amazonas, Paraná-Paraguay, así como varios de los drenajes costeros en el norte de Suramérica, incluyendo el alto Orinoco y las Guayanas, no han sido muestreadas adecuadamente, lo que resulta en un conocimiento taxonómico incompleto del grupo. Prueba de ello es la existencia de varias especies nuevas en espera de su descripción, algunas de ellas representadas por unos pocos individuos en colecciones.

Un gran desafío en la preparación de este volumen fue la grave y sorpresiva falta de especímenes preservados y datos biológicos de los potamotrigónidos en áreas muy extensas de la cuenca Paraná-Paraguay, particularmente en Bolivia, Paraguay y Uruguay. Incluso la zona más estudiada del bajo río Paraná en Argentina, donde una producción muy profusa y relevante de Castex y colaboradores surgió en los años sesenta (ver p. e. Castex 1963a, 1963b, 1963c, 1964a, 1964b, Castex y Castello 1969, Castello y Yagolkowski 1969), todavía tiene vacíos enormes de conocimiento y algunas colecciones importantes de ese tiempo se perdieron,

incluyendo los ejemplares tipo (ver Capítulos 6 y 7).

Además, apenas se está empezando a muestrear de forma más estandarizada en estas áreas y es necesario realizar esfuerzos adicionales, no sólo para tener series comparables de especímenes preservados, sino tomar muestras de tejidos para estudios moleculares, que permitan comparar y corroborar la identificación y definición de algunas especies o complejos de especies basadas en datos morfológicos. También es imprescindible contar con datos ecológicos, biológicos y pesqueros que puedan ser aplicados en la conservación de las especies y sus hábitats. En particular, algunas especies de la cuenca Paraná-Paraguay como *P. hystrix* y *P. schuhmacheri*, necesitan aún una mejor definición y el caso de la raya boba (*Potamotrygon brachyura*), requiere de atención y aplicación de medidas inmediatas para su conservación.

Por otro lado, todavía persisten otros desafíos científicos más específicos y ambiciosos, como una mejor comprensión de la historia evolutiva y biogeográfica de la familia. En cuanto a la filogenia, los estudios moleculares desde finales del último siglo señalaron una estrecha relación entre los potamotrigónidos y las especies neotropicales de rayas marinas y/o estuarinas, *Himantura schmardae* y *H. pacifica* (Lovejoy 1996, Lovejoy *et al.* 1998). Un estudio reciente examinó la morfología de estas especies y las colocan en un nuevo género (*Styracura*), llegando a la conclusión de que existe evidencia morfológica de esta teoría, aunque no tan convincente como la evidencia molecular (Carvalho *et al.* 2016b). A pesar de los avances recientes en la sistemática de la familia, los datos moleculares apuntan a la posible aparición

independiente, en diferentes cuencas según muestran los patrones de coloración de algunas especies, lo que contradice su validez.

En cuanto a la biogeografía, todavía hay mucho por hacer. Mientras que algunas especies son endémicas de zonas restringidas (p. e. *P. wallacei*, *P. leopoldi*, *P. rex*, *P. henlei*), otras están ampliamente distribuidas, como por ejemplo *P. motoro* y *P. orbignyi*. Para estas dos últimas, los estudios morfológicos disponibles indican que no son complejos de especies diferentes, pero la evidencia molecular muestra una alta diferenciación genética o unidades evolutivas diferentes entre las poblaciones amazónicas y orinoquenses de *P. motoro* al menos en Colombia y Venezuela (ver Capítulo 15). Para *P. orbignyi*, el Instituto Humboldt y la Universidad de los Andes vienen adelantando estudios moleculares basados en genes mitocondriales, cuyos resultados estarán disponibles para inicios del 2017. Las especies “negras” del Escudo Brasileño pueden formar un grupo monofilético (Carvalho 2016b), pero todavía no se sabe casi nada sobre el proceso de aislamiento geográfico entre ellas. Por otra parte, aún hay cuestiones básicas desconocidas relacionadas con el periodo en que se originó la línea de los potamotrigónidos (Lovejoy 1996, Carvalho *et al.* 2004). Por tanto, se requieren más estudios que respondan preguntas básicas sobre la filogenia y biogeografía de este grupo.

Sobre la información poblacional, que es de suma importancia para poder generar estrategias de manejo, son muy pocos los trabajos al respecto. En Brasil, Río Negro, se ha estudiado la población de *Paratrygon aiereba* (Araújo 2011). En Colombia se desarrolló una metodología no letal, para tener información de tipo poblacional,

la cual se puede aplicar en ríos de aguas claras (Morales-Betancourt y Lasso 2015).

Finalmente, es oportuno mencionar que siguiendo el ejemplo del primer volumen, -el cual tuvo una amplia colaboración internacional-, nuevamente se logró contar con la participación de nuevos investigadores y presentar datos novedosos para las especies de la cuenca del Paraná-Paraguay, así como las especies recientemente descritas del género *Potamotrygon* en la cuenca del Amazonas y *Potamotrygon signata*, de la cuenca del río Parnaíba en Brasil, que no habían sido consideradas en el primer volumen.

Se espera que este nuevo trabajo haya llenado algunos vacíos que permitan seguir tomando decisiones constructivas para la conservación de este valioso e interesante grupo de peces.

Bibliografía

- Araújo, M. L. 2011. Dinâmica de População e Conservação de *Paratrygon aiereba* (Chondrichthyes-Potamotrygonidae) no Médio Rio Negro, Amazonas. Tesis de doctorado, Universidade Federal Do Amazonas. 120 pp.
- Carvalho, M. R. de. 2016a. *Potamotrygon rex*, a new species of Neotropical freshwater stingray (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) from the middle and upper Rio Tocantins, Brazil, closely allied to *Potamotrygon henlei* (Castelnau, 1855). *Zootaxa* 4150 (5): 537-565.
- Carvalho, M. R. de. 2016b. Description of two extraordinary new species of freshwater stingrays of the genus *Potamotrygon* endemic to the rio Tapajós basin, Brazil (Chondrichthyes: Potamotrygonidae), with notes on other Tapajós stingrays. *Zootaxa* 4167 (1): 1-63.
- Carvalho, M. R. de, J. G. Maisey y L. Grande. 2004. Freshwater stingrays of the Green River Formation of Wyoming



M. A. Morales-B.

INTRODUCCIÓN



M. A. Morales-B.

- (Early Eocene), with the description of a new genus and species and an analysis of its phylogenetic relationships (Chondrichthyes: Myliobatiformes). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 284: 1-136.
- Carvalho, M. R. de y N. R. Lovejoy. 2011. Morphology and phylogenetic relationships of a remarkable new genus and two new species of Neotropical freshwater stingrays from the Amazon basin (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). *Zootaxa* 2776: 13-48.
 - Carvalho, M. R. de y M. P. Ragno. 2011. An unusual, dwarf new species of Neotropical freshwater stingray, *Plesiotrygon nana* sp. nov., from the upper and mid Amazon basin: the second species of Plesiotrygon (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). *Papéis Avulsos de Zoologia* 51 (7): 101-138.
 - Carvalho, M. R. de, M. H. Sabaj-Pérez y N. R. Lovejoy. 2011. *Potamotrygon tigrina*, a new species of freshwater stingray from the upper Amazon basin, closely related to *Potamotrygon schroederi* Fernández-Yépez, 1958 (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). *Zootaxa* 2827: 1-30.
 - Carvalho, M. R. de, R. S. Rosa y M. L. G. Araújo. 2016a. A new species of Neotropical freshwater stingray (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) from the Rio Negro, Amazonas, Brazil: the smallest species of *Potamotrygon*. *Zootaxa* 4107 (4): 566-586.
 - Carvalho, M. R. de, T. S. Loboda y J. P. C. B. Silva. 2016b. A new subfamily, Styracurinae, and new genus, *Styracura*, for *Himantura schmardae* (Werner, 1904) and *Himantura pacifica* (Beebe & Tee-Van, 1941) (Chondrichthyes: Myliobatiformes). *Zootaxa* 4175 (3): 201-221.
 - Castello, H. P. y D. R. Yagolkowski. 1969. *Potamotrygon castexi* n. sp., una nueva especie de raya de agua dulce del río Parana. *Acta Scientifica del Instituto Latinoamericano de Fisiología de la Reproducción* 6: 1-21.
 - Castex, M. N. 1963a. Notas heurísticas sobre el género *Potamotrygon*. Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Publicaciones de Extensión Cultural y Didáctica 11: 1-10.
 - Castex, M. N. 1963b. La raya fluvial. Notas histórico-geográficas. Librería y Editorial Castellvi, Santa Fé, Argentina. 119 pp.
 - Castex, M. N. 1963c. El género *Potamotrygon* en el Paraná medio. *Anales del Museo Provincial de Ciencias Naturales "Florentino Ameghino"* 2: 1-86.
 - Castex, M. N. 1964a. Una nueva especie de raya fluvial americana: *Potamotrygon schumacheri* sp. n. *Neotrópica* 10: 92-94.
 - Castex, M. N. 1964b. Estado actual de los estudios sobre la raya fluvial neotropical. Pp. 9-50. *En: Cincuentenario del Museo Provincial de Ciencias Naturales "Florentino Ameghino"*. Museo Provincial de Ciencias Naturales "Florentino Ameghino".
 - Castex, M. N. y H. P. Castello. 1969. Nuevas sinonimias para el género monotípico *Disceus* Garman 1877 (Potamotrygonidae) y observaciones sistemáticas a la familia Paratrygonidae Fowler 1948 (dubit.). *Acta Scientifica del Instituto Latinoamericano de Fisiología de la Reproducción* 7: 1-43.
 - Charvet-Almeida, P. 2001. Ocorrência, biología e uso das raias de água doce na baía de Marajó (Pará, Brasil), com ênfase na biología de *Plesiotrygon iwamae* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). Tesis Doctoral, Museu Paraense Emilio Goeldi, Universidade Federal do Pará, Belém. 213 pp.
 - Lasso, C. A., R. S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt y E. Agudelo-Córdoba. 2013a. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá. 368 pp.
 - Lasso, C. A., R. S. Rosa, M. A. Morales-Betancourt, P. Sánchez-Duarte y E. Agudelo-Córdoba. 2013b. Introducción. Pp. 31-36. *En: Lasso, C. A., R. S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt y E. Agudelo-Córdoba, E. (Eds.). Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador,*
 - Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá.
 - Loboda, T. S. y M. R. de Carvalho. 2013. Systematic revision of the *Potamotrygon motoro* (Müller & Henle, 1841) species complex in the Paraná-Paraguay basin, with description of two new ocellated species (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Potamotrygonidae). *Neotropical Ichthyology* 11 (4): 693-737.
 - Lovejoy, N. R. 1996. Systematics of myliobatoid elasmobranchs: with emphasis on the phylogeny and historical biogeography of neotropical freshwater stingrays (Potamotrygonidae: Rajiformes). *Zoological Journal of the Linnean Society* 117: 207-257.
 - Lovejoy, N. R., E. Birmingham y A. P. Martin. 1998. South American rays came in with the sea. *Nature* 396: 421-422.
 - Lucifora, L. O., M. R. de Carvalho, P. M. Kyne y W. T. White. 2015. Freshwater sharks and rays. *Current Biology* 25: R971-R973.
 - Morales-Betancourt, M. A. y C. A. Lasso. 2016. Proposal of a non-lethal visual census method to estimate freshwater stingray abundance. *Universitas Scientiarum* 21 (1): 23-32.
 - Rodríguez-Guerra, J. C., C. A. Lasso y O. M. Lasso-Alcalá. 2008. Aportación al conocimiento de la bioecología de la raya fluvio-estuarina *Potamotrygon* sp. (Myliobatiformes, Potamotrygonidae) en el delta del Orinoco y golfo de Paria, Venezuela. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales* 168: 83-104.
 - Rosa, R. S. 1985. A systematic revision of the South American freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). Tesis Doctoral, College of William and Mary, Williamsburg, Virginia. 523 pp.
 - Rosa, R. S., P. Charvet-Almeida y C. C. Diban. 2010. Biology of the South American potamotrygonid stingrays. Chapter 5. Pp. 241-286. *En: Carrier, J. C., J. A. Musick y M. R. Heithaus (Eds.). Sharks and their relatives II. Biodiversity, adaptive physiology and conservation.* CRC Press. 639 pp.
 - Silva, J. P. C. B. y M. R. de Carvalho. 2011. A new species of Neotropical freshwater stingray of the genus *Potamotrygon* Garman, 1877 from the Río Madre de Dios, Peru (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). *Papéis Avulsos de Zoologia* 51: 39-154.
 - Silva, J. P. C. B. y M. R. de Carvalho. 2015. Systematics and morphology of *Potamotrygon orbignyi* (Castelnau, 1855) and allied forms (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Potamotrygonidae). *Zootaxa* 3982 (1): 1-82.
 - Thorson, T. B., D. R. Brooks y M. A. Mayes. 1983. The evolution of freshwater adaptation in stingrays. *National Geographic Society Research Reports* 15: 663-694.



1. ECOFISIOLOGIA DAS RAIAS DE ÁGUA DOCE (POTAMOTRYGONIDAE): MECANISMOS DE INTERAÇÃO ORGANISMO-AMBIENTE

Wallice Paxiúba Duncan

Resumo

As raias potamotrigonídeas possuem características morfofisiológicas não encontradas em outros elasmobrânquios. São incapazes de acumular ureia nos tecidos e possuem uma glândula retal vestigial e não funcional. Além disso, seus mecanismos osmo-ionorregulatórios são semelhantes aos teleósteos. Além dessas adaptações morfofuncionais, observa-se que as raias possuem um eficiente sistema transporte ativo de sais pelas brânquias, possuem mecanismos morfofuncionais para reduzir perda de sais e um poderoso sistema de reabsorção de eletrólitos (sais) pelos rins. Juntos, todos esses mecanismos podem ter sido importantes para a evolução da tolerância ao ambiente de água doce. Porém, algumas espécies possuem especialização fisiológicas que lhes permitem explorar apenas habitats específicos. Por exemplo, a raia *Potamotrygon wallacei* (espécie endêmica do Rio Negro, água ácida e preta) possui elevada densidade de células cloreto em forma folicular, o qual pode estar associada à elevada absorção ativa de íons pelas brânquias. Por outro lado, observa-se que as espécies de ampla distribuição geográfica (p. e.,

Paratrygon aiereba, *Potamotrygon motoro* e *P. orbignyi*) são fenotipicamente plásticas. Exemplares coletados nos rios com poucos sais dissolvidos possuem menores teores de íons plasmáticos. Contudo, essas raias apresentam um elevado potencial eletrogênico (baseado na atividade da bomba iônica Na^+/K^+ -ATPase branquial e renal) e alta densidade de células cloreto. Por outro lado, as raias que vivem em águas com elevada quantidade de sais possuem maiores concentrações iônicas e menor potencial eletrogênico. Isso sugere que os padrões osmorregulatórios dos potamotrigonídeos estão intimamente associados às características físicas e químicas das águas onde eles vivem.

Palavras chave. Morfologia branquial. Osmorregulação. Plasticidade fenotípica. Zoofisiologia de raias.

Resumen

Las rayas (potamotrigónidos) tienen características morfo-fisiológicas no encontradas en otros elasmobrânquios. No son capaces de acumular urea en los tejidos y tienen una glándula rectal vestigial y no funcional. Por otra parte, sus

ECOFISIOLOGÍA

mecanismos osmo-ionorregulatórios son similares a los de los teleósteos. Además de estos cambios morfológicos y funcionales, se observa que las rayas tienen un eficiente sistema de transporte activo de sales en las branquias, así como mecanismos morfo-funcionales para reducir la pérdida de sales y la reabsorción de electrolitos (sales) por un eficiente sistema en los riñones. En conjunto, todos estos mecanismos pueden haber sido importantes para la evolución de la tolerancia al ambiente de agua dulce. Sin embargo, algunas especies tienen especializaciones fisiológicas que les permiten explorar solamente hábitats específicos. Por ejemplo, *Potamotrygon wallacei* (especie endémica del Río Negro, de aguas ácidas y negras), tiene una alta densidad de células de cloruro en formato folicular, que pueden estar asociadas con la absorción activa de iones en las branquias. Por otro lado, se observa que las especies de amplia distribución (por ejemplo, *Paratrygon aiereba*, *Potamotrygon motoro* y *P. orbignyi*) son fenotípicamente plásticas. Las muestras recogidas en ríos con pocas sales disueltas tienen niveles más bajos de iones plasmáticos. Sin embargo, estas rayas tienen un alto potencial electrogênico (basado en la actividad de la bomba de iones de $\text{Na}^+ / \text{K}^+ \text{-ATPasa}$ branquial y del riñón) y una alta densidad de células de cloruro. Por otro lado, las rayas que viven en aguas con altas cantidades de sales tienen concentraciones iónicas más altas y menor potencial electrogênico. Esto sugiere que los patrones osmoregulatorios de los potamotrygonidos se asocian íntimamente con las características físicas y químicas de las aguas en que viven.

Palabras clave. Morfología de las branquias. Osmorregulación. Plasticidad fenotípica. Zoofisiología de rayas.

Introdução

As raias da família Potamotrygonidae apresentam elevada diversidade de espécies na bacia Amazônica. Algumas espécies estão restritas à uma única bacia (Rosa *et al.* 2010, Rosa e Lasso 2014). Por exemplo, *Potamotrygon wallacei* (raia cururu) é endêmica das águas ácidas, pretas e pobres em íons na bacia do Rio Negro. *Potamotrygon leopoldi* e *P. henlei* são encontradas, respectivamente, nas bacias dos rios Xingu e Tocantins (classificados como águas claras). Inúmeros outros casos de endemismos parecem ocorrer no rio Tapajós e seus tributários, incluindo espécies ainda não descritas (referência). Por outro lado, espécies como *Paratrygon aiereba* (Figura 1), *Potamotrygon motoro*, *P. orbignyi* e *P. scobina* têm ampla distribuição na bacia Amazônica e são encontradas em quase todos os tipos de águas (preta, branca, clara e padrões intermediários).

Na bacia Amazônica, todos os rios, independentemente das características hidrogeoquímicas, desaguam na calha principal dos rios Solimões e Amazonas. Ainda que o canal principal do rio possa apresentar uma certa homogeneidade, as margens são extremamente heterogêneas do ponto de vista físico e químico (Duncan e Fernandes 2010). Se considerarmos que os tipos de rios, conforme classificação descrita por Sioli (1984), possuem características limnológicas peculiares e que os padrões biogeográficos estão associados a esses fatores, pode-se deduzir que o rio Amazonas age como um filtro seletivo, tal como relatado para o Canal de Casiquiare, na fronteira da Venezuela com a Colômbia (Winemiller *et al.* 2008). Isso permite que espécies com ampla plasticidade fenotípica possam explorar diferentes ambientes. Por outro lado, o rio pode restringir a distribuição de espécies com especializações fisiológicas.



Figura 1. *Paratrygon aiereba* observada em seu habitat no Rio Negro, Arquipélago de Mariuá, Brasil. Foto: W. P. Duncan.

Têm-se especulado que esse endemismo pode ter sido o resultado combinado de muitos fatores biogeográficos ao longo da história evolutiva das bacias hidrográficas (Duncan e Fernandes 2010). Por exemplo, vários sistemas de drenagens com endemismo de raias de água doce apresentam barreiras físicas e químicas (hidrográficas) que agem como filtros seletivos. Isso pode limitar o fluxo gênico entre as populações criando condições favoráveis à especiação alopátrica ou adaptação divergente. Nesse caso, a ausência de barreiras físicas para explicar o isolamento de espécies restritas sugere que as características físicas e químicas da água, bem como os fatores ecológicos

locais representam as mais importantes forças seletivas que resultaram na especiação divergente.

Algumas espécies endêmicas apresentam mecanismos fisiológicos especializados que permitem interagir com o ambiente onde vivem. Neste caso, a especialização fisiológica pode limitar a distribuição de uma dada espécie à um tipo particular de habitat. Por outro lado, espécies de ampla distribuição exibem elevada plasticidade fenotípica, os quais podem tolerar diferentes tipos de ambientes. Muitas dessas espécies são abundantes em quase todos os tipos de águas encontrados na América do Sul. Esses tipos de águas (preta, clara,

M. A. Morales-B.

ECOFISIOLOGÍA

branca e tipos intermediários) possuem características físicas e químicas peculiares (Tabela 1). Algumas dessas raias podem tolerar as águas ligeiramente salobras, tais como aquelas do estuário amazônico e do delta do rio Orinoco (Rodríguez-Guevara *et al.* 2008).

Evolução dos mecanismos fisiológicos da tolerância à água doce

As raias de água doce da família Potamotrygonidae apresentam características fisiológicas únicas que diferem dos representantes marinhos e eurialinos. As espécies marinhas/eurialinas retêm a ureia como soluto para osmorregulação, enquanto, os potamotrigonídeos são incapazes de reter esse osmólito nos tecidos (Thorson *et al.* 1967, Bittner e Lang 1980, Tam *et al.* 2003, Duncan *et al.* 2009). Em geral, os elasmobrânquios marinhos são isotônicos ou ligeiramente hipertônicos em relação ao ambiente devido ao acúmulo de ureia e outros solutos orgânicos. Isso é uma eficiente estratégia para evitar falhas osmorregulatórias. Ainda assim ocorre acúmulo de sais, os quais são eliminados especialmente pela glândula retal.

Os potamotrigonídeos têm uma glândula retal vestigial e não funcional (Thorson *et al.* 1978). As raias de água doce vivem em um ambiente hiposmótico; por isso excretam grandes volumes de urina devido ao constante influxo de água. A intensa excreção urinária aumenta a perda de sais (solutos osmorreguladores) pela urina. Adicionalmente, os íons também são perdidos pelo epitélio branquial. Como o efluxo é maior que o influxo, as raias encontram-se em balanço negativo de íons. Isso requer a necessidade de obtenção de sais por meio de: (i) dieta, (ii) eficiente sistema de absorção ativa de sais pelo transporte branquial, (iii) redução da

permeabilidade epitelial e (iv) reabsorção renal.

Nas formas marinhas, as brânquias, a glândula retal e os rins são cruciais para a regulação iônica, enquanto que nas raias de água doce, as brânquias e rins têm papel preponderante nesse processo. As brânquias possuem numerosas células ricas em mitocôndrias que transportam ativamente sais da água para o sangue. Além disso, as especializações de membranas (junções de adesão) nas células epiteliais reduzem a perda de solutos. Nos rins, as células ricas em Na^+/K^+ -ATPase localizadas nos túbulos renais reabsorvem ativamente íons, evitando a perda excessiva para a água. Todos esses requisitos podem ter sido essenciais para a evolução e tolerância dos potamotrigonídeos à água doce.

A glândula retal vestigial

Os primeiros estudos sobre aspectos morfofuncionais da glândula retal das raias de água doce foram realizados por Thorson *et al.* (1978). Esses autores descreveram a glândula retal como uma estrutura vestigial. De fato, mesmo usando técnicas histológicas, esse órgão é de difícil localização anatômica. Nos preparados histológicos, as células glandulares de animais adultos não apresentam imunomarcagem positiva para a Na^+/K^+ -ATPase, tal como ocorre nos representantes marinhos. Contudo, nas formas embrionárias observa-se um sistema tubular; no entanto, não se observaram células ricas em Na^+/K^+ -ATPase (Figura 2). A ausência dessas células é uma evidência de que a glândula retal é vestigial.

Nos potamotrigonídeos não existe razão para funcionalidade secretora nessa glândula. O ambiente aquático com poucos

Tabela 1. Características físicas e químicas dos rios onde os exemplares das espécies de raias foram coletadas.

Rios	Localidade	Tipo de água	pH	Condutividade (μS)	Sólidos dissolvidos (mg L^{-1})	Oxigênio dissolvido (mg L^{-1})	Na^+ (mM)	K^+ (mM)	Ca^{2+} (mM)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
Estuário Amazônico	Colares	Branca	5,2 ± 1,8	124,6 ± 7,8	67,4 ± 10,4	4,1 ± 1,5	14,3 ± 2,6	0,3 ± 0,01	7,7 ± 0,8	28,5 ± 2,4
Rio Demeni	Carapanauba	Clara	5,7 ± 0,9	3,9 ± 1,5	2,1 ± 0,8	5,1 ± 2,6	1,75 ± 0,2	0,2 ± 0,1	0,7 ± 0,01	29,5 ± 3,4
Rio Jutai	Vila de Copatana	Preta	5,8 ± 0,4	12,1 ± 2,7	6,4 ± 1,4	4,6 ± 2,8	4,25 ± 0,5	0,3 ± 0,2	2,2 ± 0,1	30,5 ± 2,0
Rio Manacapuru	Lago Grande	Preta	5,3 ± 0,6	9,5 ± 1,4	6,4 ± 2,5	4,5 ± 1,8	5,4 ± 0,6	0,5 ± 0,03	2,5 ± 0,1	29,5 ± 3,5
Rio Negro	Barcelos	Preta	4,5 ± 1,4	10,8 ± 2,8	5,8 ± 2,6	4,4 ± 2,6	3,1 ± 0,4	0,3 ± 0,04	1,1 ± 0,09	29,4 ± 2,5
Rio Nhamundá	Nhamundá	Preta	4,8 ± 0,6	10,5 ± 2,1	8,9 ± 2,9	4,7 ± 3,4	6,4 ± 0,5	1,5 ± 0,1	1,5 ± 0,1	29,6 ± 2,0
Rio Paraná	Ilha Solteira	Clara	6,9 ± 1,1	51,6 ± 7,4	27,3 ± 5,7	4,8 ± 1,5	6,5 ± 0,4	0,3 ± 0,1	1,5 ± 0,02	23,6 ± 5,5
Rio Solimões	Careiro	Branca	6,59 ± 1,0	91,8 ± 14,1	48,9 ± 10,8	5,1 ± 3,4	3,2 ± 0,2	0,2 ± 0,09	2,8 ± 0,1	29,5 ± 2,0
Rio Tapajós	Itaituba	Clara	6,4 ± 0,6	12,1 ± 2,4	6,4 ± 1,5	4,8 ± 2,4	1,2 ± 0,6	1,5 ± 0,1	3,4 ± 0,07	29,5 ± 2,5
Rio Tarauacá	Envira	Braca	6,3 ± 0,7	156,1 ± 20,4	83,7 ± 9,5	3,7 ± 2,1	5,4 ± 0,6	2,6 ± 0,04	3,5 ± 0,1	30,5 ± 4,0
Rio Mutum	Mutum	Preta	5,3 ± 0,3	9,0 ± 2,1	7,5 ± 1,4	4,7 ± 1,0	3,4 ± 0,4	1,4 ± 0,1	2,8 ± 0,1	28,5 ± 3,8

M. A. Morales-B.



ECOFISIOLOGÍA



M. A. Morales-B.

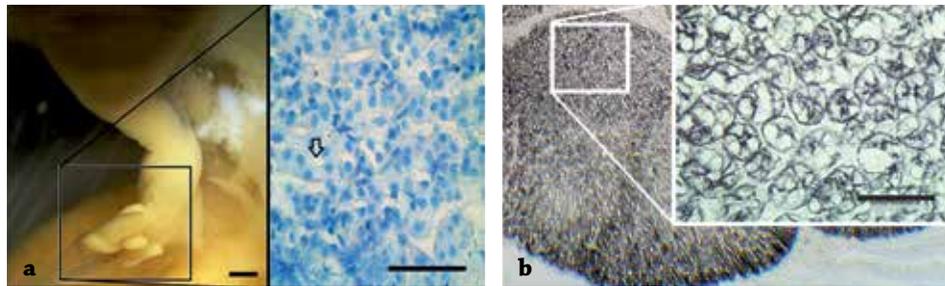


Figura 2. Glândula retal. a) Glândula retal (no quadrante) de embrião a termo de *Potamotrygon wallacei*. Detalhes do sistema tubular (seta); b) glândula retal de *Dasyatis guttata*. Nessa espécie as células glandulares são ricas em Na^+/K^+ -ATPase, como evidenciado por meio de métodos imunohistoquímicos. Escalas em: a) = 500 μm ; b) = 1 μm ; c) = 100 μm ; d) = 2 μm . Fotos: W. P. Duncan.

sais dissolvidos e o corpo do animal em balanço iônico negativo com o meio podem explicar a glândula retal atrofiada. É razoável compreender que o custo energético destinado à osmorregulação pela glândula retal nas formas ancestrais possa ter evoluído alocando energia para as brânquias e rins. Esses dois órgãos consomem grandes quantidades de ATP mitocondrial para osmorregular. Tanto os túbulos renais, quanto as brânquias possuem numerosas células ricas em mitocôndrias repletas de bombas iônicas que utilizam grandes quantidades de energia celular.

As brânquias das raias como órgãos multifuncionais

As células mucosas

Os detalhes o epitélio branquial das raias de água doce da família Potamotrygonidae foram descritos recentemente (Duncan *et al.* 2010, 2011, 2015). O epitélio é formado por multicamadas de células (4-6 camadas) com os mesmos tipos celulares encontrados nos demais peixes (Figura 3): célula pavimentosa (CPV), célula cloreto (CC) e

célula mucosa (CM). Tanto as CPVs quanto as CMs sintetizam e secretam mucopolissacarídeos. As CMs em Potamotrygonidae estão distribuídas principalmente nas bordas externa e interna do filamento branquial e são raras nos espaços interlamelares e nas lamelas. O emprego de métodos citoquímicos (reação com Alcian blue e PAS) sugere que as CMs dos potamotrygonídeos sintetizam mucosubstâncias ácidas e neutras, respectivamente. Mucosubstâncias ácidas podem prevenir a proliferação de microrganismos patogênicos na superfície epitelial, enquanto as mucosubstâncias neutras podem estar associadas à proteção e lubrificação do epitélio branquial contra o atrito (Mittal e Mittal 2008). As raias são bentônicas e têm como hábito se enterrar na areia; portanto, suas mucosas normalmente se expõem às partículas de sedimentos durante a suspensão do sedimento. O muco que recobre o epitélio branquial dos peixes de água doce apresenta maior concentração de Na^+ e Cl^- do que a água circundante (Handy e Eddy 1991). Isto pode ser de extrema importância para

os mecanismos de transporte iônico no epitélio branquial das raias de água doce, principalmente para *Paratrygon aiereba*, *Potamotrygon schroederi*, *P. motoro*, *P. orbignyi* e *P. wallacei*, espécies que vivem nas águas pobres em íons do Rio Negro, na Amazônia.

As células cloreto

As células cloreto são os principais sítios para excreção e tomada de íons em elasmobrânquios (Wilson *et al.* 2002; Evans *et al.* 2004). Nestas células, a bomba iônica Na^+/K^+ -ATPase localiza-se em vasta área tubular contínua à região basolateral (Piermarini e Evans 2000). A identificação de células ricas em mitocôndrias ricas em Na^+/K^+ - ATPase (NKA-MRC) no epitélio

branquial de diversas espécies de potamotrygonídeos tem sido descrito recentemente (Duncan *et al.* 2010, 2011). Em geral localizam-se na base da lamela e nos espaços interlamelares (Figuras 4-6).

O transporte iônico pelo epitélio branquial tem sido recentemente revisto (Evans *et al.* 2005). Um modelo não usual foi proposto para raia eurialina *Dasyatis sabina* mantida na água salgada e em água doce (Piermarini e Evans 2000, 2001). Nesse animal, existem dois tipos de células cloreto branquiais: o tipo rico em NKA-MRC fornece energia para a tomada de Na^+ via excreção de H^+ , enquanto o tipo rico em V-H^+ -ATPase (VHA-MRC) favorece a tomada de cloreto eliminando

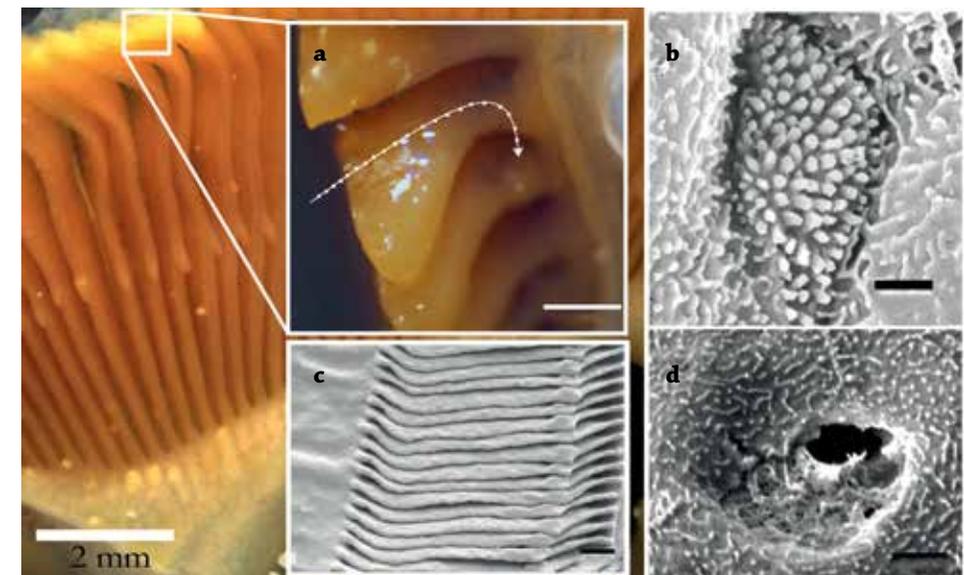


Figura 3. Detalhes da superfície do epitélio branquial de Potamotrygonidae. a) Ampliação da ponta de um filamento mostrando a direção do fluxo de água; b) célula cloreto observada por meio de microscopia eletrônica de transmissão; c) densidade de lamelas entre um filamento; d) detalhes da abertura de célula mucosa. Fotos: W. P. Duncan.

HCO_3^- via co-transporte antiporte. Esse modelo também parece operar nos potamotrygonídeos. No entanto, a organização das demais proteínas do sistema de transporte iônico (bombas, trocadores e canais iônicos) devem funcionar de maneira semelhante ao encontrado nos teleosteos de água doce (Wood *et al.* 2002). No geral, a morfologia e o padrão de distribuição é semelhante ao observado em Dasyatidae.

As células pavimentosas

Em maior número, as células pavimentosas (CPVs) recobrem quase toda a superfície das lamelas secundárias e do filamento, incluindo o espaço interlamelar. Em agnatos e elasmobrânquios marinhos, as CPVs possuem grânulos secretores apicais ou vesículas contendo muco que, posteriormente, se fundem com a membrana celular apical (Evans *et*

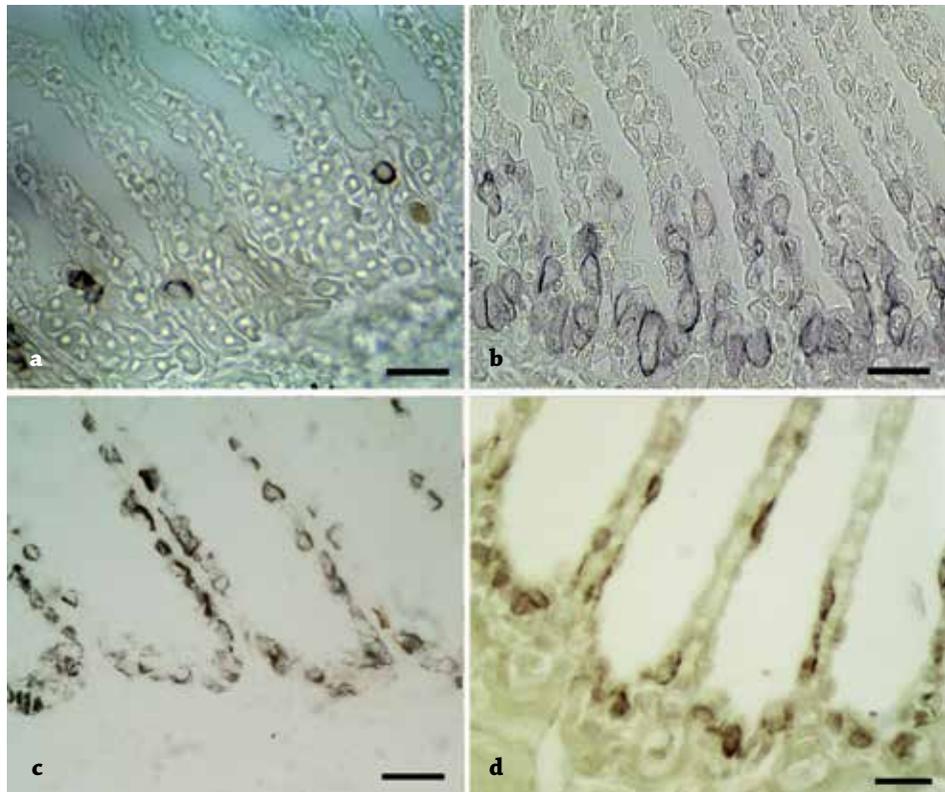


Figura 4. Cortes sagitais dos filamentos branquiais evidenciando as células ricas em mitocôndrias imunopositivas para a Na^+/K^+ -ATPase. a) *Heliotrygon gomesi* (rio Solimões, Brasil); b) *Paratrygon aiereba* (Rio Negro, Brasil); c) *Plesiotrygon iwamae* (rio Solimões, Brasil); d) *Potamotrygon yepezi* (Lago Maracaibo, Venezuela). Escala = 20 μm . Fotos: W. P. Duncan.



M. A. Morales-B.

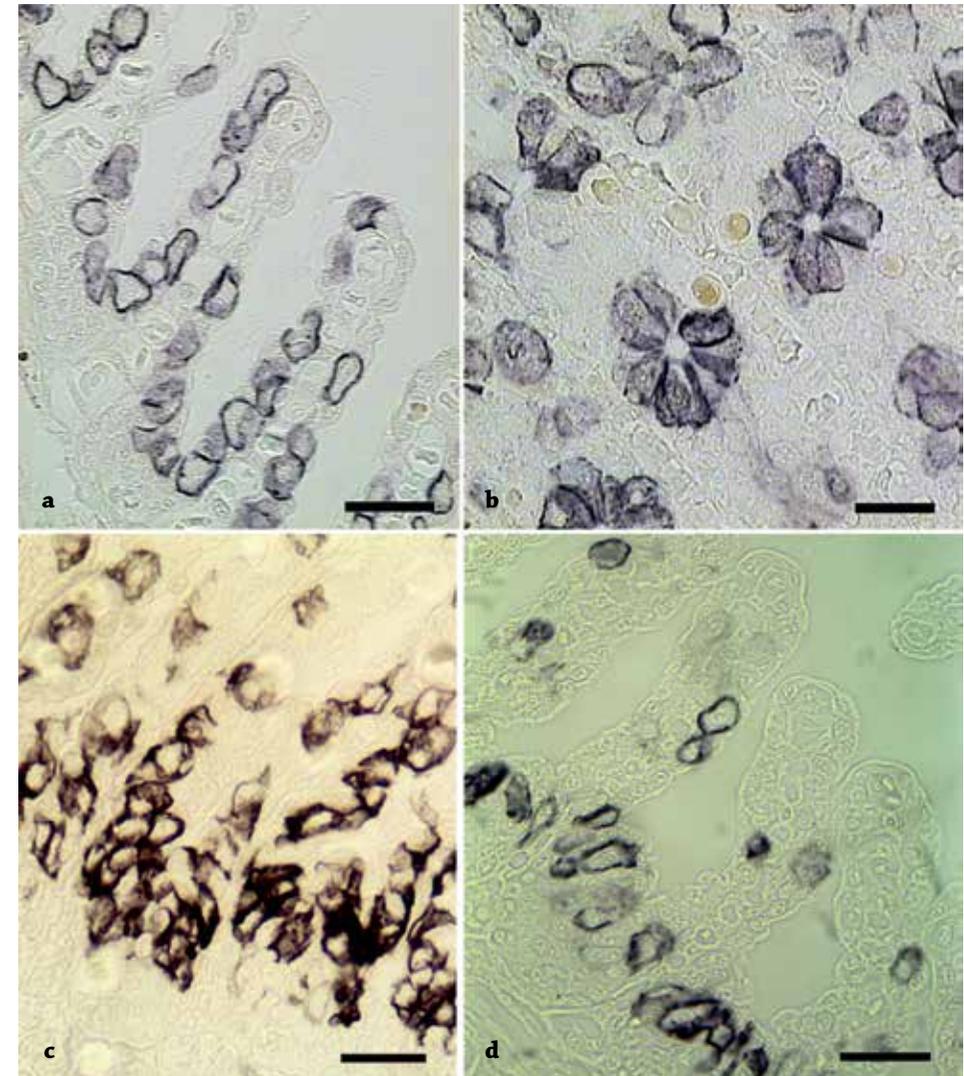


Figura 5. Secções sagitais dos filamentos branquiais evidenciando as células ricas em mitocôndrias imunopositivas para a Na^+/K^+ -ATPase. a) *Potamotrygon schroederi* (Rio Negro, Brasil); b) *P. wallacei* (Rio Negro, Brasil); c) *P. amandae* (rio Paraná, Brasil); d) *P. falkneri* (rio Paraná, Brasil). Escala = 20 μm . Fotos: W. P. Duncan.



M. A. Morales-B.

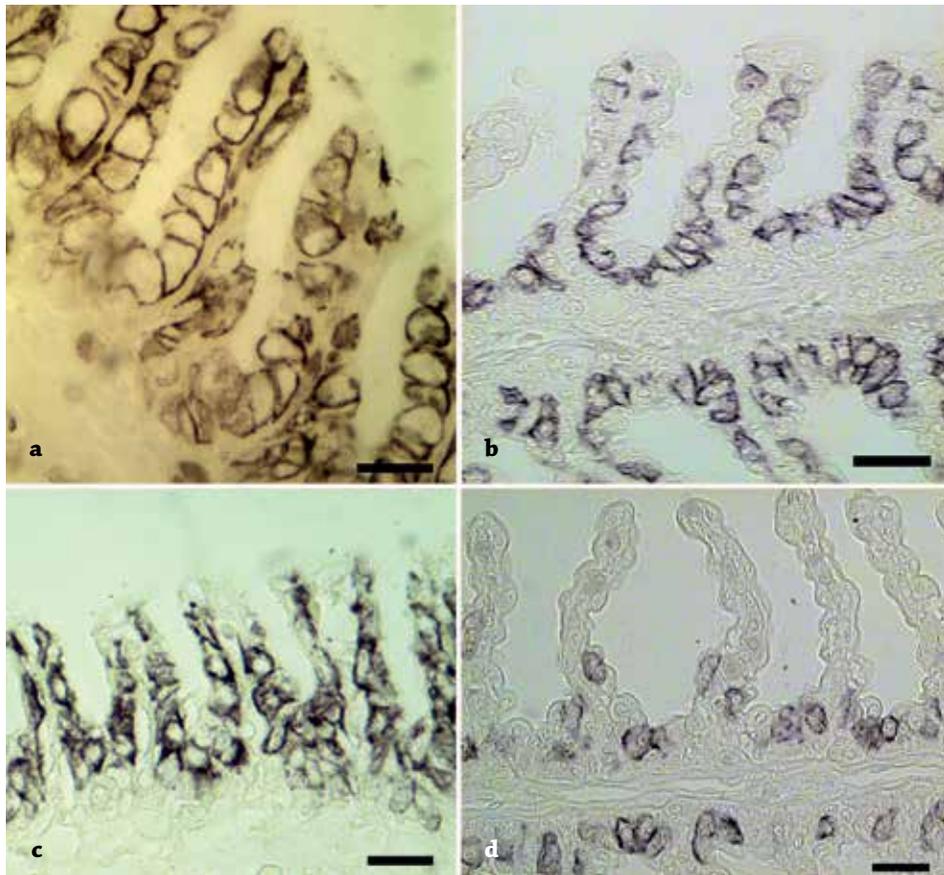


Figura 6. Cortes dos filamentos branquiais evidenciando as células ricas em mitocôndrias imunopositivas para a Na^+/K^+ -ATPase. a) *Potamotrygon brachyura* (rio Mutum, Brasil); b) *P. scobina* (estuário Amazônico, Brasil); c) *Potamotrygon jabuti* (rio Tapajós, Brasil); d) *P. orbignyi* (estuário Amazônico). Escala = 20 μm . Fotos: W. P. Duncan.

al. 2005). As CPVs dos potamotrigonídeos apresentam reação citoquímica PAS-positiva, indicando a presença de mucosubstâncias neutras. Detalhes ultraestruturais da região sub-apical das CPVs dos potamotrigonídeos evidenciam a presença dessas vesículas sub-apicais, contendo provavelmente material mucoso (Duncan *et al.* 2010).

A membrana apical das CPVs apresenta microvilosidades ou microdobras, cujo padrão varia entre espécies e também varia dentro do próprio epitélio de um mesmo indivíduo. De acordo com Evans *et al.* (2005), estas projeções provavelmente aumentam a área de superfície funcional do epitélio e podem ter um papel importante tanto na manutenção do muco na

superfície branquial, quanto na hidrodinâmica do fluxo de água ao produzir microturbulências na superfície epitelial da lamela aumentando a eficiência de troca gasosa. As CPVs são achatadas e finas, essa forma reduz a resistência ao O_2 dissolvido na água. Quanto mais fina for a barreira água-sangue, mais facilmente o oxigênio difunde-se para o sangue. No entanto, se a espessura do epitélio de troca gasosa for fina demais pode ocorrer uma perda excessiva de íons para a água.

O equilíbrio entre perda iônica e troca gasosa é conhecido como compromisso osmorrespiratório. Diversos fatores, tais como aumento da salinidade, temperatura, mudanças na composição química e física da água induzem proliferação de células cloreto e CM no epitélio lamelar. Isso altera o compromisso osmorrespiratório, pois o aumento da barreira água sangue (pela proliferação celular e pelo muco excessivo) dificulta o transporte por difusão de oxigênio da água para o sangue. A espessura da barreira água-sangue (distância de difusão de O_2) na lamela secundária dos potamotrigonídeos é similar à de muitos elasmobrânquios (Duncan *et al.* 2015). Nos embriões a termo das raias consideradas nadadoras ativas, tais como *P. orbignyi* e *P. motoro*, a barreira de troca gasosa está entre 1,2-1,5 μm . Esses valores são menores que nas raias marinhas (~5,5 μm). Por outro lado, embriões a termo de *P. aiereba* e *P. iwamae* possuem um espesso epitélio de troca gasosa (2,6-2,9 μm). Essas espécies apresentam uma área de superfície branquial massa-específica pequena (<1 $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$). Consequentemente, o fator de difusão anatômico torna-se reduzido. Nessas espécies, a capacidade de difusão gasosa (valor teórico máximo) foi estimada

entre 0.03-0.05 $\text{ml O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ mm Hg}^{-1} \text{ g}^{-1}$. Portanto, esses dados sugerem que *P. aiereba* e *P. iwamae* são raias que possuem baixo metabolismo.

Os rins e a reabsorção de eletrólitos

Os rins nos elasmobrânquios são órgãos pares. A estrutura do néfron em elasmobrânquios consiste de glomérulo, colo, túbulo proximal, túbulo distal e túbulo coletor (Endo 1984). As células epiteliais apresentam alta permeabilidade à água, porém, as junções de adesão restringem a perda de solutos. Além disso, células especializadas reabsorvem ativamente solutos. Tais células apresentam intensa atividade e imunomarcagem para a Na^+/K^+ -ATPase (Endo 1984).

Nas formas marinhas e eurialinas os segmentos tubulares renais formam um eficiente sistema contracorrente para reabsorver ureia (Lacy e Reale 1995). Porém, esses segmentos não se organizam como um sistema contracorrente para reabsorção da ureia nos potamotrigonídeos (Lacy e Reale 1995). Possivelmente, isso representa mais uma estratégia de economia energética para compensar o alto investimento na síntese das bombas iônicas nesse órgão. As células tubulares renais das raias de água doce são fortemente imunopositivas para a Na^+/K^+ -ATPase (Figura 7). Em geral, os mecanismos adaptativos para reduzir a perda de íons em elasmobrânquios de água doce incluem o aumento da reabsorção tubular renal (Lacy e Reale 1995). Têm-se demonstrado que os rins dos potamotrigonídeos têm um elevado potencial eletrogênico mantido pelas bombas iônicas. Isso ajuda na reabsorção de íons e evitar perdas excessivas para o meio externo (Duncan *et al.* 2009).



M. A. Morales-B.

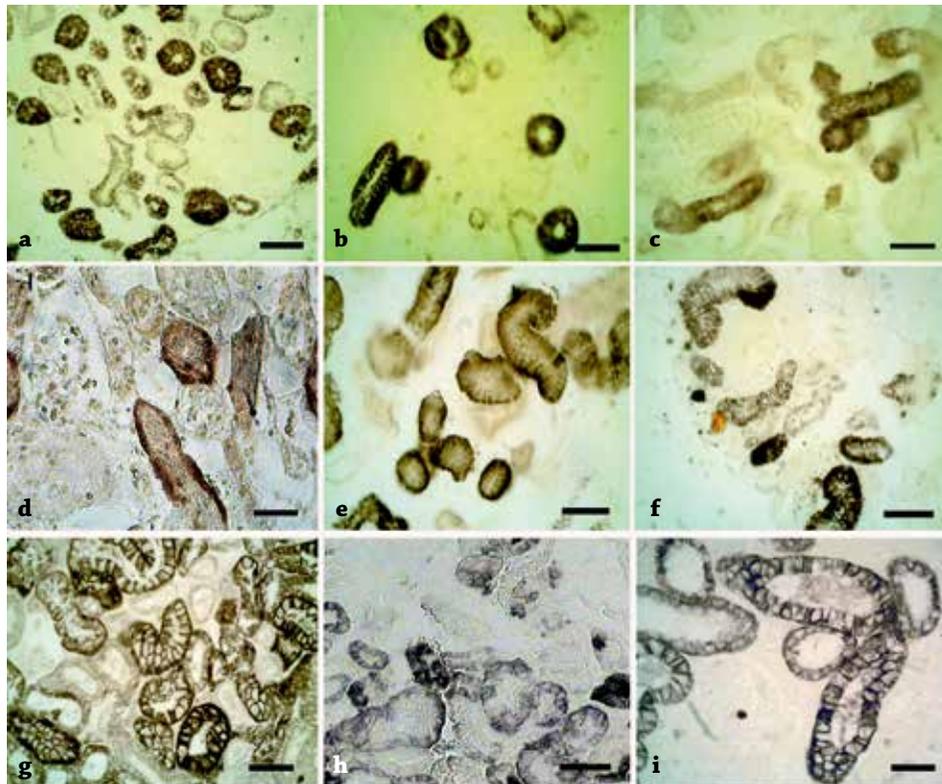


Figura 7. Imunomarcção positiva para a Na^+/K^+ -ATPase nas células ricas em mitocôndrias localizadas nos túbulos renais de diferentes espécies de potamotrygonídeos: a) *Heliotrygon gomesi* (rio Solimões, Brasil); b) *Paratrygon aiereba* (rio Negro, Brasil); c) *Plesiotrygon iwamae* (rio Solimões, Brasil); d) *P. nana* (Rio Tarauacá, Brasil); e) *Potamotrygon schroederi* (rio Negro, Brasil); f) *P. wallacei* (rio Negro, Brasil); g) *P. brachyura* (rio Mutum, Brasil); h) *P. orbignyi* (estuário Amazônico, Brasil); i) *P. motoro* (Rio Negro, Brasil). Escala = 300 μm . Fotos: W. P. Duncan.

A incapacidade para acumular ureia nos tecidos

Os elasmobrânquios marinhos são ureotélicos. Tipicamente, os teores de ureia plasmática nesses animais são >400 mM. Por causa dos efeitos deletérios desse soluto, as espécies marinhas sintetizam e acumulam óxido de trimetilamina, betaína, sarcosina

ou beta aminoácidos como contrasolutos para contrabalançar os efeitos caotrópicos da ureia (Hammerschlag 2006). Cerca de 70 a 90% da ureia filtrada nos rins é reabsorvida. Por outro lado, os potamotrygonídeos são amoniotélicos (Wood *et al.* 2002) e não acumulam ureia nos tecidos. A incapacidade para acumular ureia pode

ter sido uma estratégia vantajosa para a tolerância das raias de água doce no ambiente diluído. A reduzida capacidade para sintetizar e acumular elevados teores de ureia também representa uma importante estratégia de economia energética para os potamotrygonídeos, uma vez que a síntese de 1 mol de ureia requer a hidrólise de 5 moles de ATP (Ip *et al.* 2003). Obviamente, essa energia pode ter sido alocada para outros processos osmo-ionorregulatórios ATP-dependentes.

Ainda que as raias de água doce possam ser expostas ao ambiente salino, elas são incapazes de acumular ureia em seus tecidos (Griffith *et al.* 1973, Tam *et al.* 2003). Os níveis desse soluto em diferentes espécies de raias variam de 1-5 mM. Surpreendentemente, o fluido perivisceral dos potamotrygonídeos apresenta 10 vezes mais ureia que o plasma. O significado fisiológico disso ainda não é conhecido. Treberg *et al.* (2006) observaram que os potamotrygonídeos acumulam taurina na musculatura como soluto. No entanto, a importância dessas substâncias como solutos osmorreguladores também é desconhecida.

Osmorregulação por meio de íons

A primeira descrição da composição química de fluidos corporais das raias potamotrygonídeos foi feita no clássico trabalho de Thorson *et al.* (1967). Apesar da dificuldade de identificação de algumas espécies da família Potamotrygonidae, esses autores concluíram que essas raias não são capazes de armazenar ureia em seus fluidos corporais (plasma, fluidos perivisceral, pericardial e pericranianos). Além disso, diversos autores também concluíram que a composição química do plasma dos potamotrygonídeos são semelhantes aos relatados para os teleosteos de água doce (Griffith *et al.* 1973, Bittner

e Lang 1980, Wood *et al.* 2002, Duncan *et al.* 2009). De fato, uma compilação de dados de várias espécies coletadas em diferentes bacias hidrográficas analisadas até o momento suporta a observação de que a fisiologia osmótica dos potamotrygonídeos é semelhante ao dos teleosteos de água doce (Figura 8). Diferentemente dos elasmobrânquios marinhos ou eurialinos, o plasma das raias de água doce é caracterizado por baixo valor de osmolalidade (250-350 mOsm kg^{-1}). Se considerarmos a desprezível contribuição da ureia plasmática como soluto osmorregulatório, os íons Na^+ (140-160 mM) e Cl^- (120-180 mM) são os mais importantes eletrólitos osmorreguladores. Juntos, esses íons contribuem com 90-95% da osmolalidade plasmática total dos potamotrygonídeos. Portanto, fica claro que as raias de água doce osmorregulam por meio de eletrólitos e dependem dos sistemas de transportes iônicos epiteliais para manter o balanço favorável, os quais são cruciais para os processos ion-dependentes.

Padrões osmorregulatórios associados ao ambiente

Os padrões osmorregulatórios dos potamotrygonídeos estão claramente relacionados às características físicas e químicas da água (Figura 9). Os níveis dos íons plasmáticos e do fluido perivisceral, bem com a atividade da bomba Na^+/K^+ -ATPase branquial e renal estão associados à condutividade da água. Espécies que vivem em águas ácidas, pobres em íons, baixa condutividade elétrica e poucos solutos dissolvidos, apresentam baixos valores de osmolalidade e íons (Na^+ e Cl^-) plasmáticos. Por outro lado, as atividades absolutas da Na^+/K^+ -ATPase branquial e renal foram elevadas nesse grupo. Isso foi observado para as espécies de raias capturadas em rios de água preta (e. g. rios Negro, Jutai e Nhamundá).

ECOFISIOLOGÍA



M. A. Morales-B.

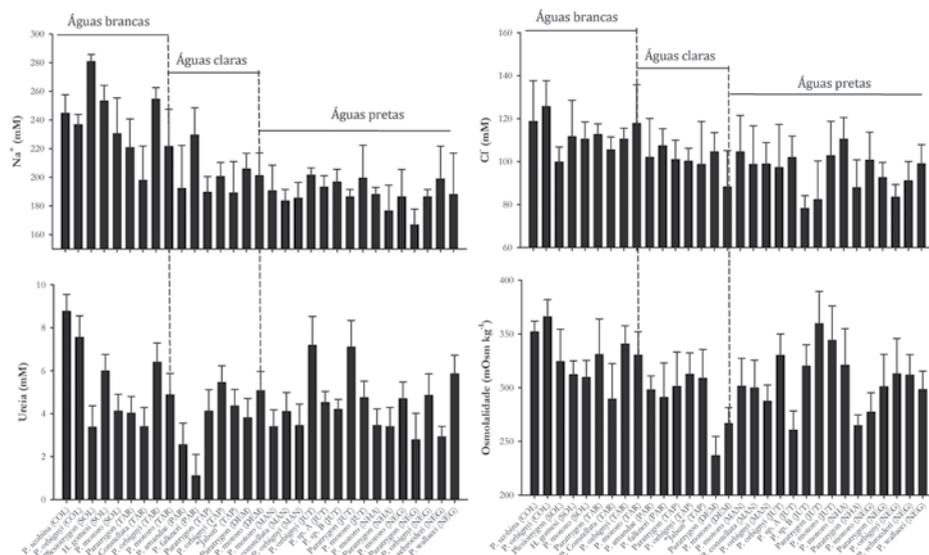


Figura 8. Composição dos solutos (íons sódio [Na⁺], cloreto [Cl⁻] e ureia) e osmolalidade plasmática em várias espécies de potamotrygonídeos coletados em diferentes tipos de rios (águas brancas, claras e pretas). COL (ilha de Colares, Pará), SOL (Rio Solimões, Amazonas), TAR (rio Tarauacá, Amazonas), PAR (rio Paraná, São Paulo), TAP (rio Tapajós, Pará), MAN (rio Manacapuru, Amazonas), JUT (rio Jutaí, Amazonas), NHA (rio Nhamundá, Amazonas e Pará), NEG (Rio Negro, Amazonas).

As espécies coletadas em rios de água branca, tais como o Solimões, o Amazonas e o Tarauacá, bem como aquelas capturadas no estuário amazônico (e.g. ilha de Colares, Pará), possuem elevados teores iônicos plasmáticos e, conseqüentemente, alta osmolalidade; porém baixa atividade da bomba Na⁺/K⁺-ATPase branquial e renal (Figuras 9, 10). Isso é o caso de *P. scobina*, *P. orbignyi*, *P. motoro*, *P. constellata*, *Heliotrygon gomesi*, *Plesiotrygon iwamae* e *P. nana*. As espécies coletadas em rios de águas claras ou semelhantes possuem características osmorregulatórias intermediárias entre os dois padrões descritos anteriormente. Esse perfil foi observado em *P. orbignyi*, *Paratrygon aiereba* e

Potamotrygon jabuti, todas coletadas no rio Tapajós, Pará. No rio Demeni (afluente do Rio Negro, no Amazonas), isso foi observado em *P. aiereba* e *P. orbignyi*. Similarmente, encontrou-se o mesmo padrão em *P. falkneri* e *P. amandae*, espécies coletadas no rio Paraná (Ilha Solteira, São Paulo).

A abundância e biomassa específica de *P. iwamae*, *P. aiereba*, *P. motoro*, *P. orbignyi* e *P. scobina* estão profundamente relacionadas às características ambientais na Ilha de Marajó (Almeida *et al.* 2009). No caso de *P. orbignyi* e *P. scobina* (e provavelmente, *P. iwamae*) os limites da distribuição geográfica na região estuarina podem ser entre a Ilha de Colares e a região de Soure/

Salvaterra, no Arquipélago de Marajó, ambas no Pará. Nesses locais, a condutividade da água chega a 200 μS cm⁻¹ na maré alta na época da enchente do rio Amazonas (Duncan e Fernandes 2010). Como a condutividade é um indicador da concentração de sais dissolvidos, observou-se que os potamotrygonídeos coletados nesse local apresentam mais íons Na⁺ e Cl⁻ no plasma que as raias de outros sistemas hidrográficos brasileiros. Como esperado, as espécies que enfrentam grandes variações de salinidade não acumulam ureia no plasma. Todos os exemplares analisados apresentavam <6mM ureia plasmática. Isso reforça o argumento de que os íons Na⁺ e Cl⁻ são os mais importantes solutos

osmorreguladores para as raias de água doce.

O clássico experimento de Griffith *et al.* (1973) já havia demonstrado que *Potamotrygon* sp. (espécie não identificada), quando exposta à salinidade de 20,6 ppt, apresentava um ligeiro aumento da osmolaridade e íons plasmáticos, porém sem alterar substancialmente os níveis de ureia em seus tecidos. Resultados similares foram observados em *P. wallacei* (do Rio Negro, Amazônia Central) e *P. amandae* (do rio Paraná, bacia Paraná-Paraguay) que, mesmo expostos cronicamente à água marinha artificial com 10 ppt, mantinham a osmorregulação por

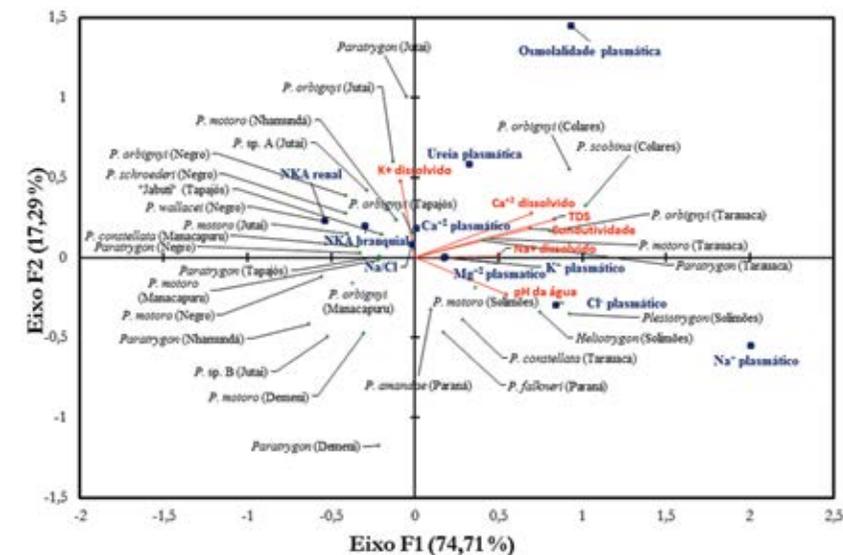


Figura 9. Diagrama de ordenação mostrando os dois primeiros eixos da Análise de Redundância (RDA), resumindo a relação entre a atividade da bomba iônica Na⁺/K⁺ ATPase (NKA) renal e branquial, níveis plasmáticos dos íons (Na⁺, Cl⁻, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺), ureia e osmolalidade dos potamotrygonídeos com as variáveis ambientais (Na⁺ e K⁺ dissolvidos, condutividade elétrica, pH e sólidos dissolvidos totais). A dispersão das espécies de raias de água doce e seus respectivos locais de coleta estão representadas em círculos.



M. A. Morales-B.

ECOFISIOLOGÍA

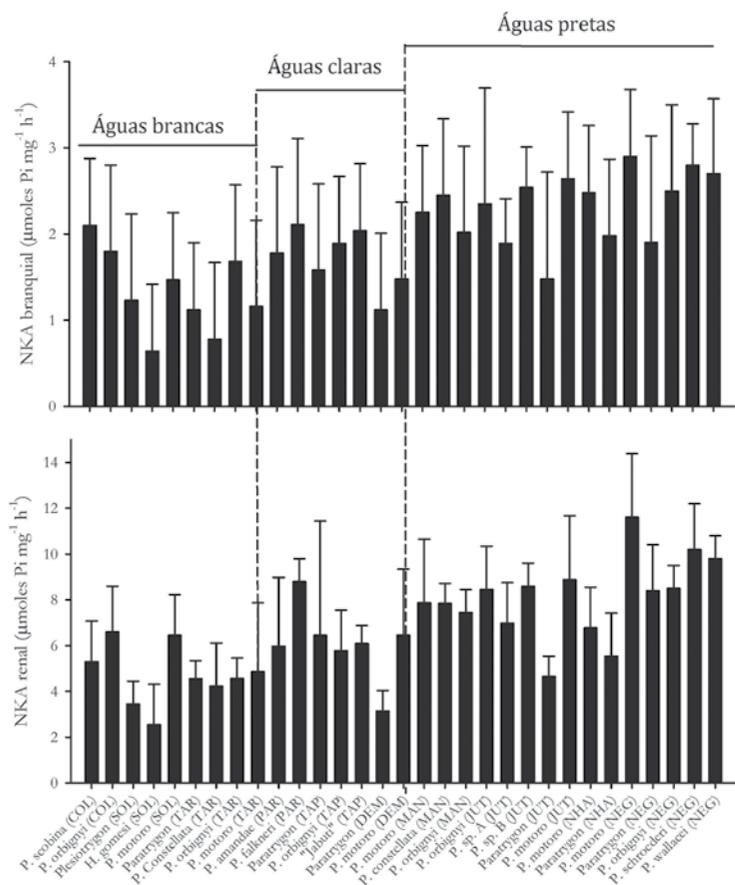


Figura 10. Níveis de atividade da bomba iônica Na⁺/K⁺-ATPase (NKA) nas brânquias e rins de várias espécies de raias de água doce coletadas em diferentes rios. Os acrônimos dos nomes dos rios estão identificados na figura 8.

meio de eletrólitos (principalmente, Na⁺ e Cl⁻) e não acumularam ureia no plasma (W. P. Duncan, dados não publicados).

Mecanismos especializados de interação organismo-ambiente

A “raia cururu” (*P. wallacei*) é o exemplo mais estudado de mecanismo especializado de regulação iônica em potamotrigonídeo. Essa raia é endêmica da bacia

do Rio Negro, no Amazonas. Possui baixo metabolismo, ainda que as formas jovens tenham elevada área de superfície branquial (Duncan *et al.* 2015). A concentração, composição iônica e ureia plasmática e do fluido perivisceral, bem como a análise da bomba iônica Na⁺K⁺-ATPase são semelhantes aos das espécies típicas de rios de água preta. Além disso, os mecanismos para evitar a perda excessiva de sais para

o meio aquático incluem: absorção branquial ativa, reabsorção renal e junções epiteliais especializadas. Contudo, essa raia apresenta mecanismos fisiológicos refinados para interagir com as características físicas e químicas da água.

Têm-se sugerido que *P. wallacei* adota uma estratégia semelhante àquela observada nos ciclídeos (teleosteos) para tolerar à água preta, ácida e pobre em íons do rio Negro (Wood *et al.* 2002). Essa raia possui um sistema de transporte iônico de baixa

afinidade, porém com um sistema de baixa perda difusiva de íons (Wood *et al.* 2002). Sugere-se também que o carbono orgânico dissolvido (como os ácidos húmicos) possa interagir direta ou indiretamente com as membranas biológicas reduzindo a perda e/ou estimulando a capacidade de tomada iônica (Wood *et al.* 2003). A tomada de íons da água ocorre principalmente pelas células ricas em mitocôndrias localizadas nas brânquias. Curiosamente, essas células nas brânquias de *P. wallacei* organizam-se no filamento branquial

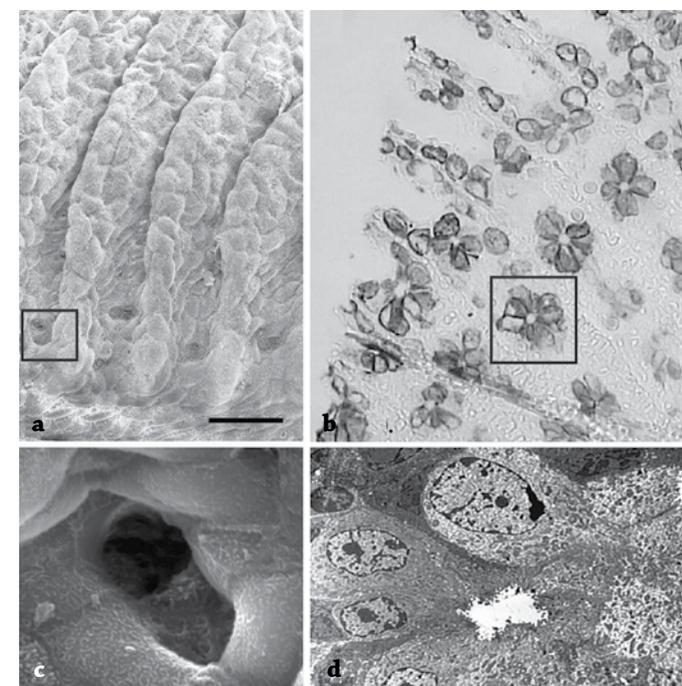


Figura 11. a) Microscopia eletrônica de varredura mostrando as aberturas da estrutura folicular na região aferente do filamento branquial de *Potamotrygon wallacei*; b) identificação das células ricas em mitocôndrias imunopositivas para Na⁺/K⁺-ATPase nos espaços interlamelares; c) detalhes da abertura de um complexo de células ricas em mitocôndria; d) ampliação em microscopia eletrônica de transmissão mostrando detalhes do complexo celular. Fotos: W. P. Duncan.

ECOFISIOLOGÍA

formando um sistema folicular até então não observado nas outras espécies de potamotrygonídeos (Figura 11). A organização folicular das células ricas em mitocôndrias pode ser importante para a tolerância às águas pobres em íons da bacia do Rio Negro (Duncan *et al.* 2010, 2011). A localização dos complexos multicelulares ricos em mitocôndrias na região aferente do filamento pode ser vantajosa para a troca iônica, uma vez que essas estruturas estão profundamente associadas ao compartimento arteriovenoso branquial.

Conclusões

As raías potamotrygonídeas osmorregulam da mesma forma como fazem os peixes teleósteos de água doce. São dependentes do balanço dos íons sódio e cloreto como solutos osmorreguladores. Por isso, os padrões iono-osmorregulatórios estão claramente relacionados aos fatores abióticos e bióticos das diferentes bacias hidrográficas. Espécies que vivem em águas mais diluídas possuem menores teores de sais no plasma, enquanto aquelas que habitam ambientes com maiores concentrações de sais dissolvidos apresentam maiores níveis de eletrólitos plasmáticos. No caso de espécies que vivem em águas pobres em íons, as bombas iônicas branquiais e renais são extremamente ativas. Isso se deve à elevada densidade de células ricas em mitocôndrias. Neste caso, as brânquias absorvem ativamente íons, enquanto os rins reabsorvem esses eletrólitos. Adicionalmente, as junções epiteliais especializadas reduzem a permeabilidade. O conjunto desses mecanismos evita a perda excessiva de sais para o meio. Espécies plásticas como *Paratrygon aiereba*, *Potamotrygon motoro*, *P. orbignyi* e *P. scobina* parecem ajustar esses mecanismos conforme o tipo ambiente onde vivem.

Por outro lado, espécies endêmicas (como a “raia cururu”, *Potamotrygon wallacei*) possuem mecanismos especializados que permitem explorar uma estreita faixa de habitats específicos.

Bibliografía

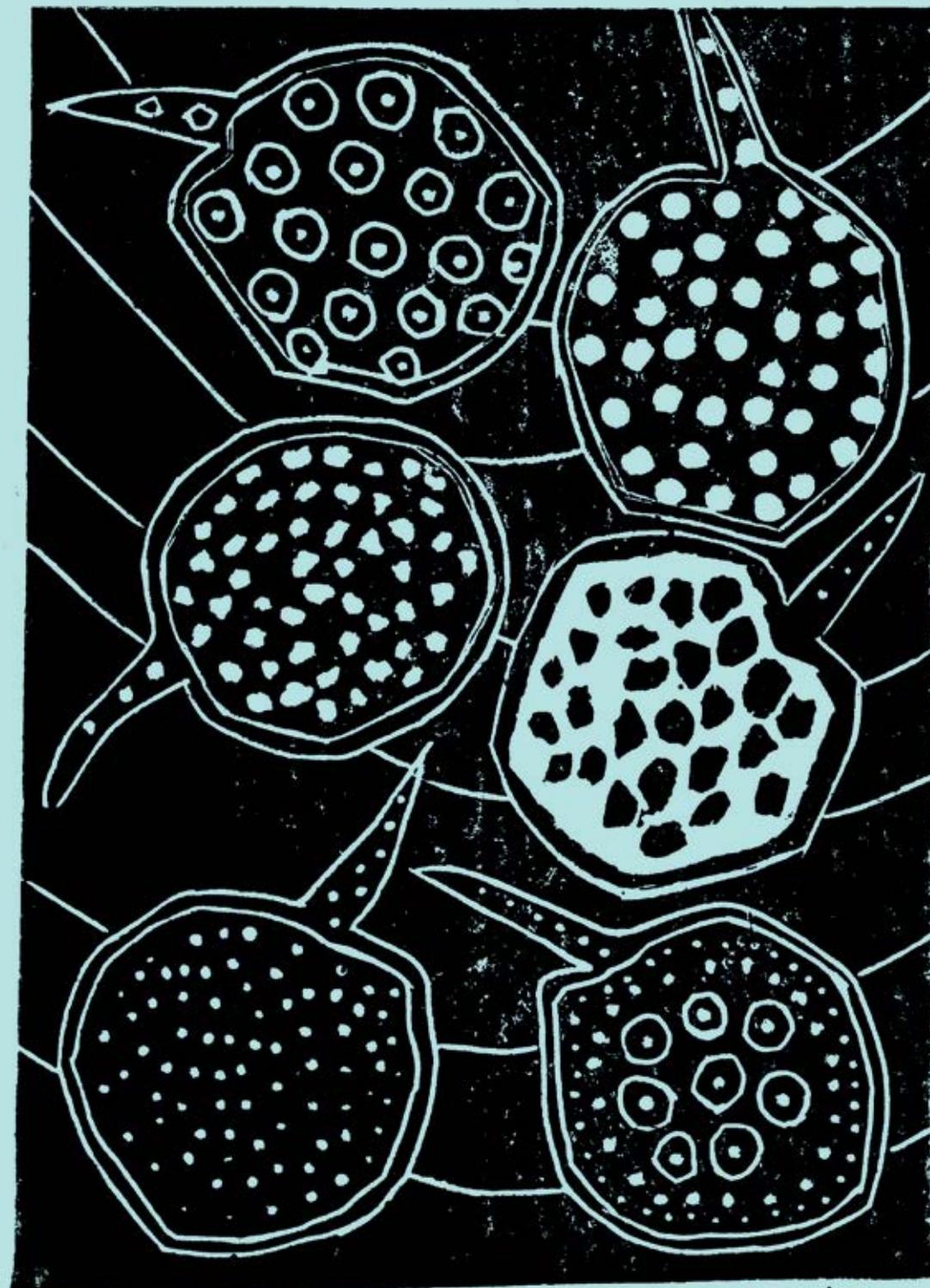
- Almeida, M. P., R. B. Barthem, A. S. Viana e P. Charvet-Almeida. 2009. Factors affecting the distribution and abundance of freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) at Marajó Island, mouth of the Amazon River. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 4: 1-11.
- Bittner, A. e S. Lang. 1980. Some aspects of the osmoregulation of Amazonian freshwater stingrays (*Potamotrygon hystrix*). I. Serum osmolality, sodium and chloride content, water content, hematocrit, and urea level. *Comparative Biochemistry and Physiology* 67: 9-13.
- Duncan, W. P. e M. N. Fernandes. 2010. Physicochemical characterization of the white, black, and clearwater rivers of the Amazon Basin during the rainy period and its implications on the distribution of freshwater stingrays (Chondrichthyes, Potamotrygonidae). *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 53: 454-464.
- Duncan, W. P., N. F. Silva e M. N. Fernandes. 2011. Mitochondrion-rich cells distribution, Na⁺/K⁺-ATPase activity and gill morphometry of the Amazonian freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). *Fish Physiology and Biochemistry* 37: 523-531.
- Duncan, W. P., O. T. F. Costa, M. L. G. Araujo e M. N. Fernandes. 2009. Ionic regulation and Na⁺-K⁺-ATPase activity in gills and kidney of the freshwater stingray *Paratrygon aiereba* living in white and blackwaters in the Amazon Basin. *Journal of Fish Biology* 74: 956-960.
- Duncan, W. P., O. T. F. Costa, M. M. Sakuragui e M. N. Fernandes. 2010. Functional morphology of the gill in Amazonian freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae): implications for adaptation to freshwater. *Physiological and Biochemical Zoology* 83: 19-32.
- Duncan, W. P., M. I. Silva e M. N. Fernandes. 2015. Gill dimensions in near-term embryos of Amazonian freshwater stingrays (Elasmobranchii: Potamotrygonidae) and their relationship to the lifestyle and habitat of neonatal pups. *Neotropical Ichthyology* 13: 123-136.
- Endo, M. 1984. Histological and enzymatic studies on the renal tubules of some marine elasmobranchs. *Journal of Morphology* 182: 63-69.
- Evans, D. H., P. M. Piermarini e K. P. Choe. 2004. Homeostasis: osmoregulation, pH regulation and nitrogen excretion. Pp. 247-268. *En: Carrier, J. C., J. A. Musick e M. R. Heithaus, M. R. (Eds.). Biology of sharks and their relatives.* CRC Press, Boca Raton, USA.
- Evans, D. H., P. M. Piermarini e K. P. Choe. 2005. The multifunctional fish gill: dominant site of gas exchange, osmoregulation, acid-base regulation, and excretion of nitrogenous wastes. *Physiology Review* 85: 97-177.
- Griffith, R. W., P. K. T. Pang, A. K. Srivastava e G. E. Pickford. 1973. Serum composition of freshwater stingrays (Potamotrygonidae) adapted to fresh and diluted sea water. *Biology Bulletin* 144: 304-320.
- Hammerschlag, N. 2006. Osmoregulation in elasmobranchs: a review for fish biologists, behaviourists and ecologists. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology* 39: 209-228.
- Handy, R. D. e F. B. Eddy. 1991. The absence of mucus on the secondary lamellae of unstressed rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Journal of Fish Biology* 38: 153-162.
- Ip, Y. K., W. L. Tam, W. P. Wong, A. M. Loong, K. C. Hiong, J. S. Ballantynes e S. F. Chew. 2003. A comparison of the effects of environmental ammonia exposure on the Asian freshwater stingray *Himantura signifer* and the Amazonian freshwater stingray *Potamotrygon motoro*. *Journal of Experimental Biology* 206: 3625-3633.
- Lacy, E. R. e E. Reale. 1995. Functional morphology of the elasmobranch nephron and retention of urea. Pp. 107-146. *En: Wood, C. M. e T. J. Shuttleworth (Eds.). Cellular and Molecular Approaches to Fish Ionic Regulation.* Academic Press, San Diego, EUA.
- Mittal P. S. e A.K. Mittal. 2008. Glycoproteins in the epithelium of lips and associated structures of a hill stream fish *Garra lamta* (Cyprinidae, Cypriniformes): a histochemical investigation. *Anatomia Histologia Embryologia* 37: 101-113.
- Piermarini, P. M. e D. H. Evans. 2000. Effects of environmental salinity on Na⁺/K⁺ - ATPase in the gills and rectal gland of a euryhaline elasmobranch (*Dasyatis sabina*). *Journal of Experimental Biology* 203: 2957-2966.
- Piermarini, P. M. e D. H. Evans. 2001. Immunochemical analysis of the vacuolar proton-ATPase B-subunit in the gills of a euryhaline stingray (*Dasyatis sabina*): effects of salinity and relation to Na⁺/K⁺ - ATPase. *Journal of Experimental Biology* 204: 3251-3259.
- Rodríguez-Guerra J. C., C. A. Lasso y O. M. Lasso-Alcalá. 2008. Aportación al conocimiento de la bioecología de la raya fluvio-estuarina *Potamotrygon* sp. (Myliobatiformes, Potamotrygonidae) en el delta del Orinoco y golfo de Paria, Venezuela. *Memoria de La Fundación La Salle de Ciencias Naturales* 168: 91-113.
- Rosa, R. S. e C. A. Lasso. 2014. Biogeografía de las rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de América del Sur. Capítulo 1. Pp. 39-47. *En: Lasso, C. A., R. de S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt e E. Agudelo-Córdoba (Eds.). IX. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guyana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia.* Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
- Rosa, R. S., P. Charvet-Almeida e C. C. D. Quijada. 2010. Biology of the South American Potamotrygonid Stingrays. Pp. 241-286. *En: Carrier, J. C., J. A. Musick e M. R.*



M. A. Morales-B.

ECOFISIOLOGÍA

- Heithaus (Eds.). Sharks and their relatives II: Biodiversity, adaptive physiology, and conservation. Marine Biology Series 11. CRC Press, Boca Raton, USA.
- Sioli, H. 1984. The Amazon and its main effluents: hydrography, morphology of the river courses, and river types. Pp. 127-166. *En: Sioli, H. (Ed.). The Amazon, limnology and landscape ecology of a mighty Tropical river and its basin.* Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht.
 - Tam, W. L., W. P. Wong, A. M. Loong, K. C. Hiong, S. F. Chew, J. S. Ballantyne e Y. K. 2003. The osmotic response of the Asian freshwater stingray (*Himantura signifer*) to increased salinity: a comparison with marine (*Taeniura lymna*) and Amazonian freshwater (*Potamotrygon motoro*) stingrays. *Journal of Experimental Biology* 206: 2931-2940.
 - Thorson, T. B., C. M. Cowan e D. E. Watson. 1967. *Potamotrygon* spp: elasmobranchs with low urea content. *Science* 158: 375-377.
 - Thorson, T. B., R. M. Wootton e T. A. Georgi. 1978. Rectal gland of freshwater stingrays, *Potamotrygon* spp (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). *Biology Bulletin* 154: 508-516.
 - Treberg, J. R., B. Speers-Roesch, P. M. Piermarini, Y. K. Ip, J. S. Ballantyne e W. R. Driedzic. 2006. The accumulation of methylamine counteracting solutes in elasmobranchs with differing levels of urea: a comparison of marine and freshwater species. *Journal of Experimental Biology* 209: 860-870.
 - Wilson, J. M., J. D. Morgan, A. W. Vogl e D. J. Randall. 2002. Branchial mitochondria-rich cells in the dogfish *Squalus acanthias*. *Comparative Biochemistry and Physiology* 132A: 365-374.
 - Winemiller, K. O., H. López-Fernández, D. C. Taphorn, L. G. Nico e A. B. Duque. 2008. Fish assemblages of the Casiquiare River, a corridor and zoogeographical filter for dispersal between the Orinoco and Amazon basins. *Journal of Biogeography* 35: 1551-1563.
 - Wood, C. M., A. Y. O. Matsuo, R. J. Gonzalez, R. W. Wilson, M. L. Patrick e A. L. Val. 2002. Mechanisms of ion transport in *Potamotrygon*, a stenohaline freshwater elasmobranch native to the ion-poor blackwater of the Rio Negro. *Journal of Experimental Biology* 205: 3039-3054.
 - Wood, C. M., A. Y. O. Matsuo, R. W. Wilson, R. J. Gonzalez, M. L. Patrick, R. C. Playle e A. L. Val. 2003. Protection by natural blackwater against disturbances in ions fluxes caused by low pH exposure in freshwater stingrays endemic to the Rio Negro. *Physiological and Biochemical Zoology* 76: 12-27.



R.A.

Carroll
16



Barcelos, Rio Negro. Foto: A. Shibuya.

2. ALIMENTAÇÃO E COMPORTAMENTO PREDATÓRIO EM RAIAS POTAMOTRYGONIDAE

Akemi Shibuya, Jansen Zuanon e Marcelo R. de Carvalho

Resumo

Estudos de alimentação em raias Potamotrygonidae vêm aumentando nos últimos dez anos, trazendo novas informações sobre o fluxo de energia entre os níveis tróficos nos rios. Devido a isso, uma revisão reunindo tais resultados é apresentada mostrando quais presas são consumidas pelas espécies de raias de água doce na região Neotropical. Espécies mais amplamente distribuídas, como *Paratrygon aiereba*, *Plesiotrygon iwamae*, *Potamotrygon motoro* e *P. orbignyi* são intensivamente estudadas quanto à alimentação. No entanto, o conhecimento dos hábitos alimentares ainda é considerado baixo ou ausente para outras espécies. Em adição, investigações a respeito do comportamento alimentar também mostram como ocorre a captura dos diferentes tipos de alimento. Presas pequenas e abundantes têm sido capturados por sucção; enquanto, espécies que consomem presas duras necessitam de apreensão por mordida, facilitando o transporte até o estômago. Esse último grupo de raias podem alimentar-se de bagres, mesmo que estes possuam espinhos pungentes

em suas nadadeiras. A hipótese de que estes espinhos sejam um mecanismo anti-predatório nos bagres parece não ter sucesso durante o forrageamento das raias. A presença frequente de bagres nos conteúdos estomacais vêm reforçando que a injúria sofrida por seus espinhos não é obstáculo para as raias potamotrygonídeas.

Palavras chave. Dieta. Myliobatiformes. Predação. Presas.

Resumen

Los estudios de alimentación en las rayas (Potamotrygonidae) han aumentado en los últimos diez años, y con ellos, hay nueva información sobre el flujo de energía entre los niveles tróficos en los ríos. Debido a esto, se presenta una revisión de tales resultados, mostrando cuales son las presas consumidas por las especies de rayas de agua dulce. La mayoría de las especies de amplia distribución como *Paratrygon aiereba*, *Plesiotrygon iwamae*, *Potamotrygon motoro* y *P. orbignyi*, han sido ampliamente estudiadas en cuanto a la alimentación. Sin embargo, el



ALIMENTACIÓN Y DEPREDACIÓN



A. Shibuya

conocimiento de los hábitos alimenticios todavía es poco o inexistente para otras especies. Además, las investigaciones con respecto al comportamiento alimentario muestran como ocurre la captura de los diferentes tipos de alimentos. Presas pequeñas y abundantes son capturadas por succión; mientras que las especies que consumen presas duras requieren aprehensión por mordedura, lo que facilita el transporte hasta el estómago. Este último grupo de rayas puede comer incluso bagres, aunque posean espinas tóxicas en sus aletas. La hipótesis de que estas espinas sean un mecanismo anti-depredador en los bagres parece no aplicar para el forrajeo de las rayas. La presencia frecuente de bagres en los contenidos estomacales sostiene que el perjuicio sufrido por las espinas no es obstáculo para las rayas de agua dulce.

Palabras clave. Depredación. Dieta. Myliobatiformes. Presas.

Introdução

Os elasmobrânquios, em geral, são grandes predadores em praticamente todos os ambientes em que vivem, tendo um importante papel no fluxo energético entre níveis tróficos e informações a respeito dos seus hábitos alimentares estão cada vez mais disponíveis na literatura (Cortés 1999, Wetherbee *et al.* 2012). Entre os batoideos, o número de estudos sobre alimentação é maior em espécies marinhas; porém, estudos sobre a dieta de raias de água doce, em especial sobre Potamotrygonidae, tem aumentado nos últimos dez anos (e. g. Lonardoni *et al.* 2006, Rodríguez-Guerra *et al.* 2008, Shibuya *et al.* 2009, Almeida *et al.* 2010, Moro *et al.* 2011, Gama e Rosa 2015).

Assim como a maioria dos batoideos marinhos, as raias de água doce são

carnívoras, alimentando-se de uma grande variedade de presas, principalmente crustáceos, moluscos e peixes. Além dessas presas, os rios oferecem uma diversidade de insetos, que constituem uma categoria de presas única disponível nesse tipo de ambiente. Larvas de insetos têm sido comumente observadas nos conteúdos estomacais das raias Potamotrygonidae e constituem um importante recurso alimentar, ao ponto de permitir a evolução da insetivoria como hábito alimentar especializado por algumas espécies (e. g. *Potamotrygon orbignyi*) (Lasso *et al.* 1996, Rincon-Filho 2006, Shibuya *et al.* 2009).

A primeira citação sobre alimentação em raias Potamotrygonidae foi feita por Schomburgk (1843), em espécimes coletados na Bacia do rio Branco (Guiana Inglesa), relatando o consumo de animais e provavelmente vegetais, sem detalhar os grupos de presas. No entanto, Achenbach e Achenbach (1976) foram os primeiros a descrever em detalhes a dieta de raias de água doce, mencionando a existência de mudanças ontogenéticas na alimentação, com neonatos consumindo plâncton e passando a ingerir presas maiores à medida que crescem.

Posteriormente, Lasso *et al.* (1996) incluíram dados de frequência de ocorrência e de volume das principais categorias de presas encontradas para *Paratrygon aiereba* e *P. orbignyi* para a definição dos seus hábitos alimentares. A partir deste trabalho, pode-se observar a adoção de métodos quali e quantitativos em estudo de alimentação, segundo a recomendação feita por vários autores (Hyslop 1980, Kawakami e Vazzoler 1980, Cortés 1997).

Informações sobre a alimentação de raias de água doce estão disponíveis em artigos

científicos, teses, dissertações e livros de divulgação científica, onde se informa a composição da dieta e os hábitos alimentares de diversas espécies. A Tabela 1 mostra as categorias de presas consumidas por 13 espécies de Potamotrygonidae, a partir estudos que incluíram, no mínimo, informações sobre frequência de ocorrência dos diferentes tipos de alimentos consumidos.

Desde que Cortés (1997) recomendou o uso da porcentagem do Índice de Importância Relativa (%IRI), modificada de Pinkas *et al.* (1971), muitos estudos de alimentação em elasmobrânquios vêm utilizando este tipo de análise quantitativa. No entanto, ainda é possível observar diferenças quanto ao uso de métodos, seja apresentando os resultados em frequência de ocorrência, peso, volume e/ou número de presas consumidas, como também transformando-os em valores relativos para o cálculo da porcentagem tanto da %IRI como do Índice Alimentar (%IA, modificado de Kawakami e Vazzoler 1980).

A maioria desses trabalhos foi realizada em rios no território brasileiro, enfocando principalmente a dieta de *Potamotrygon motoro* e *P. orbignyi*. Isso evidencia a necessidade de obter mais informações sobre a biologia alimentar de outras espécies de raias, em outras bacias hidrográficas e regiões, como forma de se obter uma visão mais abrangente sobre a ecologia trófica desse importante grupo de organismos.

Um notável exemplo de que o hábito alimentar de uma espécie não pode ser generalizado a partir de dados pontuais é *P. motoro*. O hábito carcinófago e a expressiva participação de peixes na dieta de *P. motoro* foi relatado para populações do baixo rio Amazonas e médio rio Negro.

Entretanto, em rios da Colômbia (Lasso *et al.* 2013b; Sánchez-Duarte *et al.* 2013b) e nas bacias dos rios Araguaia e Paraná, no Brasil (Pantano-Neto 2001, Lonardoni *et al.* 2006, Silva e Uieda 2007) essa espécie consumiu principalmente larvas de insetos. Diferentes tipos de presas (insetos, moluscos, crustáceos e peixes) foram encontrados nos estômagos de *P. motoro*, mostrando que esta espécie tem uma grande plasticidade alimentar, que pode estar relacionada com variações na disponibilidade local de presas.

Outra espécie relativamente bem estudada quanto à dieta é *Potamotrygon orbignyi*. A literatura disponível tem indicado que seu hábito é insetívoro (ver Lasso *et al.* 1996, Rincon-Filho 2006, Bragança *et al.* 2004, Shibuya *et al.* 2009, Lasso e Sánchez-Duarte 2011, Moro *et al.* 2011, Gama e Rosa 2015). Destaca-se uma diferente observação para *P. orbignyi* dos llanos venezuelanos, descrita por Lasso *et al.* (1996; 2013c) e Machado-Allison (2005). Uma grande quantidade de insetos foi encontradas nos conteúdos estomacais por Lasso *et al.* (1996; 2013c), em termos de frequência de ocorrência. Porém, Machado-Allison (2005) cita, sem utilizar análises quali e quantitativas, que jovens e adultos de *P. orbignyi* consumiram principalmente camarões *Macrobrachium* que estão associados ao substrato, além de ingerir gastrópodes do gênero *Pomacea*. Tal observação difere de todas as descrições de dieta feitas para *P. orbignyi*, mostrando que variações nos tipos de presas podem existir até mesmo em uma espécie considerada de hábito alimentar específico.

Estudos de alimentação realizadas com duas ou mais espécies em uma mesma região, além de mostrarem o que cada uma delas consomem, indicam que há pouca

ALIMENTACIÓN Y DEPREDACIÓN

Tabela 1. Espécies de raías Potamotrygonidae estudadas quanto à alimentação, mostrando as categorias de presas mais importantes e o método de análise de dados utilizados nos respectivos estudos. Fontes: 1. Lasso *et al.* (1996); 2. Rincon-Filho (2006); 3. Shibuya *et al.* (2009); 4. Charvet-Almeida (2001); 5. Bragança *et al.* (2004); 6. Shibuya e Zuanon (2013); 7. Sánchez-Duarte *et al.* (2013a); 8. Lonardoni *et al.* (2006); 9. Silva e Uieda (2007); 10. Pantano-Neto (2001); 11. A. Shibuya (dados não publicados); 12. Ramos-Socha e Grijalba-Bendeck (2011); 13. Lasso *et al.* (2013a); 14. Almeida *et al.* (2010); 15. Vasconcelos e Oliveira (2011); 16. Gama e Rosa (2015); 17. Lasso *et al.* (2013b); 18. Moro *et al.* (2011); 19. Lasso *et al.* (2013c); 20. Moro *et al.* (2012). * *Potamotrygon dumerilii* é considerada sinônimo júnior de *P. orbigny*, segundo Da Silva e Carvalho (2015).

Espécie	Bacia	Método	Presa principal	Presa secundária	Presa terciária	Fonte
<i>Paratrygon atereba</i>	Rio Orinoco (rio Apure)	%FO	Peixes	Decapoda – camarão		1
	Rio Tocantins (rio Paraná)	%IRI	Peixes			2
	Rio Negro	%IRI	Peixes			3
<i>Plesiotrygon iwamae</i>	Rio Amazonas (Baía do Marajó)	%IRI	Decapoda	Fragmento vegetal	Peixes	4
	Rio Amazonas (Baía do Marajó)	%IRI	Decapoda – camarão			5
	Rio Tocantins (rio Paraná)	%IRI	Decapoda – camarão			2
	Rio Solimões	%FO	Peixes	Decapoda – camarão		6
<i>Potamotrygon falkneri</i>	Rio Yarıcayá (rio Putumayo)	%IRI	Diptera	Trichoptera		7
	Rio Paraná	%FO	Trichoptera	Gastropoda	Peixes	8
	Rio Paraná	%IRI	Hemiptera	Ephemeroptera	Trichoptera	9
<i>Potamotrygon henlei</i>	Rio Araguaia (rio Cristalino)	%IA	Gastropoda	Peixes		10
	Rio Tocantins (rio Paraná)	%IRI	Gastropoda	Decapoda – camarão		2
<i>Potamotrygon humerosa</i>	Rio Tapajós (rio Arapiuns)	%FO	Diptera			11

Tabela 1. Continuação.

Espécie	Bacia	Método	Presa principal	Presa secundária	Presa terciária	Fonte
<i>Potamotrygon magdalenae</i>	Rio Magdalena (Ciénaga de Sabayo)	%FO	Ephemeroptera	Larvas de inseto		12
	Rio Magdalena (Ciénaga de Sabayo)	%IRI	Diptera			13
	Rio Araguaia (rio Cristalino)	%IA	Diptera	Ephemeroptera		10
	Rio Paraná	%FO	Trichoptera	Ephemeroptera	Odonata	8
	Rio Paraná	%IRI	Ephemeroptera	Diptera	Trichoptera	9
	Rio Negro	%IRI	Decapoda	Peixes		3
<i>Potamotrygon motoro</i>	Rio Amazonas (Ilha do Marajó)	%IRI	Decapoda	Peixes	Ephemeroptera	14
	Rio Amazonas (rio Curiaú)	%IA	Decapoda – camarão	peixes	Gastropoda	15
	Rio Amazonas (Arquipélago Bailique)	%IA	Decapoda	Gastropoda		16
	Rio Orinoco	%IRI	Diptera	Ephemeroptera		17
	Rio Orinoco (rio Apure)	%FO	Diptera	Ephemeroptera		1
<i>Potamotrygon orbigny</i>	Rio Amazonas (Baía do Marajó)	%IRI	Isopoda	Diptera		5
	Rio Tocantins (rio Paraná)	%IRI	Ephemeroptera	Diptera		2
	Rio Negro	%IRI	Odonata	Ephemeroptera		3
	Rio Parnaíba	%IRI	Diptera	Ephemeroptera		18
	Rio Amazonas (Arquipélago Bailique)	%IA	Orthoptera	Oligochaeta		16
	Llanos venezuelanos	%FO	Ephemeroptera	Ostracoda	Diptera	19

A. Shibuya



ALIMENTACIÓN Y DEPREDACIÓN



A. Shibuya

Tabela 1. Continuação.

Espécie	Bacia	Método	Presa principal	Presa secundária	Presa terciária	Fonte
<i>Potamotrygon schroederi</i>	Rio Negro	%IRI	Odonata	Oligochaeta		11
<i>Potamotrygon scobina</i>	Rio Amazonas (Baía do Marajó)	%IRI	Isopoda	Decapoda – camarão		5
<i>Potamotrygon signata</i>	Rio Parnaíba	%IRI	Diptera	Ephemeroptera		20
<i>Potamotrygon wallacei</i>	Rio Negro	%IRI	Decapoda	Odonata	peixes	3

sobreposição no uso de recursos. Pantano-Neto (2001) mostrou que, no rio Cristalino (bacia do rio Araguaia, Brasil), *P. motoro* consumiu principalmente insetos, enquanto *P. henlei* se alimentou principalmente de gastrópodes. Já Shibuya *et al.* (2009) examinaram os conteúdos estomacais de quatro espécies de raias Potamotrygonidae que co-ocorrem no Médio rio Negro e mostraram que cada uma teve dominância de diferentes tipos de presas na suas respectivas dietas. Esse resultado provavelmente está relacionado com diferenças nos microambientes/substratos explorados por cada espécie (Araújo 1998). A alimentação de *Paratrygon aiereba* e *Plesiotrygon iwamae* também foram descritas para diferentes bacias, mostrando que a dieta de cada espécie é relativamente similar entre as áreas amostradas. *Paratrygon aiereba* apresenta um hábito piscívoro e no rio Apure (Venezuela) consumiu exclusivamente peixes (Barbarino e Lasso 2005), enquanto nos rios Tocantins e Negro (Brasil) foram encontrados também insetos, porém com baixa ocorrência. Na descrição de *P. iwamae*, Rosa *et al.* (1987) examinaram os conteúdos estomacais de três indivíduos, reportando a presença de peixes, insetos e decápodes. Na baía do Marajó (rio Amazonas), esta espécie alimentou-se principalmente de peixes (Charvet-Almeida 2001, Bragança *et al.* 2004), assim como foi encontrado para *P. iwamae* do rio Solimões, apesar desta informação ser proveniente de apenas seis indivíduos amostrados (Shibuya e Zuanon 2013). Diferentemente do que foi descrito anteriormente, cinco indivíduos de *P. iwamae* coletados no rio Yaricayá (afluente do rio Putumayo, Colômbia) alimentaram-se somente de insetos aquáticos (Sánchez-Duarte, 2013a). No entanto, observações realizadas em um número amostral maior

possivelmente traria resultados mais consistentes para esta população.

A evidente maioria das informações sobre alimentação das raias Potamotrygonidae é oriunda do Brasil. Informações sobre as espécies ocorrentes em outros países têm sido relatadas brevemente principalmente em livros científicos (por exemplo, *Potamotrygon magdalenae* e *P. yepezi*) (Dahl 1971, Galvis *et al.* 1997, Mojica *et al.* 2012, Lasso *et al.* 2013a). De acordo com Dahl (1971), *P. magdalenae* consome frequentemente peixes, seguidos de caranguejos e gastrópodes. No entanto, larvas de insetos fazem parte da alimentação desta espécie, assim como *P. yepezi* (Galvis *et al.* 1997, Lasso *et al.* 2013a). Essa observação também foi feita por Ramos-Socha e Grijalba-Bendeck (2011), com maior frequência de ocorrência para insetos aquáticos em *P. magdalenae*, o que pode ser resultado de diferenças na oferta de alimento nas localidades que esta espécie foi estudada. Sarmiento *et al.* (2014), cita a presença de cinco espécies de Potamotrygonidae nos rios bolivianos e descreve a biologia de duas delas (*P. aiereba* e *P. motoro*), considerando-as carnívoras e incluindo dados de alimentação. No entanto, tal informação é derivada de compilação de literatura.

Conteúdos estomacais examinados em poucos indivíduos também podem fornecer uma ideia da alimentação de algumas espécies de raias. Como exemplo, três espécimes de *Potamotrygon jabuti*, coletados no rio Arapiuns (bacia do rio Tapajós, Brasil), alimentou-se de gastrópodes (identificados como Cerithioidea e Ampulariidae), bivalves e peixes. Da mesma forma, *Potamotrygon schroederi*, com sete exemplares examinados, mostrou que larvas de Odonata e oligoquetos foram os itens mais consumidos (Shibuya obs. pers.).

É possível observar que em alguns estudos de alimentação em raias de água doce plantas e restos vegetais têm sido considerados como item alimentar (Charvet-Almeida 2001, Lonardoní *et al.* 2006, Vasconcelos e Oliveira 2011, Gama e Rosa 2015). Bethea *et al.* (2007) concordam que, mesmo que a obtenção de plantas e algas durante a alimentação possa ser incidental para o tubarão martelo *Sphyrna tiburo* (Sphyrnidae), material não digerido dificilmente é encontrado no trato digestório dos indivíduos, sugerindo que esta espécie pode estar assimilando os nutrientes desse material. As raias de água doce são de hábito bentônico e a maioria de suas presas vive associada ao fundo, muitas vezes enterrada no substrato ou encoberta por restos vegetais que caem da floresta. Isso faz com que a ingestão de plantas e de sedimentos seja frequente durante a captura das presas. Portanto, mesmo que haja a ingestão acidental, esse assunto ainda necessita de uma investigação mais detalhada sobre a possível contribuição nutricional que as plantas podem ter para que possam ser consideradas um item alimentar de raias Potamotrygonidae.

Captura e processamento de presas por raias Potamotrygonidae

Informações sobre a alimentação obtidas a partir da análise de conteúdo estomacal permitem que se tenha uma boa ideia sobre a composição da dieta de raias. No entanto, muitas vezes é possível inferir sobre como o alimento é capturado, a partir do conhecimento do ambiente ocupado pelas presas e suas características comportamentais. Além disso, dados de alimentação aliados a estudos morfológicos e comportamentais podem fornecer um panorama mais completo sobre como as raias capturam suas presas.

As raias Potamotrygonidae, assim como a maioria dos batóideos, apresentam o corpo achatado dorso-ventralmente, fazendo com que a boca e os olhos fiquem posicionados em superfícies opostas. Portanto, para que haja sucesso no comportamento alimentar, a atuação simultânea dos sistemas sensoriais torna-se essencial para a localização e captura da presa. Dentre eles, os canais da linha lateral da superfície ventral do corpo da raia têm o papel tátil para a identificação da presença de presas no substrato antes que inicie a fase de captura durante o forrageamento (Maruska e Tricas 2004, Shibuya *et al.* 2010).

Após a localização da presa, diferentes conjuntos musculares participam do processo de captura e manipulação do alimento (Pantano-Neto 2001, Shibuya *et al.* 2012). Espécies insetívoras capturam seu alimento utilizando principalmente músculos responsáveis pela sucção, obtendo presas pequenas e em maior quantidade como *P. motoro* (Pantano-Neto 2001) e *P. orbignyi* (Shibuya 2009). Diferente do que Pantano-Neto (2001) observou para *P. motoro*, Shibuya *et al.* (2009) mostraram que esta espécie consumiu principalmente decápodes no rio Negro. Estruturas rígidas como o corpo dos caranguejos e conchas de gastrópodes necessitam que a musculatura responsável pela fechamento da boca (o complexo de músculos adutores) seja forte o suficiente para a quebra antes do transporte até o estômago (Pantano-Neto 2001, Shibuya *et al.* 2012).

Observações do comportamento alimentar em raias têm sido adotadas para que se possa compreender como ocorre a obtenção dos diferentes tipos de presas que elas consomem. Apesar do interesse crescente desse tipo de estudo entre os

elasmobrânquios, ainda é considerado escasso para as raias Potamotrygonidae.

As táticas de forrageio utilizadas por *Potamotrygon falkneri* e *P. motoro* em ambiente natural foram descritas por Garrone-Neto e Sazima (2009) na bacia do rio Paraná (Brasil), revelando como essas raias localizam e ingerem presas enterradas no substrato e também aderidas a substratos verticais, como troncos de árvores e estruturas de concreto. Essas raias de água doce frequentemente utilizam movimentos ondulatórios das nadadeiras peitorais para perturbar o substrato, desenterrar as presas e, ao mesmo tempo, deixá-las desorientadas. No entanto, as fases de captura e apreensão das presas não puderam ser observadas diretamente, devido à impossibilidade de observar a região ventral do corpo da raia durante o forrageio.

Observações comportamentais de raias sob condições de cativeiro têm sido essenciais para entender todo o processo de localização, captura e manipulação de presas. Em aquário é possível observar a região ventral das raias através do fundo de vidro transparente, na ausência de substrato (ou com uso de uma fina camada de areia). Shibuya *et al.* (2012) estudaram o comportamento alimentar de *P. motoro* sob condições de cativeiro, e mostraram que a apreensão da presa por mordida constitui a principal forma de captura durante um evento rápido de alimentação (Figura 1). Movimentos repetidos de sucção e expulsão durante a manipulação do alimento (mastigação) aparentemente facilitam a ingestão da presa. Por exemplo, caranguejos com a carapaça esmagada foram encontrados no conteúdo estomacal de exemplares de *P. motoro* (Shibuya *et al.* 2009), indicando a ocorrência de



A. Shibuya

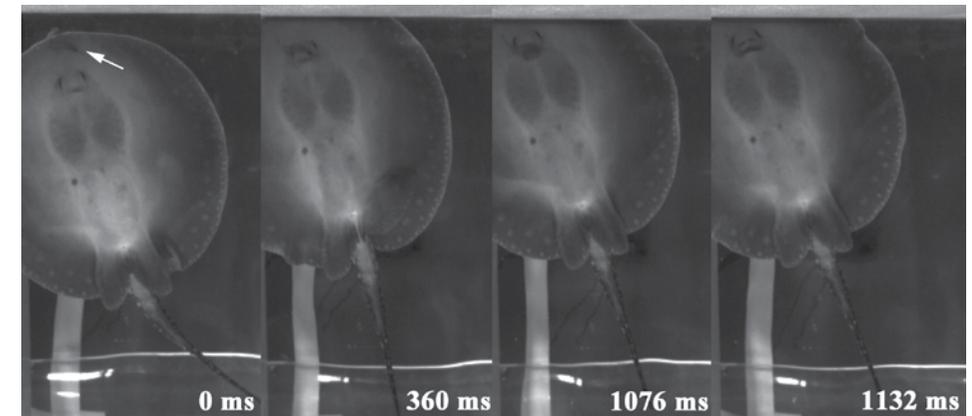


Figura 1. Sequência de fotogramas mostrando o processo de apreensão de uma presa por *Potamotrygon motoro*, em vista ventral. Em cada fotograma está indicado o tempo em milissegundos (ms) da sequência comportamental. A apreensão inicia-se com a movimentação do corpo e posicionamento da boca em relação à presa (0 ms), seguida pela abertura da boca (360 - 1100 ms) e captura da presa (1132 ms). A posição da presa é indicada pela seta (em 0 ms). Imagens capturadas com auxílio de câmera de alta velocidade, em 250 fotogramas.s⁻¹.

ALIMENTACIÓN Y DEPREDACIÓN

manipulação de presas grandes e com carapaças rígidas antes da ingestão.

Experimentos em condições de cativeiro podem ajudar a esclarecer o comportamento de forrageio das raias. No entanto, a falta de algum tipo de substrato nos aquários impossibilita que as presas se escondam e facilita a captura pelas raias. Além disso, a ausência de substrato pode dificultar o deslocamento da raia durante o processo de captura da presa, devido à falta de atrito no fundo de vidro escorregadio de aquários. Portanto, o comportamento alimentar observado em aquário tornam-se essenciais como complemento às descrições das táticas alimentares feitas a partir de observações na natureza. Outro comportamento de forrageio descrito para as raias de água doce é a exploração de ambientes rasos (Garrone-Neto e Sazima 2009). A alta concentração de determinado tipo de presa nesses locais serve de atrativo para algumas espécies de raias, como por exemplo, *P. falkneri*, *P. motoro*, *P. orbigny* e indivíduos jovens de *P. aiereba*. Tais espécies são comumente encontradas em praias arenosas do Rio Negro e do rio Paraná (Brasil) e podem estar relacionada com a disponibilidade de suas principais presas (camarões, pequenos peixes e larvas de insetos).

De forma geral, observa-se uma baixa ocorrência de peixes na dieta de raias Potamotrygonidae, com exceção de *P. aiereba* (Lasso *et al.* 1996, Rincon-Filho 2006, Shibuya *et al.* 2009). Entre os peixes consumidos pelas raias, os Siluriformes têm uma considerável participação na dieta de diversas espécies de raias. Diferentes grupos de bagres foram encontrados em conteúdos estomacais de *P. motoro* da Ilha do Marajó e do Rio Cariaú (Brasil) (Almeida *et al.* 2010, Vasconcelos

e Oliveira 2011, Shibuya e Zuanon 2013). Por outro lado, Silva e Uieda (2007) indicam que bagres são itens alimentares raros na dieta de *P. falkneri* e *P. motoro* na bacia do rio Paraná (Brasil). Adicionalmente, Garrone-Neto e Uieda (2009) argumentam que a captura de bagres por *P. falkneri* no rio Paraná pode ser ocasional, diferente do que tem sido observado para algumas espécies de raias na bacia amazônica.

Apesar dos peixes Siluriformes apresentarem espinhos pungentes e frequentemente serrilhados nas nadadeiras dorsal e peitorais como mecanismo de defesa contra predadores, isso parece não impedir o seu consumo pelas raias de água doce na bacia amazônica. Bagres das famílias Callichthyidae, Doradidae e Loricariidae têm sido encontrados frequentemente nos conteúdos estomacais de raias na Amazônia Brasileira. A figura 2 mostra um exemplar de um pequeno bagre doradídeo, *Trachydoras microstomus*, regurgitado por um indivíduo de *Potamotrygon wallacei* imediatamente após a sua captura no rio Negro. Embora esse registro possa parecer que a raia tenha rejeitado o alimento por uma possível injúria causada pelos espinhos, Shibuya *et al.* (2009) encontraram outros exemplares de doradídeos nos estômagos dessa espécie de raia. Outra evidência do consumo frequente de bagres por raias na bacia amazônica pode ser observada na radiografia do holótipo de *Heliostrygon rosai* (Figura 3). É possível observar claramente a presença de numerosos espinhos de bagres alojados na musculatura peitoral da raia, bem como um loricariídeo presente no estômago daquele exemplar. De fato, é bastante comum encontrar espinhos de bagres inseridos no corpo de raias. Espinhos de *Pimelodus blochii* (Pimelodidae) (Figura 4) foram retirados da



Figura 2. Exemplar de *Trachydoras microstomus* regurgitado por *Potamotrygon wallacei*, durante a coleta no rio Negro (município de Barcelos, Amazonas, Brasil). Foto: W. Duncan.

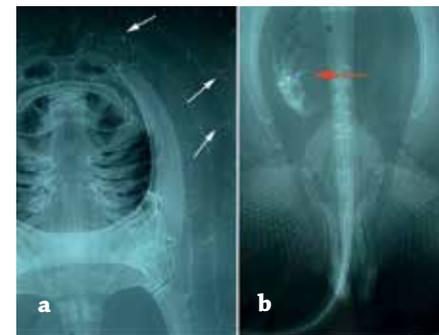


Figura 3. Radiografia do holótipo de *Heliostrygon rosai* (MZUSP 104996), mostrando: a) os espinhos de bagres (setas brancas) inseridos nas musculatura; b) presença de um peixe, identificado como loricariídeo (seta vermelha), no estômago da mesma raia.

musculatura peitoral de um espécime de *Potamotrygon limai* durante a dissecação, e também foram encontrados espinhos inseridos na parede do estômago dessa mesma raia. Isso também foi observado em exemplares de *P. iwamae* coletados no



A. Shibuya

rio Solimões (Brasil) (Shibuya e Zuanon 2013).

A hipótese de que os espinhos são usados como mecanismo anti-predatório pelos bagres (Bosher *et al.* 2005, Kirchheim e Goulart 2010) parece não ter sucesso durante o forrageamento por uma raia da família Potamotrygonidae. O comportamento tátil da raia durante a procura por presas poderia fazer com que a raia desista de capturar um bagre, porém, a relativa ocorrência desse grupo de presa na dieta e a presença de espinhos inseridos no corpo de Potamotrygonidae reforçam que a injúria sofrida pelos espinhos peitorais e dorsais não são obstáculos para a alimentação deste grupo de raias.

Bibliografía

- Achenbach, G. M. e S. V. M. Achenbach. 1976. Notas acerca de algunas especies de raya fluvial (Batoidei, Potamotrygonidae) que frecuentan el sistema hidrografico del Parana medio en el departamento La Capital (Santa Fe - Argentina). *Comunicaciones del Museo Provincial de Ciencias Naturales Florentino Ameghino* 8: 1-34.
- Almeida, M. P., P. M. O. Lins, P. Charvet-Almeida e R. B. Barthem. 2010. Diet of the freshwater stingray *Potamotrygon motoro* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) on Marajó Island (Pará, Brazil). *Brazilian Journal of Biology* 70 (1): 155-162.
- Araújo, M. L. G. 1998. Biología de *Potamotrygon* sp. C (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) no Médio Rio Negro, Amazonas. Tesis de Maestría. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil. 171 pp.
- Barbarino, A. e C. A. Lasso. 2005. Pesquería y aspectos biológicos de la raya manta *Paratrygon aiereba* (Müller y Henle, 1841) (Myliobatiformes, Potamotrygonidae), en el río Apure (Venezuela). *Memoria de la Función La Salle de Ciencias Naturales* 163: 93-108.

ALIMENTACIÓN Y DEPREDACIÓN



A. Shibuya



Figura 4. Espinhos de *Pimelodus blochii* retirados das nadadeiras peitorais de um exemplar de *Potamotrygon limai* (MZUSP 104033). Escala: 1 cm. Foto: C. Paradedá.

- Bethea, D. M., L. Hale, J. K. Carlson, E. Cortés, C. A. Manire e J. Gelsleichter. 2007. Geographic and ontogenetic variation in the diet and daily ration of the bonnethead shark, *Sphyrna tiburo*, from the eastern Gulf of Mexico. *Marine Biology* 152: 1009-1020.
- Bosher, B. T., S. H. Newton y M. L. Fine. 2005. The spines of the channel catfish, *Ictalurus punctatus*, as an anti-predator adaptation: an experimental study. *Ethology* 112: 188-195.
- Bragança, A. J. M., P. Charvet-Almeida e R. B. Barthem. 2004. Preliminary observations on the feeding of the freshwater stingrays *Potamotrygon orbignyi*, *Potamotrygon scobina* and *Plesiotrygon iwamae* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) in the Cotijuba Island region – Pará – Brazil. Pp. 49-60. *En: Martin, R. A. e D. MacKinlay (Eds.). Biology and Conservation of Freshwater Elasmobranchs*. Manaus, International Congress on the Biology of Fish.
- Charvet-Almeida, P. 2001. Ocorrência, biologia e uso das raias de água doce na baía de Marajó (Pará, Brasil), com ênfase na biologia de *Plesiotrygon iwamae* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). Tesis de Maestria, Universidade Federal do Pará/Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, Brasil. 213 pp.
- Cortés, E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54: 726-738.
- Cortés, E. 1999. Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. *ICES Journal of Marine Science* 56 (5): 707-717.
- Dahl, G. 1971. Los peces del norte de Colombia. Ministerio de Agricultura, Instituto de Desarrollo de los Recursos Naturales Renovables (Inderena). Talleres Litografía Arco. Bogotá, Colombia. 391 pp.
- Da Silva, J. P. C. B. e M. R. Carvalho. 2015. Systematics and morphology of *Potamotrygon orbignyi* (Castelnau, 1855) and allied forms (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Potamotrygonidae). *Zootaxa* 3982 (1): 1-82.
- Galvis, G., J. I. Mojica e M. Camargo. 1997. Peces del Catatumbo. ECOPETROL/OXY/SHELL Asociación Cravo Norte. D'Vinni Edi. Ltda, Santa Fe de Bogotá. 118 pp.
- Gama, C. S. e R. S. Rosa. 2015. Uso de recursos e dieta das raias de água doce (Chondrichthyes, Potamotrygonidae) da

Reserva Biológica do Parazinho, AP. *Biota Amazônia* 5 (1): 90-98.

- Garrone-Neto, D. e I. Sazima. 2009. Stirring, charging, and picking: hunting tactics of potamotrygonid rays in the upper Paraná River. *Neotropical Ichthyology* 7 (1): 113-116.
- Garrone-Neto, D. e V. S. Uieda. 2009. Ingestion of catfish by freshwater stingray: possible mistake of inexperience. *Biota Neotropica* 9 (4): 000-000. <http://www.biota-neotropica.org.br/v9n4/en/abstract?short-communication+bn01609042009>
- Hyslop, E. J. 1980. Stomach contents analysis: a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology* 17: 411-429.
- Kawakami, E. e G. Vazzoler. 1980. Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado ao estudo da alimentação de peixes. *Boletim do Instituto Oceanográfico* 29 (2): 205-207.
- Kirchheim, P. D. e E. Goulart. 2010. Ecomorfologia de predação e antipredação em Siluriformes (Osteichthyes). *Oecologia Australis* 14 (2): 550-568.
- Lasso, C. A., A. B. Rial e O. Lasso-Alcalá. 1996. Notes on the biology of the freshwater stingrays *Paratrygon aiereba* (Müller & Henle, 1841) and *Potamotrygon orbignyi* (Castelnau, 1855) (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) in the Venezuelan llanos. *Aqua Journal of Ichthyology and Aquatic Biology* 2 (3): 39-49.
- Lasso, C. A. e P. Sánchez-Duarte. 2011. Los peces del delta del Orinoco. Diversidad, bioecología, uso y conservación. Fundación La Salle de Ciencias Naturales y Chevron C. A. Caracas, Venezuela. 500 pp.
- Lasso, C. A., P. Sánchez-Duarte, C. M. R. Sierra, M. Grijalba-Bendeck, L. M. Ortiz-Arroyave e H. B. Ramos-Socha. 2013a *Potamotrygon magdalenae*. Pp. 195-206. *En: Lasso, C. A, R. S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt y E. Agudelo-Córdoba (Eds.). IX. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica*. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Serie Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.
- Lasso C. A., P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt, L. M. Ortiz-Arroyave, O. M. Lasso-Alcalá, M. T. Sierra-Quintero e J. Agudelo. 2013b. *Potamotrygon motoro*. Pp. 209-217. *En: Lasso, C. A, R. S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt y E. Agudelo-Córdoba (Eds.). IX. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica*. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Serie Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.
- Lasso C. A., P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt, L. M. Ortiz-Arroyave, J. Agudelo, O. M. Lasso-Alcalá, G. Rincon, J. P. C. B. Da Silva, T. Loboda, J. P. Fontenelle, R. S. Rosa e M. R. Carvalho. 2013c. *Potamotrygon orbignyi*. Pp. 228-246. *En: Lasso, C. A, R. S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt y E. Agudelo-Córdoba (Eds.). IX. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica*. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Serie Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.
- Lonardoní, A. P., E. Goulart, E. F. Oliveira e M. C. F. Abelha. 2006. Hábitos alimentares e sobreposição trófica das raias *Potamotrygon falkneri* e *Potamotrygon motoro* (Chondrichthyes, Potamotrygonidae) na planície alagável do alto rio Paraná, Brasil. *Acta Scientiarum Biological Sciences* 3 (28): 195-202.
- Machado-Allison, A. 2005. Los peces de los llanos de Venezuela: un ensayo sobre su historia natural. Universidad Central

ALIMENTACIÓN Y DEPREDACIÓN



A. Shibuya

- de Venezuela CDCH, (Colección Estudios), Caracas, Venezuela. 222 pp.
- Maruska, K. P. e T. C. Tricas. 2004. Test of mechanotactile hypothesis: neuromast morphology and response dynamics of mechanosensory lateral line primary afferents in the stingray. *The Journal of Experimental Biology* 207: 3463-3476.
 - Mojica, J. I., J. S. U. Oviedo, R. A. León e C. A. Lasso. 2012. Libro rojo de peces dulceacuicolas de Colombia (2012). Bogotá, Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 319 pp.
 - Moro, G., P. Charvet e R. S. Rosa. 2011. Aspectos da alimentação da raia de água doce *Potamotrygon orbignyi* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) da bacia do rio Parnaíba, Nordeste do Brasil. *Revista Nordestina de Biologia* 20 (2): 47-57.
 - Moro, G., P. Charvet e R. S. Rosa. 2012. Insectivory in *Potamotrygon signata* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae), an endemic freshwater stingrays from the Parnaíba River basin, Northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 72 (4): 885-891.
 - Pantano-Neto, J. 2001. Estudio preliminar da anatomia descritiva e funcional associada à alimentação em raias de água-doce (Potamotrygonidae, Myliobatiformes, Elasmobranchii). Tesis de Maestria, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. 92 pp.
 - Pinkas, L. M., S. Oliphant e I. L. K. Iverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in Californian waters. *California Fish Game* 152: 1-105.
 - Ramos-Socha, H. B. e M. Grijalba-Bendeck. 2011. Bioecología de la raya de agua Dulce *Potamotrygon magdalenae* (Duméril, 1865) (Myliobatiformes) en la ciénaga de Saba-yo, Guaimaral, Colombia. *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica* 14 (2): 109-118.
 - Rincon-Filho, G. 2006. Aspectos taxonômicos, alimentação e reprodução da raia de água doce *Potamotrygon orbignyi* (Castelnau) (Elasmobranchii: Potamotrygonidae) no Rio Paraná-Tocantins. Tesis Doctoral, Universidade Estadual Paulista "Júlio Mesquita Filho", Rio Claro, Brasil. 132 pp.
 - Rodríguez-Guerra, J. C., C. A. Lasso e O. M. Lasso-Alcalá. 2008. Aportación al conocimiento de la bioecología de la raya fluvio-estuarina *Potamotrygon* sp. (Myliobatiformes, Potamotrygonidae) em el delta del Orinoco y golfo de Paria, Venezuela. *Memoria de La Fundación La Salle de Ciencias Naturales* 168: 93-113.
 - Rosa, R. S., H. P. Castello e T. B. Thorson. 1987. *Plesioptrygon iwamae*, a new genus and species of neotropical freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). *Copeia* 1987 (2): 447-458.
 - Sánchez-Duarte, P., C. A. Lasso, A. A. Acosta-Santos, L. M. Ortiz-Arroyave, M. A. Morales-Betancourt, A. Guzmán, E. Agudelo-Córdoba, G. A. Gómez-Hurtado, C. A. Bonilla-Castillo, M. R. Carvalho e M. P. Ragno. 2013a. *Plesioptrygon iwamae*. Pp. 157-163. En: Lasso, C. A., R. S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt y E. Agudelo-Córdoba (Eds.). IX. Rayas de agua Dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Serie Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.
 - Sánchez-Duarte, P., C. A. Lasso, L. M. Ortiz-Arroyave, M. A. Morales-Betancourt, T. Loboda, M. R. Carvalho, A. Acosta-Santos, E. Agudelo-Córdoba, C. A. Bonilla-Castillo, G. A. Gómez-Hurtado, R. Barriga e H. Ortega. 2013b. *Potamotrygon motoro*. Pp. 217-227. En: Lasso, C. A., R. S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt y E. Agudelo-Córdoba (Eds.). IX. Rayas de agua Dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Serie Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.
 - Sarmiento, J., R. Bigorne, F. M. Carvajal-Vallejos, M. Maldonado, E. Leciak e T. Oberdorff. 2014. Peces de Bolivia. Bolivian fishes. IRD. Biofresh (UE). Plural Editores. La Paz, Bolivia. 211 pp.
 - Schomburgk, R. H. 1843. Fishes of British Guiana. Pp. 175-185. En: Jardine, W. (Ed.). Naturalist's Library. Edinburgh.
 - Shibuya, A. 2009. Morfologia funcional dos mecanismos de alimentação em raias Myliobatoidei, com ênfase em espécies de Potamotrygonidae do Médio rio Negro. Tesis Doctoral, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Brasil. 142 pp.
 - Shibuya, A., M. L. G. Araújo e J. A. S. Zuanon. 2009. Analysis of stomach contents of freshwater stingrays (Elasmobranch: Potamotrygonidae) from the middle Negro River. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 4 (4): 466-465.
 - Shibuya, A., J. Zuanon, M. L. G. Araújo e S. Tanaka. 2010. Morphology of lateral line canals in Neotropical freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) from Negro River, Brazilian Amazon. *Neotropical Ichthyology* 8 (4): 867-876.
 - Shibuya, A., J. Zuanon e S. Tanaka. 2012. Feeding behavior of the Neotropical freshwater stingrays *Potamotrygon motoro* (Elasmobranchii: Potamotrygonidae). *Neotropical Ichthyology* 10 (1): 189-196.
 - Shibuya, A. e J. Zuanon. 2013. Catfishes as prey items of Potamotrygonid stingrays in Solimões and Negro rivers, Brazilian Amazon. *Biota Neotropica* 13 (1): 000-000. <http://www.biotaneotropica.org.br/v13n1/en/abstract?short-communication+bn03213012013>.
 - Silva, T. B. e V. S. Uieda. 2007. Preliminary data on the feeding habits of the freshwater *Potamotrygon falkneri* and *Potamotrygon motoro* (Potamotrygonidae) from the Upper Paraná River basin, Brasil. *Biota Neotropica* 7 (1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v7n1/pt/fullpaper?bn02007012007>.
 - Vasconcelos, H. C. G. e J. C. S. Oliveira. 2011. Alimentação de *Potamotrygon motoro* (Chondrichthyes, Potamotrygonidae) na planície de inundação da APA do rio Curiaú, Macapá-Amapá-Brasil. *Biota Amazônia* 1 (2): 66-73.
 - Wetherbee, B. M., E. Cortés, e J. J. Bizzarro. 2012. Food consumption and feeding habits. Pp. 239-264. En: Carrier, J. C., J. A. Musick e M. R. Heithaus (Eds.). *Biology of Sharks and Their Relatives*. Boca Raton, Florida. CRC Press.



Caño Dagua, cuenca el Orinoco. Foto: M. A. Morales-B.



3. PARASITAS DE RAIAS DE ÁGUA DOCE (POTAMOTRYGONIDAE): ESTADO ATUAL DO CONHECIMENTO E LISTA DE ESPÉCIES

Cecile de Souza Gama

Resumo

As raias de água doce da família Potamotrygonidae, assim como outros peixes, são comumente parasitados por vários organismos, sejam endo ou ectoparasitas, em confinamento por criação ou na natureza. Essa relação pode causar efeitos negativos às raias e assim controlar o estoque das populações naturais. Diante do crescente interesse pela fauna parasitária de peixes em geral, o interesse desse trabalho foi de mostrar a variedade de organismos parasitas de raias de água doce já registrados até o momento, assim como seus respectivos hospedeiros e localidades de amostragem a fim de facilitar a pesquisa pelo assunto. Através de bibliografia foram encontrados 75 diferentes parasitas de raias de água doce que parasitavam uma ou mais espécies, pertencentes aos grupos Cestoda, Monogenea, Digenea, Sporozoa, Nematoda, Acanthocephala, Ciliophora, Crustacea, Pentastomida e Pisces.

Palavras chave. América do Sul. Checklist. Parasitismo. Potamotrygonidae.

Resumen

Las rayas de agua dulce (Potamotrygonidae), así como otros peces, son comúnmente parasitados por diversos organismos, ya sean endo o ectoparásitos, en confinamiento o en la naturaleza. Esta relación puede causar efectos negativos a las rayas y por lo tanto afectar el "stock" de poblaciones naturales. Dado el interés por la fauna parasitaria de peces en general, el objetivo de este estudio fue mostrar la variedad de organismos parásitos de rayas de agua dulce registrados hasta el momento, así como sus respectivos hospederos y los lugares de muestreo con el fin de facilitar la investigación en el tema. Según la revisión de la literatura se encontraron 75 diferentes especies de parásitos de rayas de agua dulce que parasitaban una o más especies, pertenecientes a los grupos Cestoda, Monogenea, Digenea, Sporozoa, Nematoda, Acanthocephala, Ciliophora, Crustacea, Pentastomida y Peces.

Palabras clave. Inventario. Parasitismo. Potamotrygonidae. Suramérica.

Introdução

Raias da família Potamotrygonidae apresentam grande importância ecológica e econômica e têm sido exploradas como fonte de alimento na bacia amazônica, principalmente por ribeirinhos. Além disso, algumas espécies de *Potamotrygon* têm sido capturadas no sistema do Rio Amazonas e exportadas como peixe ornamental para o mercado internacional (Duncan *et al.* 2010).

É comum encontrarmos peixes parasitados, seja no ambiente natural ou em sistemas de criação. Os parasitas podem ser encontrados também num grande número de espécies de hospedeiros, que independentemente do número total de parasitas conhecidos, pode-se inferir que esse número está muito aquém da realidade, pois muito pouco foi estudado sobre o assunto. Grande parte desse conhecimento é proveniente de outros estudos, como alimentação, inventários, morfologia etc., que possibilitam a observação de parasitas. Contudo, o interesse pelo assunto vem crescendo e já se tornou uma área consistente e emergente de estudo, principalmente no que diz respeito aos peixes de interesse comercial.

Esse crescente interesse pelo estudo de parasitas de peixes também pode ser observado em diversos trabalhos envolvendo a descrição de novas espécies de parasitas encontrados em raias de água doce, da família Potamotrygonidae (e.g. Mayes *et al.* 1978, 1981 a, b, Deardoff *et al.* 1981 Brooks *et al.* 1981, Brooks e Amato 1992, Hayes *et al.* 2006, Domingues e Marques 2007, 2010, Menoret e Ivanov 2009), que mostram que esta família é constantemente parasitada por diversos grupos de parasitas e em diferentes áreas do corpo, desde o sangue mais internamente até seu epitélio externo.

O grupo dos endoparasitas de Potamotrygonidae vem sendo estudado por diversos autores com a publicação de novos gêneros (e.g. Marques *et al.* 2010) e novas espécies (e.g. Deardorff *et al.* 1981), com estudos de sistemática e filogenia do grupo (e.g. Domingues e Marques 2010, Brooks *et al.* 1981), estudos taxonômicos (e.g. Marques e Brooks 2003, Lacerda 2007), podendo até a especialização em parasitas estruturais, como parasitas intestinais (Reyda 2008), parasitas branquiais (Ale 2009), parasitas branquiais (Ale 2009), etc.

Os parasitas que podem afetar os peixes são muito abundantes e incluem membros de diferentes grupos zoológicos. Assim, há parasitismo por fungos, protozoários, helmintos, moluscos, hirudíneos, crustáceos e peixes, entre outros. Todavia, a presença desses parasitas nos peixes cultivados dependerá, em grande parte, das condições do cultivo, da procedência dos peixes e do ciclo vital dos parasitas (Nunes 2007).

É bem sabido que as infecções parasitárias dos peixes aumentam principalmente quando se mantém os peixes em densidade elevada, tornando-os debilitados devido ao estresse e, portanto, suscetíveis a doenças. Em decorrência desta situação há uma elevada mortalidade no plantel de cultivos.

Contudo, na natureza é comum encontrarmos peixes parasitados numa relação natural entre parasita e hospedeiro. Essa relação, que nem sempre é harmoniosa, contribui para a manutenção e equilíbrio do estoque, uma vez que os parasitas atuam direta ou indiretamente reduzindo a taxa de crescimento e sobrevivência do hospedeiro (Pennycuick 1971, Rawson

1977, Kabata 1981). Os efeitos diretos podem causar fraqueza do hospedeiro e então, indiretamente, causar baixas taxas de forrageamento (Crowden e Broom 1980, Milinski 1984), aumento da vulnerabilidade a predadores (Arme e Owen 1967, Pennycuick 1971), aumento da demanda de oxigênio (Lester 1971), facilitar o surgimento de infecções secundárias por fungos e bactérias, podendo até causar a morte dos peixes (Kabata 1985, Pavanelliet *al.* 2008) e diminuição da resistência a estresses ambientais (Lewis e Hettler 1968).

Os danos causados ao hospedeiro são agravados pelo fato de que os ectoparasitas mudam constantemente de lugar, fazendo com que os peixes apresentem mudanças comportamentais, passando a nadar agitada e erratically, tendendo a rasparem-se nas paredes dos tanques ou quaisquer objetos como rochas, troncos ou raízes, na tentativa de livrarem-se do incômodo (Pavanelliet *al.* 2002, Thatcher 2006).

Diante do crescente interesse pela fauna parasitária de peixes em geral, o objetivo deste capítulo foi de mostrar a variedade de organismos parasitas de raias da família Potamotrygonidae registrados até o momento, assim como seus respectivos hospedeiros e localidades de amostragem, a fim de facilitar a pesquisa pelo assunto. Em sequência, são descritos cada um dos grupos de parasitas, e no anexo 1 os mesmos são listados com maior detalhe. Para este capítulo foram listados os diversos parasitas encontrados em raias da família Potamotrygonidae obtidos na literatura com pesquisas em diversas bases de dados com pesquisas em diversas artigos científicos de livre acesso, artigos científicos de acesso restrito (pago



C. Gama

e trabalhos acadêmicos como dissertações de mestrado e teses de doutorado. Quando a primeira ocorrência aparece em artigos acadêmicos e posteriormente esse dado foi publicado, foi usada a referência mais recente e preferencialmente a citada em periódico. Contudo, como muitas vezes os trabalhos acadêmicos não são publicados em periódicos e possuem informações relevantes ao conhecimento científico, estes também foram utilizados nessa compilação.

Cestodeos (Figura 1)

Os cestodas são endoparasitos do grupo dos platelmintos e seu ciclo evolutivo nos peixes é complexo, envolvendo quase sempre mais de um hospedeiro (Napoleão 2014). O primeiro hospedeiro intermediário é sempre um microcrustáceo e o definitivo pode ser representado por peixes, aves e mamíferos, inclusive o homem

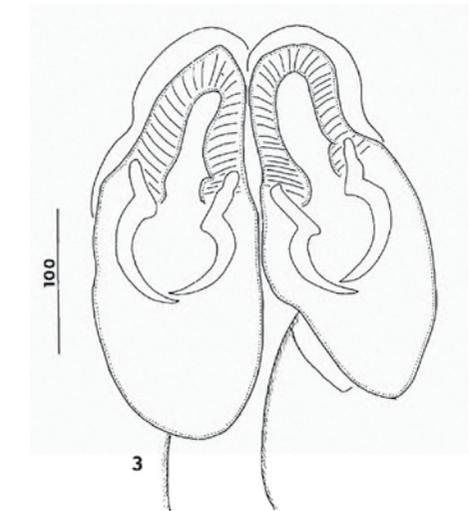


Figura 1. Scolex de *Potamotrygonocestus orinocensis*. Fonte: Brooks *et al.* (1981).

PARÁSITOS

(Pavanelli *et al.* 2008). Podem ocorrer nos peixes na forma de adultos maduros sexualmente no intestino ou ceco pilórico, ou nas formas larvais (plerocercóides) encontrados na cavidade abdominal, vísceras e/ou na musculatura (Napoleão 2014). Os elasmobrânquios geralmente são os hospedeiros finais do ciclo. Cestóides adultos são comumente observados nos intestinos dos elasmobrânquios (Smith e Noga 1993).

De maneira geral, os peixes suportam bem o parasitismo dos cestodas adultos, pois estes parasitos retiram apenas alimento necessário para sua sobrevivência (Napoleão 2014). Danos mais sérios, entretanto, podem ser observados quando os cestodas utilizam estruturas de fixação mais eficientes e que podem determinar alterações importantes do ponto de vista histopatológico, no intestino do hospedeiro (Pavanelli *et al.* 2008).

Monogenea (Figura 2)

Os Monogenea são helmintos ectoparasitos de peixes, anfíbios e répteis caracterizados pela presença de estruturas de fixação esclerotizadas e pelo ciclo biológico direto. A localização preferencial nos peixes é nas brânquias, narinas, olhos e na

superfície corporal (Luque 2004). Todas estas características acentuam sua patogenicidade, provocando (no caso de infecções intensas) lesões nos tecidos e alterando o comportamento dos peixes. Pode ocorrer anorexia, aumento da produção do muco, hemorragias cutâneas, branquiais, hiperplasia nos filamentos branquiais, emagrecimento do animal e morte. Além disso, em infecções menos intensas as pequenas lesões são portas abertas para infecções secundárias (Martins e Romero 1996, Pavanelli *et al.* 2002).

Digenea (Figura 3)

Os trematódeos digenéticos são helmintos endoparasitos de vertebrados. Apresentam órgãos de fixação musculares pouco desenvolvidos e seu ciclo biológico é indireto, podendo incluir até dois hospedeiros intermediários. Os peixes apresentam uma qualidade singular: podem agir como segundo hospedeiro intermediário (portando as metacercárias) e como hospedeiros definitivos destes parasitos (Luque 2004). A maioria de espécies com importância patogênica pertencem às famílias Diplostomidae e Clinostomidae, cujas metacercárias ficam encistadas na superfície corporal e órgãos internos dos peixes, provocando diversas lesões (Luque

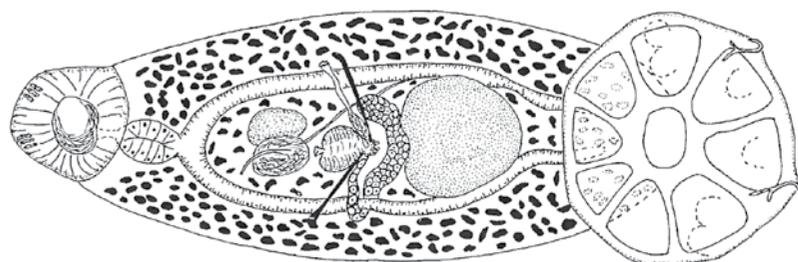


Figura 2. *Potamotrygonocotyle tsalickisi*. Fonte: Mayes *et al.* (1981b).



C. Gama

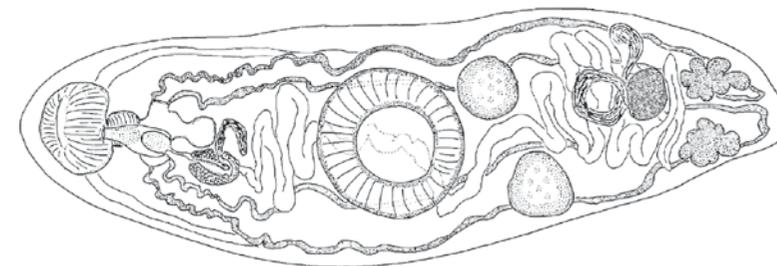


Figura 3. Vista ventral de *Paravitellotrema overstreeti*. Fonte: Brooks *et al.* (1979).

2004). Em algumas espécies de Clinostomidae, as metacercárias ficam nos olhos, provocando cataratas, ou por baixo do tegumento do peixe provocando proeminências amareladas (Doença dos pontos amarelos) (Eiras *et al.* 1999, Santos *et al.* 2002, Dias *et al.* 2003). Também são encontradas nas nadadeiras de algumas espécies ornamentais (Alves *et al.* 2001).

Nematódeos

Os nematodas são vermes cilíndricos e alongados, encontrados na água e no solo, como formas de vida livre, ou como parasitos invasores de plantas e animais (Vargas 1998). Possuem um trato digestivo completo com estômago, esôfago e ânus (Smith e Noga 1993). Nas formas parasitas, existem quatro estádios larvais antes do adulto, sendo o primeiro estágio larval livre na água e os demais parasíticos (Vargas 1998). A maioria dos nematódeos adultos ocorre no estômago e intestino dos peixes, e os demais ocorrem em outros órgãos (Napoleão 2014). O número de nematódeos descritos em elasmobrânquios é relativamente pequeno. Precisam de um hospedeiro intermediário, geralmente crustáceo. São encontrados primeiramente no trato digestório, porém também podem ser encontrados na

cavidade celomática, brânquias, órgãos olfatórios, esôfago, dutos pancreáticos, tecido sub-cutâneo, pele, nadadeiras e estômago (Stoskopf 1993).

Crustáceos (Figura 4)

Dentro do grupo dos ectoparasitos encontram-se os crustáceos com cerca de 3.000 espécies, distribuídos entre os copépodes, branquiúros e isópodes (Pavanelli *et al.* 2002).

Crustáceos da subclasse Branchiura são ectoparasitos pequenos, facilmente visíveis macroscopicamente. Possuem baixa especificidade parasitária, podendo parasitar a superfície corporal, nadadeiras, boca e cavidade branquial de várias espécies de peixes marinhos e de água doce, sendo estes de escamas ou de couro, de populações selvagens ou de criação (Eiras *et al.* 2006, Genovez *et al.* 2008, Thatcher 2006).

A patologia destes parasitos está relacionada ao grau de infestação e à sua forma de alimentação. Eles introduzem seu aparelho bucal, dotado de estrutura semelhante a uma probóscide, na pele do seu hospedeiro, retirando sangue e células epiteliais do mesmo, podendo levar o hospedeiro a

PARÁSITOS

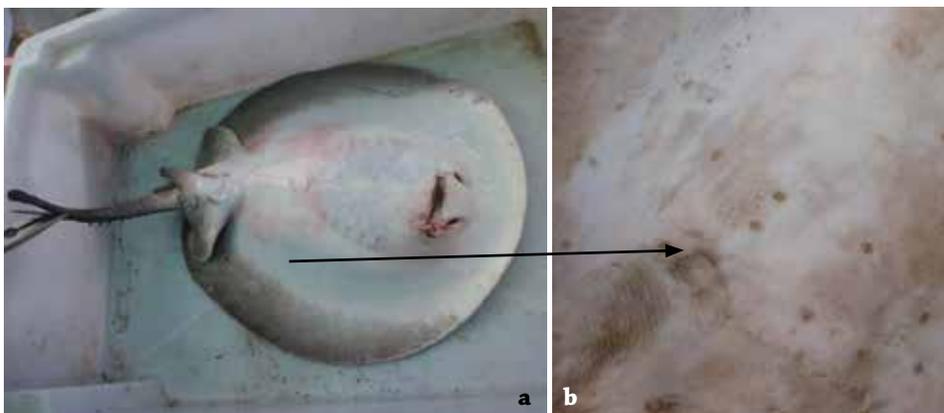


Figura 4. a) *Argulus juparanaensis* parasitando a região ventral de *Potamotrygon* sp.; b) Detalhe de *Argulus juparanaensis*. Fotos: C. S. Gama.

um quadro de anemia. A penetração do aparelho bucal causa dano mecânico e a injeção de enzimas tóxicas (anticoagulantes e secreções digestivas) leva a uma reação inflamatória localizada (Thatcher 2006). No caso de *Dolops* sp. a agressão é severa, visto que seu aparelho de fixação é dotado de ganchos. Traumas causados aos tecidos favorecem o aparecimento de infecções secundárias provocadas por fungos e bactérias oportunistas (Thatcher 2006, Pavanelliet al. 2002). Sendo assim, grandes infestações podem levar o hospedeiro à morte, principalmente em casos de jovens ou pequenos animais (Thatcher 2006). No caso de *Argulus* grandes infestações não são tão prejudiciais às raias, contudo é possível observar diferenças na condição do epitélio ventral, onde preferencialmente eles se fixam (Gama 2013).

Hemoparasitas (Figura 5)

Os parasitos intraeritrocitários são frequentemente encontrados em peixes (Davies e Smit 2001, Clewley et al. 2002, Aragort et al. 2005, Hayes et al. 2006, Smit

et al. 2006). Esses parasitas se aproveitam de flutuações de temperatura, estratégias de reprodução, padrões genéticos populacionais, como também hábitat e comportamento migratório para reproduzir e se proliferar no sangue dos hospedeiros (Davies e Johnston 2000). Dentre os principais hemoparasitos de peixes encontram-se espécies do Filo Euglenozoa (Família Trypanosomatidae) e do Filo Apicomplexa (Família Haemogregarinidae) (Magro 2013).

As espécies de Haemogregarinidae podem ser encontradas nas células sanguíneas da circulação periférica, assim como, outros tecidos do corpo do hospedeiro vertebrado (peixes, anfíbios e répteis) (Magro 2013). No hospedeiro definitivo invertebrado eles são encontrados na hemocele, no epitélio intestinal e no trato reprodutivo (Desser 1993).

Acanthocephala (Figura 6)

Os acantocéfalos são endoparasitas obri-gatórios. Possuem uma probóscide retrátil

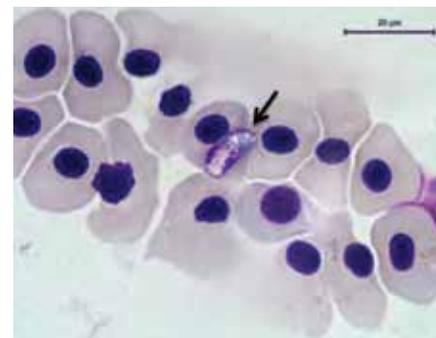


Figura 5. Prégamonte ou gamonte imaturo de *Cyrilia* sp. infectando eritrócitos de *Potamotrygon* sp. Fonte: Natalia M. Magro in Magro (2013).

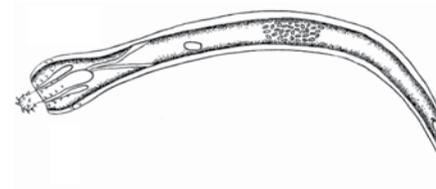


Figura 6. *Quadrigyryus machadoi*. Fonte: Chemes e Brusa (2013).

composta deganchos ou espinhos que variam para cada espécie, a cavidade do corpo é pseudoacelomada e não possuem boca ou trato digestivo (Paseto 2011). São parasitos com dimorfismo sexual, as fêmeas são maiores que o macho da mesma espécie e as formas larvais parasitam seu hospedeiro intermediário os crustáceos e seus hospedeiro definitivo acaba sendo os peixes (Thatcher 2006).

A patogenia vai depender da espécie, do número e do tamanho do parasita, além do porte do hospedeiro. Esses parasitas se alojam no intestino absorvendo os



C. Gama

nutrientes do animal, em alguns casos é possível observar sintomas de desnutrição (Pavanelli et al. 1998).

Pisces (Figura 7)

Na ordem dos Siluriformes está incluída a família Trichomycteridae que apresenta duas de suas subfamílias compostas por peixes parasitas e apenas a subfamília Vandeliinae conhecida como hematófaga (Baskin et al. 1980).

Este grupo consiste de indivíduos pequenos com forma de vermes e apresentam dentes nas margens externas da região opercular.

Esses reconhecidos parasitas de peixes, apenas foram registrados parasitando Potamotrygonidae por Lasso et al. (2015).



Figura 7. *Paracanthopoma* sp. Fonte: Lasso et al. (2015).

Bibliografia

- Ale, K. H. F. 2009. Sistemática molecular e biogeografia dos Monogenoidea (Platyhelminthes: Cercomeromorpha), parasitas de brânquias de Potamotrygonidae (Chondrichthyes: Rajiformes: Myliobatoidei). Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo. 85 pp.

PARÁSITOS



C. Gama

- Alves, D. R., J. L. Luque e A. R. Paraguasú. 2001. Metacercárias de *Clinostomum marginatum* (Digenea: Clinostomidae) em acará-bandeira *Pterophyllum scalare* (Osteichthyes: Cichlidae) do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Parasitologia al Dia* 25 (1-2): 70-72.
- Aragort, W., M. F. Alvarez, J. L. Leiro e M. L. Sanmartín, 2005. Blood protozoans in elasmobranchs of the family Rajidae from Galicia (NW Spain). *Disease of Aquatic Organism* 65: 65-68.
- Arme, C. e R. W. Owen. 1967. Infections of the three-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus* L., with the plerocercoid larvae of *Schistocephalus solidus* (Muller, 1776), with special reference to pathological effects. *Parasitology* 57: 301-314.
- Baskin, J. N., T. M. Zaret e F. Mago-Leccia. 1980. Feeding of reportedly parasitic catfishes (Trichomycteridae and Cetopsidae) in the rio Portuguesa Basin, Venezuela. *Biotropica* 12 (3): 182-186.
- Brooks, D. R. e J. F. R. Amato. 1992. Cestode parasites in *Potamotrygon motoro* (Natterer) (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) from Southwestern Brazil, including Rhinebothroides mclennanae n. sp. (Tetraphyllidea: Phyllobothriidae), and a revised host-parasite checklist for helminths inhabiting Neotropical freshwater stingrays. *Journal of Parasitology* 78 (3): 393-398.
- Brooks, D. R. e T. B. Thorson. 1976. Two tetraphyllidean cestodes from the freshwater stingray *Potamotrygon magdalenae* Dumeril 1852 (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) from Colombia. *The Journal of Parasitology* 62 (6): 943-947.
- Brooks, D. R., M. A. Mayes e T. B. Thorson. 1979. *Paravitellotrema overstreei* Sp. N. (Digenea: Hemiuridae) from the Colombian Freshwater Stingray *Potamotrygon magdalenae* Dumeril. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington* 46 (1): 52-54.
- Brooks, D. R., M. A. Mayes e T. B. Thorson. 1981. Systematic Review of Cestodes Infecting Freshwater Stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) Including Four New Species from Venezuela. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington* 48 (1): 43-64.
- Campbell, R., F. Marques e V. A. Ivanov. 1999. *Paraoncomegas araya* (Woodland, 1934) n. gen. et comb. (Cestoda: Trypanorhyncha: Eutetrarhynchidae) from the freshwater stingray *Potamotrygon motoro* in South America. *Journal of Parasitology* 82: 313-320.
- Chemes, S. B. e R. G. Brusa. 2013. Description of *Quadrigyrus machadoi* (Fabio, 1983) (Acanthocephala, Quadrigyridae) in native fish of wetland associated with the San Javier River, Santa Fe, Argentina. *Neotropical Helminthology* 7 (2): 187-194.
- Clewley, A., R. M. Kocan e A. A. Kocan. 2002. An intraerythrocytic parasite from the spiny dogfish, *Squalus canthias* L., from the Pacific Northwest. *Journal of Fish Diseases* 25: 693-696.
- Crowden, A. E. e D. M. Broom. 1980. Effects of the eye fluke, *Diplostomum spathaceum*, on the behaviour of dace (*Leuciscus leuciscus*). *Animal Behaviour* 28: 287-294.
- Davies, A. J. e M. R. L. Johnston. 2000. The biology of some intraerythrocytic parasites of fishes, amphibian and reptiles. *Advances in Parasitology* 45: 1-107.
- Davies, A. J. e N. J. Smit. 2001. The life cycle of Haemogregarina bigeima (Adeleina: Haemogregarineidae) in South African hosts. *Folia Parasitologica* 48: 169-177.
- Deardorff, T. L., D. R. Brooks e T. B. Thorson. 1981. A new species of *Echinocephalus* (Nematoda: Gnathostomidae) from Neotropical stingrays with comments on *E. diazi*. *Journal of Parasitology* 67 (3): 433-439.
- Desser, S. S. 1993. The Haemogregarinidae and Lankesterellidae. Pp. 247-272. In: Kreier, J. P. (Ed.). Parasitic protozoa. Academic Press. New York.
- Dias, M. L. G. G., J. C. Eiras, M. H. Machado, G. T. Souza e G. C. Pavanelli. 2003. The life cycle of *Clinostomum complanatum* Rudolphi, 1814 (Digenea, Clinostomidae) on the floodplain of the high Paraná River, Brazil. *Parasitology Research* 89 (6): 506-508.
- Domingues, M. V. e F. P. L. Marques. 2007. Revision of *Potamotrygonocotyle* Mayes, Brooks e Thorson, 1981 (Platyhelminthes, Monogenea, Monocotylidae) with descriptions of four new species from the gills of freshwater stingrays, *Potamotrygon* spp. (Rajiformes, Potamotrygonidae) from the La Plata river basin. *Systematic Parasitology* 67: 157-174.
- Domingues, M. V. e F. P. L. Marques. 2010. Phylogeny and taxonomy of *Potamotrygonocotyle* Mayes, Brooks e Thorson, 1981 (Monogenea: Monocotylidae) with a description of four new species. *Journal of Helminthology* 1-28.
- Domingues, M. V., N. C. M. Pancera e F. P. L. Marques. 2007. Monogenean parasites of freshwater stingrays (Rajiformes: Potamotrygonidae) from the Negro River, Amazon, Brazil: species of *Potamotrygonocotyle* (Monocotylidae) and *Paraheteronchocotyle* (Hexabothriidae). *Folia Parasitologica* 54: 177-190.
- Duncan, W. P., S. O. Inomata e M. N. Fernandes. 2010. Comércio de raias de água doce na região do médio Rio Negro, estado do Amazonas, Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca* 5 (2): 13-22.
- Eiras, J. C., R. M. Takemoto e G. C. Pavanelli. 2006. Métodos de estudio y técnicas laboratoriales en parasitología de peces. Segunda edición. Editorial Acribia. España. 133 pp.
- Eiras, J. C., M. L. G. G. Dias, G. C. Pavanelli e M. H. Machado. 1999. Histological studies on the effects of *Clinostomum marginatum* (Digenea, Clinostomidae) in its second intermediate host *Loricariichthys platytopon* (Osteichthyes, Loricariidae) of the upper Paraná river, Brazil. *Acta Scientiarum* 21 (1): 237-241.
- Gama, C. S. 2013. Diversidade e ecologia das raias de água doce (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) da Reserva Biológica do Parazinho, AP. Tese de Doutorado, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 227 pp.
- Gama, C. S., I. M. Vieira, A. C. S. Silva Junior, M. T. Dias e A. F. Sobrinho. 2015. *Argulus juparanensis* (Branchiura) em raias *Potamotrygon* spp. (Potamotrygonidae) na foz do rio Amazonas (Brasil). *Biota Amazonia* 5 (2): 134-136.
- Genovez, L. W., F. Pilarski, R. Sakabe, M. P. A. Marques e F. R. Moraes. 2008. Controle biológico de *Dolops carvalhoi* (Crustacea: Branchiura) em juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Boletim do Instituto de Pesca* 34 (1): 99-105.
- Hayes, P. M., N. J. Smit, A. M. Seddon, D. F. Wertheim e A. J. Davies. 2006. A new fish haemogregarine from South Africa and its suspected dual transmission with trypanosomes by a marine leech. *Folia Parasitologica* 53: 241-248.
- Kabata, Z. 1981. Copepoda (Crustacea) parasitic on fishes: Problems and perspectives. *Advances in Parasitology* 19: 1-71.
- Kabata, Z. 1985. Parasites and diseases of fishes cultured in the tropics. Taylor e Francis, London, UK. 318 pp.
- Lacerda, A. C. F. 2007. Endoparasitos de raias fluviais *Potamotrygon falkneri* e *Potamotrygon motoro* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) da planície de inundação do alto rio Paraná: taxonomia e aspectos ecológicos. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Maringá. 45 pp.
- Lasso, C. A., C. Do Nascimento, M. A. Morales-Betancourt e O. M. Lasso-Alcalá. 2015. Parasitosis of freshwater stingrays (Potamotrygonidae) by hematophagous catfishes (Vandelliinae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters* 26 (1): 83-86.
- Lemos, J. R. G., A. T., Oliveira, M. Q. C. Santos, W. R. Ferreira, M. T. Dias e J. L. Marcon. 2010. Índices parasitários da araiá cururu *Potamotrygon cf. hystrix* da bacia do médio rio Negro, Amazonas, Brasil. 62ª Reunião Anual da SBPC.
- Lester, R. J. G. 1971. The influence of *Schistocephalus plerocercoids* on the respiration of *Gasterosteus* and a possible resulting effect on the behavior of the fish. *Canadian Journal of Zoology* 49: 361-366.
- Lewis, R. M. e W. F. Hettler. 1968. Effects of temperature and salinity on the survival of Young Atlantic menhaden, *Brevoortia tyrannus*. *Trans. American Fisheries Society* 97: 344-349.
- Luchetti, N. M., F. P. L. Marques e P. Charvet-Almeida. 2008. A new species of *Potamotrygonocetus* Brooks e Thorson, 1976

PARÁSITOS



C. Gama

- (Eucestoda: Tetracystida) from *Plesiostrygon iwamae* Rosa, Castello e Thorson (Myliobatoidea: Potamotrygonidae) and a redescription of *Potamotrygoncestus chaoi* Marques, Brooks e Araujo, 2003. *Systematic Parasitology* 70: 131-145.
- Luque, J. L. 2004. Biología, epidemiología e controle de parasitos de peixes. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária* 13 (1): 161-164.
 - Magro, N. M. 2013. Prevalência de hemogregarina em arraiais de água doce (Potamotrygonidae) da Região Norte, com descrição de uma nova espécie do gênero. Dissertação de Mestrado, UNESP Botucatu. 68 pp.
 - Marques, F. P. L. 2000. Evolution of neotropical freshwater stingrays and their parasites: taking into account space and time. Tese de doutorado, Universidade de Toronto. 325 pp.
 - Marques, F. P. L. e D. R. Brooks. 2003. Taxonomic review of *Rhinebothrioides* (Eucestoda: Tetracystida: Phyllobothriidae), parasites of freshwater stingrays (Rajiformes: Myliobatoidei: Potamotrygonidae). *Journal of Parasitology* 89: 944-1017.
 - Marques, F. P. L., D. R. Brooks e C. A. Lasso. 2001. *Anindobothrium* n. gen. (Eucestoda: Tetracystida) inhabiting marine and freshwater potamotrygonid stingrays. *Journal of Parasitology* 87 (3): 666-672.
 - Martins, M. L. e N. G. Romero. 1996. Efectos del parasitismo sobre el tejido branquial em peces cultivados: estudio parasitologico e histopatologico. *Revista Brasileira de Zoologia* 13 (2): 489-500.
 - Mayes, M. A., D. R. Brooks e T. B. Thorson. 1978. Two new species of *Acanthobothrium* (Cestoidea: Tetracystida) from Colombian fresh-water stingrays. *Journal of Parasitology* 64: 838-841.
 - Mayes, M. A., D. R. Brooks e T. B. Thorson. 1981a. Two new tetracystidean cestodes from the freshwater stingray *Potamotrygon circularis* (Garman), with proposal of a new genus. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington* 48: 38-42.
 - Mayes, M. A., D. R. Brooks e T. B. Thorson. 1981b. *Potamotrygonocotyle tsalickisi*, new genus and species (Monogenea: Monocotylidae) and *Paraheteronchocotyle amazonensis*, new genus and species (Monogenea: Hexabothriidae) from *Potamotrygon circularis* garman (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) in Northwestern Brazil. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington* 94 (4): 1205-1210.
 - Menoret, A. e V. A. Ivanov. 2009. A new species of Tetracystidean (Cestoda) from the largespot river stingray, *Potamotrygon falkneri* (Potamotrygonidae: Chondrichthyes), from the Paraná Basin. *Journal of Parasitology* 95 (4): 994-999.
 - Milinski, M. 1984. Parasites determine a predator's optimal feeding strategy. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 15: 35-37.
 - Napoleão, S. R. 2014. Descrição da fauna parasitária de raiais e tubarões marinhos (Elasmobranchii), fauna acompanhante da pesca comercial no litoral sul e sudeste do Brasil. Tese de Doutorado, UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. 80 pp.
 - Nunes, B. G. 2007. Enfermidades dos peixes. Monografia de especialização, Universidade Castelo Branco. 39 pp.
 - Paseto, A. 2011. Identificação de Parasitos de Peixes Cultivados e Selvagens em Mato Grosso do Sul. Monografia, UFSC. Engenharia de aquicultura. 52 pp.
 - Pavanelli, G. C., J. C. Eiras e R. M. Takemoto. 1998. Doenças de Peixes: profilaxia, diagnóstico e tratamento. Maringá, EDUEM, CNPq, Nupélia. 259 pp.
 - Pavanelli, G. C., J. C. Eiras e R. M. 2002. Doenças de Peixes: profilaxia, diagnóstico e tratamento. Maringá: Eduem, 2ª ed., 305 p.
 - Pavanelli, G. C., J. C. Eiras e R. M. Takemoto. 2008. Parasitoses. Doenças de peixe: profilaxia, diagnóstico e tratamento. 3ª edição. Maringá. 132 pp.
 - Pennycuik, L. 1971. Quantitative effects of three species of parasites on a population of three-spined sticklebacks, *Gasterosteus aculeatus*. *Journal of Zoology* 165: 143-162.
 - Peralta, A. S. L., J. R. Carvalho, E. Matos e N. M. Serra-Freire. 1998. Ocorrência de *Argulus juparanaensis* Lemos de Castro, 1950 (Branchiura: Argulidae) em arraia de fogo *Potamotrygon motoro* (Müller e Henzl, 1841) (Rajiformes: Potamotrygonidae) no Igarapé do Salito, município de Cachoeira do Arari, Marajó, estado do Pará. *Entomologia y Vectores* 5 (1): 49-54.
 - Rawson, M. W. Jr. 1977. Population biology of parasites of striped mullet, *Mugil cephalus* L. Crustacea. *Journal of Fish Biology* 10: 441-451.
 - Reyda, F. B. 2008. Intestinal helminths of freshwater stingrays in Southeastern Peru, and a new genus and two new species of cestode. *Journal of Parasitology* 94 (3): 684-699.
 - Reyda, F. B. e P. D. Olson. 2003. Cestodes of peruvian freshwater stingrays. *Journal of Parasitology* 89 (5): 1018-1024.
 - Santos, R. S., F. D. A. Pimenta, M. L. Martins, H. K. Takahashi e N. G. Marangoni. 2002. Metacercárias de *Diplostomum* (Austrodiplostomum) *compactum* Lutz, 1928 (Digenea: Diplostomidae) em peixes do rio Paraná, Brasil. Prevalência, sazonalidade e intensidade de infecção. *Acta Scientiarum* 24 (2): 475-480.
 - Smit, N. J., A. S. Grutter, R. D. Adlard e A. J. Davies. 2006. Hematozoa of teleosts from Lizard Island, Australia, with some comments on their possible mode of transmission and the description of a new hemogregarine species. *The Journal of Parasitology* 92: 778-788.
 - Smith, S. A. e E. J. Noga. 1993. General parasitology. Pp. 132-148. In: Stoskopf, M. K. (Ed.). Fish Medicine. W. B. Saunders Company, Philadelphia.
 - Stoskopf, M. K. (Ed.). 1993. Fish medicine. W. B. Saunders Company, Philadelphia. 882 pp.
 - Thatcher, V. E. 2006. Amazon fish parasites. Sofia-Moscow: Pensoft. 555 pp.
 - Vargas, L. 1998. Curso de Piscicultura de Água Doce: Patologia de peixes. Maringá, PR: Editora AZOPA. 27 pp.

PARÁSITOS

Anexo 1. Checklist de parasitas de raias da família Potamotrygonidae com respectivo sítio de infestação no hospedeiro, seu local de coleta e referência da ocorrência.

Parasita	Hospedeiro	Local de infestação	Ocorrência do hospedeiro	Referência
Filo Platyhelminthes				
Classe Cestoda				
<i>Acanthobothrium amazonensis</i>	<i>Paratrygon aiereba</i> <i>Potamotrygon constellata</i>	Válvula espiral Válvula espiral	Boca Manu, Peru Rio Itacuai, Atalaia do Norte	Reyda e Olson (2003) Mayes <i>et al.</i> (1978)
<i>Acanthobothrium peruvienne</i>	<i>Potamotrygon motoro</i> <i>Potamotrygon cf. castexi</i>	Válvula espiral Válvula espiral	Rio Manu, Peru Rio Manu, Peru	Reyda (2008) Reyda (2008)
<i>Acanthobothrium quinonesi</i>	<i>Potamotrygon yepezi</i>	Válvula espiral	Lago Maracaibo e Represa de Tule, Rio Cachiri, Zulia, Venezuela	Brooks <i>et al.</i> (1981)
<i>Acanthobothrium cf. ramiroi</i>	<i>Potamotrygon motoro</i>	Válvula espiral	Rio Salobra, MS	Brooks <i>et al.</i> (1981)
<i>Acanthobothrium regoi</i>	<i>Potamotrygon motoro</i>	Válvula espiral	Rio Manu, Peru	Reyda (2008)
	<i>Potamotrygon falkneri</i>	Válvula espiral	Rio Paraná	Lacerda (2007)
	<i>Potamotrygon motoro</i>	Válvula espiral	Rio Paraná	Lacerda (2007)
<i>Acanthobothrium magdalenae</i>	<i>Potamotrygon histrix</i>	Válvula espiral	Rio Orinoco, Venezuela	Brooks <i>et al.</i> (1981)
	<i>Potamotrygon magdalenae</i>	Válvula espiral	Rio Orinoco, Venezuela	Brooks <i>et al.</i> (1981)
<i>Acanthobothrium terezae</i>	<i>Potamotrygon constellata</i>	Válvula espiral	Rio Itacnai, Atalaia do Norte	Brooks <i>et al.</i> (1981)
<i>Anindobothrium guariticus</i>	<i>Paratrygon aiereba</i>	Válvula espiral	Bacia do Orinoco, Venezuela	Marques <i>et al.</i> (2001)
<i>Anindobothrium lisae</i>	<i>Potamotrygon orbigny</i>	Válvula espiral	Rio Negro, Barcelos, AM	Marques <i>et al.</i> (2001)
<i>Eutetrarhynchus araya</i>	<i>Potamotrygon falkneri</i>	Válvula espiral	Bacia do Orinoco e rio Paraná, Paraguai	Brooks <i>et al.</i> (1981)
	<i>Potamotrygon orbigny</i>	Válvula espiral	Rio Orinoco, Venezuela	Brooks <i>et al.</i> (1981)
<i>Nandocoestus guariticus</i>	<i>Paratrygon aiereba</i>	Válvula espiral	Rio Manu, Peru	Reyda (2008)
	<i>Potamotrygon cf. castexi</i>	Válvula espiral	Rio Manu, Peru	Reyda (2008)
<i>Paromegas araya</i>	<i>Potamotrygon falkneri</i>	Válvula espiral	Rio Paraná	Lacerda (2007)

Anexo 1. Continuação.

Parasita	Hospedeiro	Local de infestação	Ocorrência do hospedeiro	Referência
<i>Paromegas araya</i>	<i>Potamotrygon motoro</i>	Válvula espiral	Rio Manu, Peru	Reyda (2008)
	<i>Potamotrygon cf. castexi</i>	Válvula espiral	Rio Manu, Peru	Reyda (2008)
<i>Plesiorhinebothroides jaiméi</i>	<i>Paratrygon aiereba</i>	Válvula espiral	Rio Tocantins	Marques (2000)
	<i>Potamotrygon motoro</i>	Válvula espiral	Rio Manu, Peru	Reyda (2008)
<i>Potamotrygonocestus sp.</i>	<i>Potamotrygon cf. castexi</i>	Válvula espiral	Rio Manu, Peru	Reyda (2008)
	<i>Potamotrygon orbigny</i>	Válvula espiral	Rio Orinoco, Venezuela	Brooks <i>et al.</i> (1981)
<i>Potamotrygonocestus amazonensis</i>	<i>Potamotrygon constellata</i>	Válvula espiral	Rio Itacuai, Atalaia do Norte	Mayes <i>et al.</i> (1978)
	<i>Plesiotrygon iwamae</i>	Válvula espiral	Confluência do rio Paraná Janauacá e rio Solimões, Manaus, AM	Marques (2000)
<i>Potamotrygonocestus fitzgeraldae</i>	<i>Paratrygon aiereba</i>	Válvula espiral	Barcelos, AM	Marques (2000)
	<i>Potamotrygon orbigny</i>	Válvula espiral	Bacia do Orinoco, Venezuela; Rio Salobra, MS; e rio Paraná, Paraguai	Brooks <i>et al.</i> (1981)
<i>Potamotrygonocestus magdalenae</i>	<i>Potamotrygon magdalenae</i>	Válvula espiral	Ciénaga Rabón, Bolívar, Colombia	Brooks & Thorson (1976)
	<i>Potamotrygon orbigny</i>	Válvula espiral	Rio Negro, Barcelos, AM	Marques (2000)
<i>Potamotrygonocestus maura</i>	<i>Potamotrygon orbigny</i>	Válvula espiral	Baía do Marajó, Colares, Pará, Brazil	Luchetti <i>et al.</i> (2008)
<i>Potamotrygonocestus marajoara</i>	<i>Plesiotrygon iwamae</i>	Válvula espiral	Rio Itacnai, Atalaia do Norte	Mayes <i>et al.</i> (1981)
	<i>Potamotrygon constellata</i>	Válvula espiral	Rio Amazonas, PA	Mayes <i>et al.</i> (1981)
<i>Potamotrygonocestus orinocoensis</i>	<i>Potamotrygon histrix</i>	Válvula espiral	Rio Orinoco, Venezuela; Rio Salobra, Mato Grosso, Brazil	Brooks <i>et al.</i> (1981)
	<i>Potamotrygon orbigny</i>	Válvula espiral	Rio Manu, Peru	Reyda (2008)
<i>Rhinebothrium copianullum</i>	<i>Paratrygon aiereba</i>	Válvula espiral	Ciénaga Rabón, Bolívar, Colombia	Brooks & Thorson (1976)
<i>Rhinebothrium moralanai</i>	<i>Potamotrygon magdalenae</i>	Válvula espiral		

C. Gama



PARÁSITOS



C. Gama

Anexo 1. Continuación.

Parasita	Hospedeiro	Local de infestação	Ocorrência do hospedeiro	Referência
<i>Rhinebothrium paranaensis</i>	<i>Potamotrygon falkneri</i>	Válvula espiral	Rio Paraná, Santa Fé, Argentina	Menoret e Ivanov (2009)
<i>Rhinebothrium paratrygoni</i>	<i>Potamotrygon motoro</i>	Válvula espiral	Rio Paraná	Lacerda (2007)
	<i>Potamotrygon histrix</i>	Válvula espiral	Rio Orinoco River, Venezuela; Rio Paraná, Paraguai	Brooks et al. (1981)
	<i>Potamotrygon orbigny</i>	Válvula espiral	Rio Orinoco River, Venezuela; Rio Paraná, Paraguai	Brooks et al. (1981)
	<i>Potamotrygon falkneri</i>	Válvula espiral	Rio Paraná	Lacerda (2007)
<i>Rhinebothrium sp.</i>	<i>Paratrygon aiereba</i>	Válvula espiral	Boca Manu, Peru	Reyda e Olson (2003)
	<i>Potamotrygon motoro</i>	Válvula espiral	Rio Manu, Peru	Reyda (2008)
	<i>Potamotrygon cf. castexi</i>	Válvula espiral	Rio Manu, Peru	Reyda (2008)
	<i>Paratrygon aiereba</i>	Válvula espiral	Rio Manu, Peru	Reyda (2008)
<i>Rhinebothroides sp.</i>	<i>Potamotrygon motoro</i>	Válvula espiral	Rio Manu, Peru	Reyda (2008)
	<i>Potamotrygon cf. castexi</i>	Válvula espiral	Rio Manu, Peru	Reyda (2008)
	<i>Potamotrygon constellata*</i>	Válvula espiral	Rio Orinoco, Venezuela	Brooks et al. (1981)
	<i>Potamotrygon falkneri</i>	Válvula espiral	Rio Paraná	Lacerda (2007)
<i>Rhinebothroides glandularis</i>	<i>Potamotrygon orbigny</i>	Válvula espiral	Rio Orinoco, Venezuela	Brooks et al. (1981)
	<i>Potamotrygon magdalenae</i>	Válvula espiral	Colombia	Brooks e Thorson (1976)
<i>Rhinebothroides moralarai</i>	<i>Potamotrygon constellata</i>	Válvula espiral	rio Itacuai, Atalaia do Norte	Brooks e Thorson (1976)
	<i>Potamotrygon histrix</i>	Válvula espiral	Rio Orinoco, Venezuela; Rio Salobra, Mato Grosso, Brazil	Brooks et al. (1981)
<i>Rhinebothroides scorzai</i>	<i>Potamotrygon motoro</i>	Válvula espiral	Rio Orinoco, Venezuela; Rio Salobra, Mato Grosso, Brazil	Brooks et al. (1981)
	<i>Potamotrygon orbigny</i>	Válvula espiral	Rio Amazonas, Maicuru, Pará	Brooks et al. (1981)

*nota del editor: posiblemente se trate de *P. orbigny*.

Anexo 1. Continuación.

Parasita	Hospedeiro	Local de infestação	Ocorrência do hospedeiro	Referência
<i>Rhinebothroides venezuelensis</i>	<i>Potamotrygon orbigny</i>	Válvula espiral	Rio Orinoco, Venezuela	Brooks et al. (1981)
	<i>Potamotrygon magdalenae</i>	Válvula espiral	Cienaga Rabon, Colombia	Brooks et al. (1981)
<i>Rhinebothroides macleananae</i>	<i>Potamotrygon magdalenae</i>	Válvula espiral	Corumbá, MS	Brooks e Amato(1992)
	<i>Potamotrygon orbigny</i>	Válvula espiral	Rio Amazonas, Maicuru, Pará, Lago Maracaibo, Rio Orinoco, Rio Solimões, Rio Xingu, Rio Tocantins, e Rio Paraguay	Brooks et al. (1981), Marques e Brooks(2003)
	<i>Potamotrygon constellata</i>	Válvula espiral	Rio Amazonas, Maicuru, Pará, Lago Maracaibo, Rio Orinoco, Rio Solimões, Rio Xingu, Rio Tocantins, e Rio Paraguay	Marques e Brooks (2003)
	<i>Potamotrygon motoro</i>	Válvula espiral	Rio Amazonas, Maicuru, Pará, Lago Maracaibo, Rio Orinoco, Corumbá, MS, Rio Solimões, Rio Xingu, Rio Tocantins, e Rio Paraguay	Marques e Brooks (2003), Brooks e Amato (1992)
<i>Rhinebothroides freitasi</i>	<i>Potamotrygon yepezi</i>	Válvula espiral	Rio Amazonas, Maicuru, Pará, Lago Maracaibo, Rio Orinoco, Rio Solimões, Rio Xingu, Rio Tocantins, e Rio Paraguay	Marques e Brooks (2003)
	<i>Potamotrygon falkneri</i>	Válvula espiral	Rio Amazonas, Maicuru, Pará, Lago Maracaibo, Rio Orinoco, Rio Solimões, Rio Xingu, Rio Tocantins, e Rio Paraguay	Marques e Brooks (2003)
	<i>Potamotrygon henlei</i>	Válvula espiral	Rio Amazonas, Maicuru, Pará, Lago Maracaibo, Rio Orinoco, Rio Solimões, Rio Xingu, Rio Tocantins, e Rio Paraguay	Marques e Brooks (2003)
	<i>Potamotrygon henlei</i>	Válvula espiral	Rio Amazonas, Maicuru, Pará, Lago Maracaibo, Rio Orinoco, Rio Solimões, Rio Xingu, Rio Tocantins, e Rio Paraguay	Marques e Brooks (2003)

PARÁSITOS

Anexo 1. Continuación.

Parasita	Hospedeiro	Local de infestação	Ocorrência do hospedeiro	Referência
<i>Rhinebothroides freitasi</i>	<i>Potamotrygon leopoldi</i>	Válvula espiral	Rio Xingú	Marques e Brooks (2003)
	<i>Potamotrygon schroederi</i>	Válvula espiral	Río Amazonas, río Orinoco	Marques e Brooks (2003)
	<i>Potamotrygon scobina</i>	Válvula espiral	Río Amazonas, Maicuru, Pará, río Orinoco, río Solimões, río Tocantins	Marques e Brooks (2003)
<i>Tentacularia araya</i>	<i>Potamotrygon</i> sp.	-	Río Amazonas	Campbell et al. (1999)
Classe Monogenea				
<i>Potamotrygonocotyle aramasae</i>	<i>Paratrygon aiereba</i>	Brânquias	Barcelos, AM	Domingues et al. (2007)
<i>Potamotrygonocotyle auriculocotyle</i>	<i>Potamotrygon motoro</i>	Brânquias	Río Arari, Cachoeira do Arari, PA	Domingues e Marques (2010)
<i>Potamotrygonocotyle chisholmae</i>	<i>Potamotrygon motoro</i>	Brânquias	Río Salobra, MS	Domingues e Marques (2007)
<i>Potamotrygonocotyle dromedarius</i>	<i>Potamotrygon motoro</i>	Brânquias	Río Salobra, MS	Domingues et al. (2007)
<i>Potamotrygonocotyle quadracotyle</i>	<i>Potamotrygon</i> sp.	Brânquias	Barcelos, AM	Domingues et al. (2007)
<i>Potamotrygonocotyle eurypotamoxenus</i>	<i>Potamotrygon cf. histrix</i>	-	Arquipélago de Mariuá, río Negro, AM	Lemos et al. (2010)
<i>Potamotrygonocotyle rarum</i>	<i>Potamotrygon schroederi</i>	Brânquias	Barcelos, AM	Domingues et al. (2007)
<i>Potamotrygonocotyle rionegrense</i>	<i>Potamotrygon</i> sp.	Brânquias	Barcelos, AM	Domingues et al. (2007)
<i>Potamotrygonocotyle septemcotyle</i>	<i>Potamotrygon scobina</i>	Brânquias	Río Tocantins, PA	Domingues e Marques (2010)

Anexo 1. Continuación.

Parasita	Hospedeiro	Local de infestação	Ocorrência do hospedeiro	Referência
<i>Potamotrygonocotyle tatianae</i>	<i>Paratrygon</i> sp.	Brânquias	Río Yavari, Benjamin Constant, AM	Domingues e Marques (2010)
<i>Potamotrygonocotyle tocantinsense</i>	<i>Potamotrygon scobina</i>	Brânquias	Río Tocantins, PA	Domingues e Marques (2010)
<i>Potamotrygonocotyle umbella</i>	<i>Potamotrygon</i> sp.	Brânquias	Barcelos, AM	Domingues et al. (2007)
<i>Paraheteronchocotyle amazonense</i>	<i>Potamotrygon constellata</i>	Brânquias	Barcelos, AM	Domingues et al. (2007)
	<i>Potamotrygon orbigny</i>	Brânquias	Barcelos, AM	Domingues et al. (2007)
<i>Paraheteronchocotyle isalickisi</i>	<i>Paratrygon aiereba</i>	Brânquias	Río Araguaia, GO	Ale (2009)
	<i>Potamotrygon constellata</i>	Brânquias	Río Itacuai, Atalaia do Norte	Brooks et al. (1981)
<i>Terranova edcaballeroi</i>	<i>Potamotrygon orbigny</i>	Brânquias	Río Orinoco, Venezuela	Mayes et al. (1981)
Classe Trematoda				
Subclasse Digenea				
<i>Clinostomum complanatum</i>	<i>Potamotrygon falkneri</i>	Válvula espiral	Río Paraná	Lacerda (2007)
<i>Diplostomoidea</i> sp.	<i>Potamotrygon motoro</i>	Válvula espiral	Río Manu, Peru	Reyda (2008)
<i>Tylodelphis</i> sp.	<i>Potamotrygon falkneri</i>	Válvula espiral	Río Paraná	Lacerda (2007)
<i>Paravittalotrema overstreeti</i>	<i>Potamotrygon magdalenae</i>	Estômago	Río Magdalena, Colombia	Brooks et al. (1979)
<i>Genarchella</i> sp.	<i>Potamotrygon falkneri</i>	Válvula espiral	Río Paraná	Lacerda (2007)
Filo Apicomplexa				
Classe Coccidia				
Familia Haemogregarinidae				

C. Gama



PARÁSITOS

Anexo 1. Continuación.

Parasita	Hospedeiro	Local de infestação	Ocorrência do hospedeiro	Referência
Cyrilia sp.	<i>Potamotrygon motoro</i>	Sangue	Barcelos, AM	Magro (2013)
	<i>Potamotrygon</i> sp.	Sangue	Barcelos, AM	Magro (2013)
	<i>Paratrygon aiereba</i>	Sangue	Barcelos, AM	Magro (2013)
Filo Nematoda				
<i>Brevimulticaecum</i> sp.	<i>Potamotrygon falkneri</i>	Estômago	Rio Paraná	Lacerda (2007)
<i>Brevimulticaecum regoi</i>	<i>Potamotrygon motoro</i>	Válvula espiral	Rio Manu, Peru	Reyda (2008)
	<i>Potamotrygon cf. castexi</i>	Válvula espiral	Rio Manu, Peru	Reyda (2008)
	<i>Potamotrygon falkneri</i>	Válvula espiral	Rio Paraná	Lacerda (2007)
<i>Cucullianus</i> sp.	<i>Paratrygon aiereba</i>	Válvula espiral	Rio Manu, Peru	Reyda (2008)
	<i>Potamotrygon motoro</i>	Válvula espiral	Rio Manu, Peru	Reyda (2008)
	<i>Potamotrygon cf. castexi</i>	Válvula espiral	Rio Manu, Peru	Reyda (2008)
<i>Echinocephalus</i> sp.	<i>Potamotrygon falkneri</i>	Válvula espiral	Rio Paraná	Lacerda (2007)
	<i>Potamotrygon falkneri</i>	Válvula espiral	Rio Paraná	Lacerda (2007)
<i>Echinocephalus daileyi</i>	<i>Potamotrygon constellata</i>	Intestino	Colombia, rio Itacuai, Brasil, rio Orinoco, Venezuela	Deardorff <i>et al.</i> (1981)
	<i>Potamotrygon cf. castexi</i>	Válvula espiral	Rio Manu, Peru	Reyda (2008)
<i>Procammallanus (Spirocammallanus)</i> sp.	<i>Potamotrygon cf. castexi</i>	Válvula espiral	Rio Manu, Peru	Reyda (2008)
	<i>Paratrygon aiereba</i>	Válvula espiral	Rio Manu, Peru	Reyda (2008)
<i>Rhabdochona</i> sp.	<i>Potamotrygon cf. castexi</i>	Válvula espiral	Rio Manu, Peru	Reyda (2008)
	<i>Potamotrygon histrix</i>	Válvula espiral	Rio Paraná	Lacerda (2007)
Filo Acanthocephala				
<i>Megapriapus ungritai</i>	<i>Potamotrygon orbigny</i>	-	Bacia do Orinoco, Venezuela	Marques (2000)

Anexo 1. Continuación.

Parasita	Hospedeiro	Local de infestação	Ocorrência do hospedeiro	Referência
<i>Megapriapus cf. ungritai</i>	<i>Paratrygon aiereba</i>	-	Rio Solimões, Janauacá, Amazonas	Marques (2000)
	<i>Potamotrygon constellata</i>	-	Rio Solimões, Janauacá, Amazonas	Marques (2000)
	<i>Potamotrygon motoro</i>	-	Rio Solimões, Janauacá, Amazonas, Rio Tocantins, Marabá, Pará	Marques (2000)
	<i>Potamotrygon cf. ocellata</i>	-	Rio Solimões, Janauacá, Amazonas	Marques (2000)
	<i>Potamotrygon orbigny</i>	-	Rio Solimões, Janauacá, Amazonas	Marques (2000)
<i>Quadrigrurus machadoi</i>	<i>Potamotrygon henlei</i>	-	Rio Solimões, Janauacá, Amazonas	Marques (2000)
	<i>Potamotrygon falkneri</i>	Válvula espiral	Rio Paraná	Lacerda (2007)
	<i>Potamotrygon motoro</i>	Válvula espiral	Rio Paraná	Lacerda (2007)
Filo Ciliophora				
<i>Trichodina</i> sp.	<i>Potamotrygon histrix</i> *	-	Arquipélago de Mariuá, rio Negro, AM	Lemos <i>et al.</i> (2010)
Filo Arthropoda				
Sub Filo Crustacea				
Clase Maxillopoda				
Sub Clase Branchiura				
<i>Argulus juparanaensis</i>	<i>Potamotrygon motoro</i>	Pele	Marajó, PA	Peralta <i>et al.</i> (1998),
	<i>Potamotrygon constellata</i>	Pele	Reserva Biológica do Parazinho, AP	Gama <i>et al.</i> (2015)
	<i>Potamotrygon dumerilii</i>	Pele	Reserva Biológica do Parazinho, AP	Gama <i>et al.</i> (2015)
	<i>Potamotrygon orbigny</i>	Pele	Reserva Biológica do Parazinho, AP	Gama <i>et al.</i> (2015)
	<i>Potamotrygon scobina</i>	Pele	Reserva Biológica do Parazinho, AP	Gama <i>et al.</i> (2015)
<i>Argulus juparanaensis</i>	<i>Potamotrygon</i> sp.	Pele	Reserva Biológica do Parazinho, AP	Gama <i>et al.</i> (2015)
	<i>Potamotrygon cf. histrix</i>	Pele	Rio Negro, AM	Lemos <i>et al.</i> (2010)

*nota del editor: posiblemente se trate de *P. orbigny*.

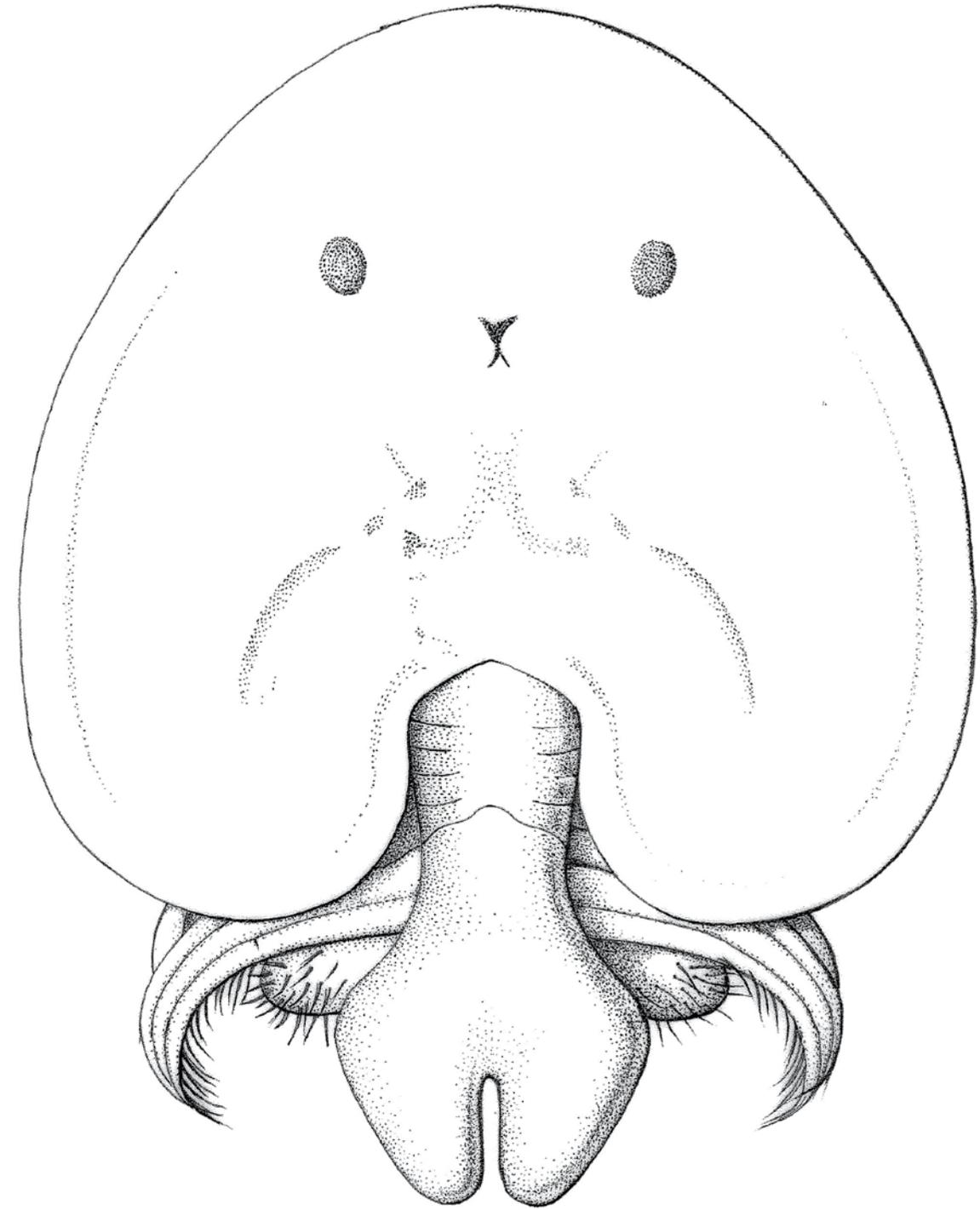
C. Gama



PARÁSITOS

Anexo 1. Continuación.

Parasita	Hospedeiro	Local de infestação	Ocorrência do hospedeiro	Referência
<i>Argulus cf. flavescens</i>	<i>Potamotrygon orbigny</i>	-	Rio Tocantins, Cametá, Pará	Domingues e Marques (2010)
<i>Dolops</i> sp.	<i>Paratrygon aiereba</i>	-	Rio Amazonas, Belém, PA	Domingues e Marques (2010)
	<i>Potamotrygon leopoldi</i>	-	Rio Xingu, Altamira, PA	Domingues e Marques(2010)
Subclasse Pentastomida				
<i>Leperia gracile</i>	<i>Potamotrygon motoro</i>	Válvula espiral	Rio salobra, MS	Brooks et al. (1981)
Filo Chordata				
Superclasse Pisces				
Ordem Siluriformes				
<i>Vandellia beccarii</i>	<i>Potamotrygon orbigny</i>	Brânquia	Rio Orinoco, Colombia/Venezuela	Lasso et al. (2015)
<i>Paracanthopoma</i> sp.	<i>Potamotrygon scobina</i>	Brânquia	Rio Orinoco, Colombia/Venezuela	Lasso et al. (2015)
Vandeliinae	<i>Paratrygon</i> sp.	Brânquia	Bacia do Orinoco, Colombia	Lasso et al. (2015)





4. CLAVES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS RAYAS DE AGUA DULCE (POTAMOTRYGONIDAE)

Ricardo S. Rosa y Marcelo R. de Carvalho

4.1 Clave para la identificación de las especies del género *Potamotrygon* de la cuenca Paraná-Paraguay (aplica a ejemplares adultos y sub-adultos)

1a. Coloración dorsal del disco generalmente con ocelos de colores variados, desde el blanco, gris claro, amarillo, naranja o rojo, circundados o rodeados por un anillo negro.....2

1b. Superficie dorsal del disco generalmente sin ocelos rodeados por un anillo negro; con ocelos pequeños en la periferia del disco.....4

2a. Ocelos de la superficie dorsal del disco, cuando presentes, generalmente distribuidos en un patrón regular de círculos concéntricos; ocelos generalmente circulares, raramente fusionados dos a dos, reducidos en tamaño o ausentes.....3

2b. Ocelos de la superficie dorsal del disco, cuando presentes, generalmente distribuidos irregularmente sin formar un patrón de círculos concéntricos; diámetro de los ocelos igual o más grande que el diámetro horizontal de los ojos; además de los ocelos circulares, otros con formatos irregulares, generalmente agrupados formando figuras en forma de anillo o vermiculaciones; coloración de fondo en la superficie dorsal del disco marrón; espinas en la superficie dorsal de la cola en dos o tres hileras longitudinales
..... *Potamotrygon pantanensis* (Figura 1)

3a. Ocelos, cuando presentes, de diámetro más grande que el diámetro horizontal de los ojos; ocelos generalmente tricolores, con el centro amarillo, una porción intermedia naranja y un anillo negro externo; cola sin ocelos; coloración de fondo en la superficie dorsal del disco gris, gris oscuro, oliva, marrón oliváceo o marrón oscuro; espinas en la superficie dorsal de la cola en una sola hilera longitudinal
..... *Potamotrygon motoro* (Figura 2)

ESPECIES



CLAVES



M. A. Morales-B.

3b. Ocelos, cuando presentes, de diámetro menor o igual al diámetro horizontal de los ojos; ocelos generalmente bicolors, con el centro blanquecino, gris claro o amarillo claro, y un anillo negro externo; coloración de fondo en la superficie dorsal del disco gris o marrón oscuro; espinas en la superficie dorsal de la cola en dos o tres hileras longitudinales
..... *Potamotrygon amandae* (Figura 3)

4a. Superficie dorsal del disco generalmente con un patrón de coloración reticulado oscuro delimitando formas poligonales sobre un fondo marrón5

4b. Superficie dorsal del disco sin un patrón reticulado conspicuo.....6

5a. Patrón reticulado formado por líneas marrón oscuras interrumpidas sobre un fondo marrón claro, formando un patrón reticulado abierto delimitando formas generalmente hexagonales con centro oscuro, y con figuras casi triangulares entre ellas; cola con una sola hilera de espinas dorsales; disco cubierto con pequeños dentículos
..... *Potamotrygon schuhmacheri* (Figura 4)

5b. Patrón reticulado formado por líneas marrón difusas, continuas o interrumpidas, delimitando formas pentagonales o hexagonales; disco muy circular, su longitud aproximadamente igual al ancho; cola corta, menor que dos tercios del ancho del disco; agujijón posicionado basalmente en la cola, la distancia entre el margen posterior de la cloaca y la inserción del agujijón es menor que un tercio del ancho del disco; cola con una sola hilera de espinas dorsales y con espinas laterales cerca del agujijón
..... *Potamotrygon brachyura* (Figura 5)

6a. Superficie dorsal del disco con un patrón de coloración formado por manchas irregulares u ovals, amarillas sobre un fondo marrón, más grandes que el diámetro horizontal de los ojos y ocasionalmente unidas formando un patrón vermiculado; espinas en la superficie dorsal de la cola en una a tres hileras irregulares. Especie presente también en la porción superior del río Amazonas en Perú y en la subcuenca del río Madeira en Brasil y Bolivia
..... *Potamotrygon falkneri* (Figura 6)

6b. Superficie dorsal del disco con un patrón de coloración de manchas violetas bordeadas por pigmento oscuro, de formato y distribución irregular, vermiculadas o en forma de gotas, sobre un fondo marrón o gris oscuro; cola con muchas espinas puntiagudas en las superficies dorsal y laterales; dientes tricuspidads en las hembras y monocuspidads en los machos
..... *Potamotrygon hystrix* (Figura 7)

4.2 Clave para la identificación de las especies amazónicas y peri-amazónicas del género *Potamotrygon*. [Aplica a ejemplares adultos y sub-adultos; no se incluyen especies cuyas descripciones no han sido publicadas todavía del río Amazonas en Brasil y río Meta en Colombia y Venezuela, así como especies con estatus taxonómico dudoso de Brasil y Colombia. La especie amazónica *Potamotrygon dumerilii* (Castelnau 1855), considerada en la clave de identificación de la Parte I (Lasso *et al.* 2013), se excluyó de esta clave, ya que

se considera un sinónimo de *Potamotrygon orbignyi* (Castelnau 1855) (Silva y Carvalho (2015)].

1a. Coloración dorsal del disco generalmente con ocelos de colores variados, desde el blanco, amarillo y naranja hasta el rojo intenso, circundados o rodeados por un anillo negro; diámetro de la mancha central de los ocelos más grande que el diámetro horizontal de los ojos2

1b. Superficie dorsal del disco generalmente sin ocelos con la mancha central más grande que el diámetro horizontal de los ojos; los ocelos pequeños suelen estar presentes en el centro o la periferia del disco6

2a. Ocelos de la superficie dorsal del disco generalmente distribuidos en un patrón regular de círculos concéntricos sobre fondo gris oscuro o marrón; ocelos generalmente circulares, raramente fusionados dos a dos, reducidos en tamaño o ausentes; ocelos generalmente tricolores, con el centro amarillo, una porción intermedia naranja y un anillo negro externo; cola sin ocelos. Especie ampliamente distribuida: cuencas del Paraná-Paraguay (Argentina, Brasil, Paraguay, Uruguay), Orinoco (Colombia-Venezuela) y Amazonas (Colombia, Brasil, Ecuador, Perú, Bolivia y Venezuela), ríos costeros de Guyana, Surinam, Guayana Francesa y Brasil *Potamotrygon motoro* (Figura 2)

2b. Ocelos de la superficie dorsal del disco generalmente distribuidos irregularmente sin formar un patrón de círculos concéntricos sobre un fondo oscuro3

3a. Ocelos de la superficie dorsal del disco generalmente con forma irregular, ovals o alunados, a veces fusionados dos a dos o dispuestos en el centro como rosetas; cola con ocelos similares a los del disco, extendidos desde su base hasta la inserción del agujijón o espina caudal.....4

3b. Ocelos de la superficie dorsal del disco generalmente con forma irregular, ovals o fusionados dos a dos, color de naranja intenso a rojo, y rodeados por anillos negros relativamente anchos; cola sin ocelos. Especie distribuida en la cuenca del río Corantijn en Surinam..... *Potamotrygon boesemani* (Figura 8)

4a. Ocelos de la superficie dorsal del disco con formatos irregulares, dispuestos en el centro como rosetas formadas por manchas amarillas o naranjas; la mayor parte de la superficie ventral del disco de color marrón oscuro o gris; cola con ocelos o rosetas similares a los del disco, extendidos desde su base hasta la inserción del agujijón caudal; dientes hexagonales a romboidales, generalmente más anchos que largos, dispuestos en 21 a 44 filas longitudinales en la mandíbula superior. Especie del curso superior y medio del río Tocantins en Brasil.....*Potamotrygon rex* (Figura 9)

4b. Superficie dorsal del disco gris oscuro o negro, sin manchas amarillas o naranjas formando rosetas; ocelos circulares o irregulares, ocasionalmente alunados o con el centro negro, su color blanco a amarillo claro; cola oscura, con ocelos similares a los del disco, pero sin la presencia de rosetas5

CLAVES



M. A. Morales-B.

5a. Ocelos de la superficie dorsal del disco distribuidos irregularmente o excepcionalmente en un patrón circular; ocelos circulares o irregulares, ocasionalmente alunados o con el centro negro; dientes relativamente grandes y anchos, con forma tetragonal o hexagonal, dispuestos en 14 a 26 filas longitudinales en la mandíbula superior. Especie distribuida en la cuenca de los ríos Tocantins y Araguaia en Brasil..... *Potamotrygon henlei* (Figura 10)

5b. Ocelos de la superficie dorsal del disco distribuidos irregularmente o excepcionalmente en un patrón circular; ocelos circulares o irregulares, ocasionalmente con el centro negro; dientes relativamente pequeños, con formato tetragonal, en 23 a 25 filas longitudinales en la mandíbula superior. Especie distribuida en la cuenca de los ríos Xingú e Iriri en Brasil ..
..... *Potamotrygon leopoldi* (Figura 11)

6a. Superficie dorsal del disco generalmente con un patrón de coloración reticulado oscuro delimitando formas poligonales sobre un fondo marrón claro u oscuro.....7

6b. Superficie dorsal del disco sin un patrón reticulado conspicuo.....9

7a. Patrón reticulado formado por líneas marrón oscuras continuas o interrumpidas, delimitando formas poligonales irregulares, con el interior lleno de pequeñas manchas blancas o beige sobre un fondo marrón oscuro; dispuestas en rosetas o, a veces, unidas en un patrón vermiculado; base de la cola con el mismo patrón dorsal del disco, con figuras poligonales; cola relativamente corta y ancha en la base, con dos o tres filas irregulares de espinas dorsales. Especie de la cuenca alta del río Madeira en Brasil.....
..... *Potamotrygon limai* (Figura 12)

7b. Patrón reticulado formado por líneas marrón oscuras continuas o interrumpidas, delimitando formas hexagonales o circulares sobre un fondo marrón claro uniforme; a veces el interior de estas formas presenta pequeñas manchas claras, pero sin formar rosetas o vermiculados.....8

8a. Patrón reticulado delimitando formas generalmente hexagonales sobre un fondo marrón claro; ocasionalmente el retículo es interrumpido dejando sólo figuras triangulares oscuras entre los vértices de los hexágonos; excepcionalmente el patrón reticular se desvanece por completo, dejando solamente manchas claras irregulares donde estarían los centros de los hexágonos; cola con bandas laterales oscuras y generalmente con una sola hilera de espinas dorsales; surcos labiales bien desarrollados y evidentes. Especie ampliamente distribuida en el norte de Suramérica (Colombia, Venezuela, Brasil, Perú y las Guayanas) en las cuencas de los ríos Orinoco, Amazonas y Parnaíba
.....*Potamotrygon orbignyi* (Figura 13)

8b. Patrón reticulado delimitando formas hexagonales o circulares sobre un fondo marrón claro; superficie dorsal del disco muy áspera en cualquier talla corporal, con denticulos bien desarrollados y agudos, a veces formando tubérculos marginales; cola con espinas dorsales y laterales muy desarrolladas; surcos labiales ausentes. Especie distribuida en la cuenca media y baja del Amazonas, desde el Río Negro hasta el río Pará en Brasil
..... *Potamotrygon humerosa* (Figura 14)

9a. Superficie dorsal del disco con manchas circulares o irregulares de color amarillo brillante, dorado o amarillo-naranja sobre un fondo marrón oscuro al marrón verdoso, formando diseños veteados elaborados; las manchas circulares o irregulares generalmente están circundadas por un anillo oscuro grueso, a veces pareadas, formando ocelos irregulares; ocelos a su vez rodeados de pequeñas manchas o líneas doradas o amarillo brillante, formando un patrón similar a una malla que delimita grandes rosetas de formato de cerebro o de ocelos, más grandes en el centro del disco. Especie de la cuenca del río Tapajós en Brasil..... *Potamotrygon jabuti* (Figura 15)

9b. Superficie dorsal del disco con manchas circulares, ovals o reniformes, de color blanco, amarillo, naranja, marrón oscuro o negras sobre un fondo marrón claro, marrón oscuro, gris o negro, todavía sin formar ocelos.....10

10a. Manchas de la superficie dorsal del disco más pequeñas que el diámetro horizontal de los ojos11

10b. Manchas de la superficie dorsal del disco más grandes que el diámetro horizontal de los ojos19

11a. Cola corta, con el aguijón posicionado más basalmente, la distancia entre el margen posterior de la cloaca y la inserción del aguijón es menor que la mitad del ancho del disco; manchas de la superficie dorsal del disco irregulares, amarillas o marrón, concentradas formando rosetas de formato irregular (aproximadamente ovals) sobre un fondo marrón oscuro; las rosetas disminuyen en tamaño hacia las márgenes del disco y se extienden en la superficie dorsal de la cola, donde quedan separadas por espacios negros en forma de silla. Especie de la cuenca de los ríos Oyapock y Maroni en la Guayana Francesa y posiblemente en las cuencas de los ríos Negro (Brasil) y Meta (Colombia-Venezuela)
..... *Potamotrygon marinae* (Figura 16)

11b. Cola relativamente larga, con el aguijón más distal, la distancia entre el margen posterior de la cloaca y la inserción del aguijón es más grande que la mitad del ancho del disco...
..... 12

12a. Manchas de la superficie dorsal del disco de formato irregular o reniforme, de color marrón claro a amarillo, generalmente unidas en un patrón vermiculado..... 13

12b. Manchas de la superficie dorsal del disco circulares u ovals, de color blanca, amarilla, marrón claro, marrón oscuro o negras, generalmente sin formar un patrón vermiculado, ocasionalmente dispuestas en rosetas.....14

13a. Manchas de la superficie dorsal del disco de formato irregular o reniforme, de color marrón claro o amarillentas, generalmente unidas en un patrón vermiculado; algunas manchas amarillas más intensas y de forma más circular, circundadas por pigmento oscuro, suelen estar dispersas en la porción intermedia y periférica del disco; espinas medianas en una única hilera sobre la cola. Especie de la cuenca del río Madre de Dios en Perú.....
..... *Potamotrygon tatiana* (Figura 17)

CLAVES

- 13b. Manchas de la superficie dorsal del disco circulares u ovals, amarillas o marrón claro sobre un fondo marrón oscuro, dispersas de forma difusa, por veces unidas formando un vermiculado o desvaneciéndose en ejemplares más oscuros. Especie de las cuencas de los ríos Atrato y Magdalena-Cauca en Colombia*Potamotrygon magdalenae* (Figura 18)
- 14a. Manchas de la superficie dorsal del disco circulares o a veces irregulares, blancas o amarillo claro, dispersas de manera difusa u ocasionalmente concentradas formando rosetas circulares sobre un fondo más oscuro, o a veces unidas en figuras irregulares separadas por un retículo oscuro 15
- 14b. Manchas de la superficie dorsal del disco circulares, de color marrón oscuro o negras, sin formar un patrón regular, dispersas de manera difusa o formando figuras irregulares sobre un fondo marrón claro a marrón-gris oscuro; especies de pequeña talla, adultos por lo general menores que 500 mm AD18
- 15a. Manchas de la superficie dorsal del disco blancas o amarillas formando rosetas u pequeños ocelos irregulares cerca del margen del disco, sobre un fondo marrón-oliváceo o gris oscuro; superficie dorsal del disco ocasionalmente con un patrón reticular de pigmento oscuro; superficie dorsal del disco y cola con tubérculos muy desarrollados; los del disco situados en el margen del mismo, región escapular y en la línea medio-dorsal posterior. Especie de la cuenca del Amazonas, desde Perú, Ecuador y Colombia hasta Brasil.....
..... *Potamotrygon constellata* (Figura 19)
- 15b. Manchas de la superficie dorsal del disco circulares o a veces irregulares, blancas o amarillo claro, dispersas de manera difusa u ocasionalmente concentradas formando rosetas circulares sobre un fondo más oscuro; superficie dorsal del disco y cola sin tubérculos muy desarrollados.....16
- 16a. Manchas de la superficie dorsal del disco y de la base de la cola circulares o a veces irregulares, de color blanco o blanco-crema, generalmente más pequeñas que el diámetro horizontal de los ojos, sobre un fondo marrón oscuro intenso al marrón negruzco; manchas a veces formando pequeños ocelos, pero nunca están fusionadas entre sí para formar rosetas, vermiculos o patrones más elaborados; superficie ventral de color marrón oscuro, más intenso cerca de los márgenes de disco; espinas dorsales de la cola en filas paralelas irregulares. Especie de la cuenca del río Tapajós en Brasil.....*Potamotrygon albimaculata* (Figura 20)
- 16b. Manchas de la superficie dorsal del disco circulares claras, dispersas de manera difusa u ocasionalmente concentradas formando rosetas sobre un fondo oscuro.....17
- 17a. Manchas de la superficie dorsal del disco circulares, blancas o amarillo claro, dispersas de manera difusa u ocasionalmente concentradas formando rosetas circulares sobre un fondo más oscuro; o a veces unidas en figuras irregulares separadas por un retículo oscuro. Especie del cauce principal del río Amazonas y Orinoco y partes bajas de los afluentes principales del río Amazonas en Brasil y Orinoco en Colombia
.....*Potamotrygon scobina* (Figura 21)



M. A. Morales-B.

- 17b. Manchas de la superficie dorsal del disco circulares, amarillas, dispersas de manera difusa u ocasionalmente concentradas formando rosetas circulares sobre un fondo marrón oscuro. Especie endémica de la cuenca del río Parnaíba en Brasil.....
.....*Potamotrygon signata* (Figura 22)
- 18a. Manchas negras de la superficie dorsal del disco irregulares (circulares u ovals) y con tallas variables, esparcidas, sin formar un patrón regular, sobre un fondo marrón claro a marrón-gris oscuro; estas manchas pueden estar unidas formando un vermiculado; ocasionalmente hay manchas circulares blancas o amarillas esparcidas irregularmente sobre el fondo; adultos de pequeña talla, por lo general menores que 500 mm AD. Especie endémica de la cuenca del Lago de Maracaibo y subcuenca del río Catatumbo en Venezuela y Colombia.....*Potamotrygon yepezi* (Figura 23)
- 18b. Manchas de la superficie dorsal del disco marrón oscuro o negras, con forma y disposición irregular sobre un fondo marrón claro, marrón o gris-marrón, delimitando figuras irregulares o en forma de cerebro en el centro del disco, y una figura en forma de ánfora por detrás de los ojos y espiráculos, continuando posteriormente en el disco; adultos de pequeña talla, por lo general menores que 300 mm AD. Especie restringida a la cuenca del Río Negro en Brasil*Potamotrygon wallacei* (Figura 24)
- 19a. Porción distal de la cola sin barras oscuras alternadas con espacios más claros; manchas de la superficie dorsal del disco irregulares u ovals, amarillas sobre un fondo marrón, más grandes que el diámetro horizontal de los ojos y ocasionalmente unidas formando un patrón vermiculado; cola relativamente corta, generalmente menor que el ancho del disco; espinas medianas de la cola dispuestas en una a tres hileras irregulares. Especie originalmente descrita de la cuenca del río Paraná, presente también en la porción superior del río Amazonas en Perú y en la subcuenca del río Madeira en Brasil y Bolivia.....
..... *Potamotrygon falkneri* (Figura 6)
- 19b. Porción distal de la cola con cinco o seis barras oscuras, alternadas con espacios más claros20
- 20a. Manchas de la superficie dorsal del disco circulares, ovals o reniformes, de color amarillo a naranja, formando un patrón vermiculado irregular sobre un fondo marrón claro a oscuro; especie distribuida en las partes altas de la cuenca del río Amazonas en Perú*Potamotrygon tigrina* (Figura 25)
- 20b. Manchas de la superficie dorsal del disco largas y reniformes, de color crema, amarillo o naranja, unidas formando un patrón de rosetas irregulares en forma de cerebro, sobre un fondo marrón o gris oscuro a púrpura-negro. Especie distribuida en la cuenca de los ríos Negro (Brasil), Meta y Orinoco (Colombia y Venezuela)
..... *Potamotrygon schroederi* (Figura 26)

CLAVES



M. A. Morales-B.

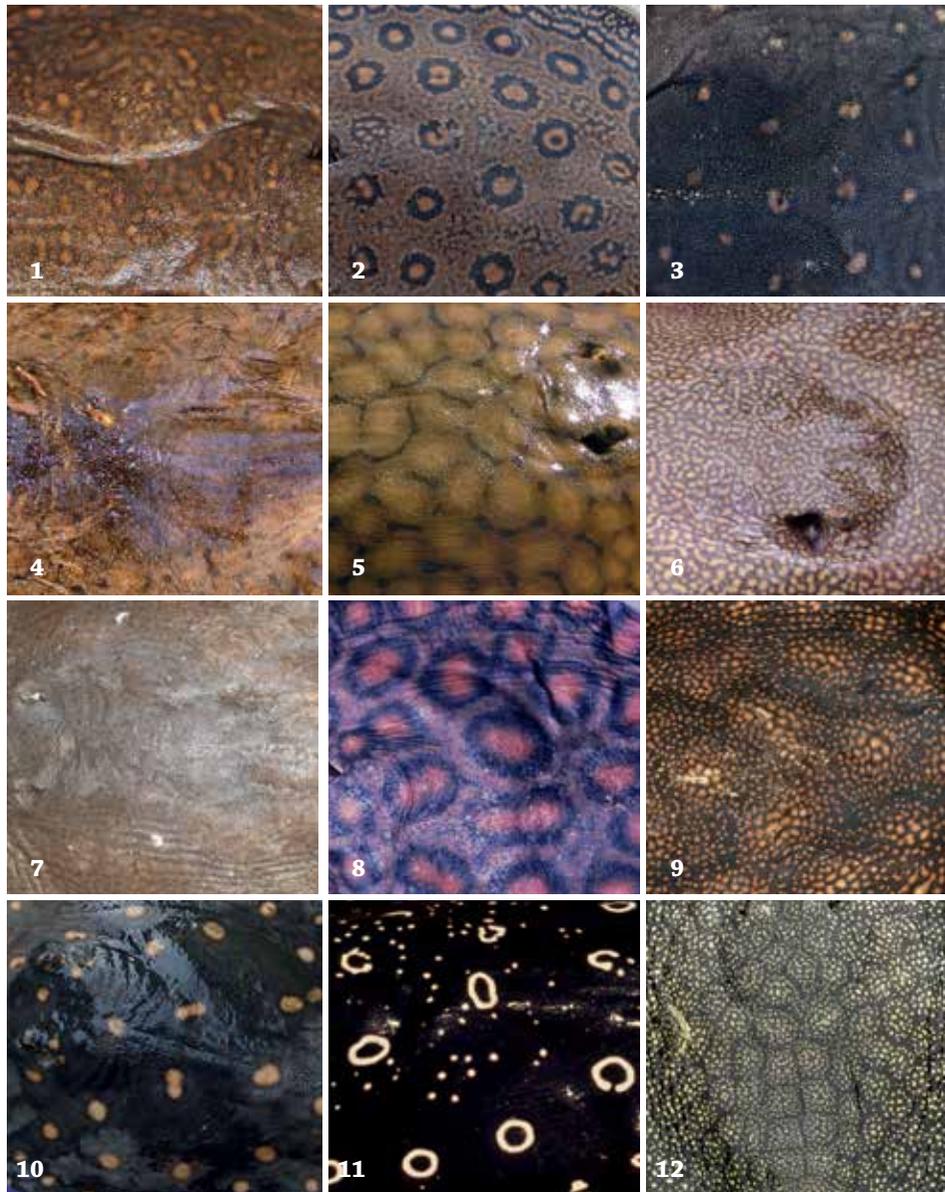


Figura 1-12. Detalle de las manchas u ocelos: 1) *Potamotrygon pantanensis*; 2) *Potamotrygon motoro*; 3) *Potamotrygon amandae*; 4) *Potamotrygon schuhmacheri*; 5) *Potamotrygon brachyura*; 6) *Potamotrygon falkneri*; 7) *Potamotrygon histrix*; 8) *Potamotrygon boesemani*; 9) *Potamotrygon rex*; 10) *Potamotrygon henlei*; 11) *Potamotrygon leopoldi*; 12) *Potamotrygon limai*;

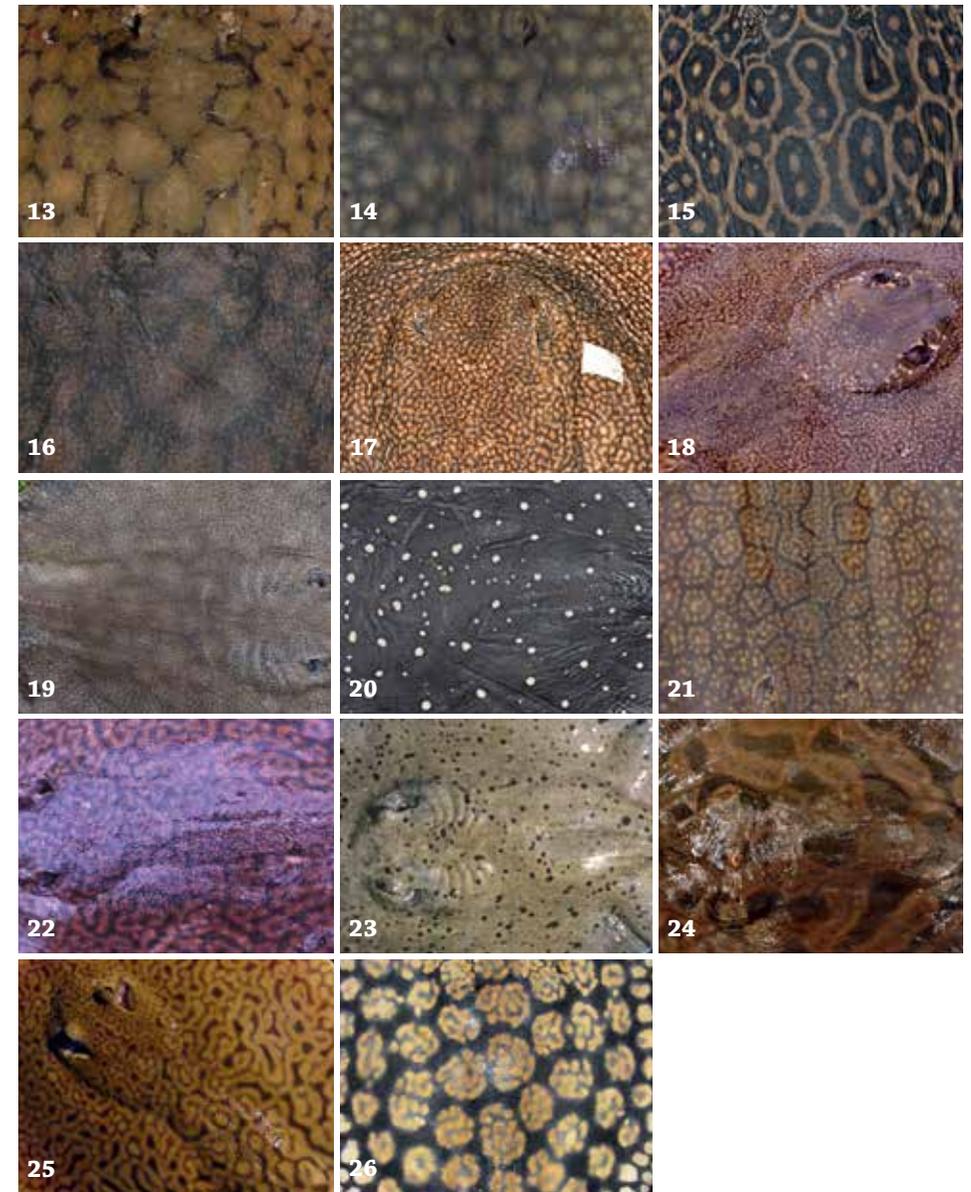


Figura 13-26. Detalle de las manchas u ocelos: 13) *Potamotrygon orbignyi*; 14) *Potamotrygon humerosa*; 15) *Potamotrygon jabuti*; 16) *Potamotrygon marinae*; 17) *Potamotrygon tatiana*; 18) *Potamotrygon magdalena*; 19) *Potamotrygon constellata*; 20) *Potamotrygon albimaculata*; 21) *Potamotrygon scobina*; 22) *Potamotrygon signata*; 23) *Potamotrygon yepezi*; 24) *Potamotrygon wallacei*; 25) *Potamotrygon tigrina*; 26) *Potamotrygon schroederi*.



M. A. Morales-B.

4.1 Chave de identificação para as espécies do gênero *Potamotrygon* da bacia Paraná-Paraguai (aplica-se a espécimes adultos e subadultos)

- 1a. Coloração dorsal do disco geralmente com ocelos de cores variadas, desde o branco, cinza claro, amarelo, laranja ou vermelho, e circundados ou rodeados por um anel preto
.....2
- 1b. Superfície dorsal do disco geralmente sem ocelos rodeados por um anel negro; pequenos ocelos podem estar presentes na periferia do disco4
- 2a. Ocelos da superfície dorsal do disco, quando presentes, geralmente distribuídos em um padrão regular de círculos concêntricos; ocelos geralmente circulares, raramente fusionados dois a dois, reduzidos em tamanho e número ou mesmo ausentes3
- 2b. Ocelos da superfície dorsal do disco, quando presentes, geralmente distribuídos irregularmente sem formar um padrão de círculos concêntricos; diâmetro dos ocelos igual ou maior que o diâmetro horizontal dos olhos; além dos ocelos circulares, outros com formatos irregulares, geralmente agrupados, formam figuras aneladas ou vermiculações; coloração do fundo da superfície dorsal do disco marrom; espinhos na superfície dorsal da cauda em duas ou três fileiras longitudinais.....*Potamotrygon pantanensis*
- 3a. Ocelos, quando presentes, com diâmetro maior que o diâmetro horizontal dos olhos; ocelos geralmente tricolores, com o centro amarelo, uma porção intermediária laranja e um anel externo preto; cauda sem ocelos; coloração de fundo da superfície dorsal do disco cinza, cinza escuro, verde oliva, marrom oliváceo ou marrom escuro; espinhos na superfície dorsal da cauda em uma única fileira longitudinal.....*Potamotrygon motoro*
- 3b. Ocelos, quando presentes, com diâmetro menor que o diâmetro horizontal dos olhos; ocelos geralmente bicolores, com o centro esbranquiçado, cinza claro ou amarelo claro e um anel externo preto; coloração de fundo da superfície dorsal do disco cinza ou marrom escuro; espinhos na superfície dorsal da cauda em duas ou três fileiras longitudinais.....
.....*Potamotrygon amandae*
- 4a. Superfície dorsal do disco geralmente com um padrão de coloração reticulado escuro delimitando formas poligonais sobre um fundo marrom.....5
- 4b Superfície dorsal do disco sem um padrão reticulado conspícuo6
- 5a. Padrão reticulado formado por linhas marrom-escuras interrompidas sobre um fundo marrom claro, formando um padrão reticulado aberto delimitando formas geralmente hexagonais com centro escuro, e com figuras quase triangulares entre elas; cauda com uma única fileira longitudinal de espinhos dorsais; disco coberto com pequenos denticulos
.....*Potamotrygon schuhmacheri*

5b. Padrão reticulado formado por linhas marrom difusas, contínuas ou interrompidas, delimitando formas pentagonais ou hexagonais; disco muito circular, seu comprimento aproximadamente igual à largura; cauda curta, menor que dois terços da largura do disco; espinho serrilhado posicionado basalmente na cauda, a distância entre a margem posterior da cloaca e a inserção do espinho serrilhado menor que um terço da largura do disco; cola com uma única fileira longitudinal de espinhos dorsais e com espinhos laterais próximos ao espinho serrilhado.....*Potamotrygon brachyura*

6a. Superfície dorsal do disco com um padrão de coloração formado por manchas irregulares ou ovais, amarelas sobre um fundo marrom, maiores que o diâmetro horizontal dos olhos, e ocasionalmente unidas formando um padrão vermiculado; espinhos na superfície dorsal da cauda em uma a três fileiras irregulares. Espécie presente também na porção superior do rio Amazonas no Peru e na sub-bacia do rio Madeira no Brasil e Bolívia.....
.....*Potamotrygon falkneri*

6b. Superfície dorsal do disco com um padrão de coloração de manchas violetas, margina-
nadas por pigmento escuro, de formato e distribuição irregular, vermiculadas ou em forma de gotas, sobre um fundo marrom ou cinza escuro; cauda com muitos espinhos pontiagu-
dos nas superfícies dorsal e lateral; dentes tricuspídeos nas fêmeas e monocuspídeos nos machos.....*Potamotrygon histrix*

4.2 Chave de identificação para as espécies amazônicas e peri-amazônicas do gênero *Potamotrygon* [Aplica-se a espécimes adultos e subadultos; não inclui espécies cujas descrições não foram ainda publicadas, provenientes do rio Amazonas no Brasil e rio Meta na Colômbia e Venezuela, assim como espécies com status taxonômico duvidoso do Brasil e Colômbia. A espécie amazônica *Potamotrygon dumerilii* (Castelnau 1855), considerada na chave de identificação da Parte I (Lasso *et al.* 2013), foi excluída da presente chave, por ter sido considerada um sinônimo de *Potamotrygon orbignyi* (Castelnau 1855) (Silva e Carvalho (2015)].

1a. Coloração dorsal do disco geralmente com ocelos de cores variadas, de branco, amarelo e laranja até vermelho intenso, e circundados por um anel preto; diâmetro da mancha central dos ocelos maior que o diâmetro horizontal dos olhos2

1b. Superfície dorsal do disco geralmente sem ocelos com a mancha central maior que o diâmetro horizontal dos olhos; ocelos pequenos podem estar presentes no centro ou na periferia do disco6

2a. Ocelos da superfície dorsal do disco geralmente distribuídos em um padrão regular de círculos concêntricos sobre fundo cinza escuro ou marrom; ocelos geralmente circulares, raramente fusionados dois a dois, reduzidos em tamanho ou ausentes; ocelos geralmente tricolores, com o centro amarelo, uma porção intermediária laranja e um anel preto externo; cauda sem ocelos. Espécie amplamente distribuída: bacias do Paraná-Paraguai (Argentina, Brasil, Paraguai, Uruguai), Orinoco (Colômbia-Venezuela) e Amazonas (Colômbia, Brasil,

CLAVES



M. A. Morales-B.

- Equador, Peru, Bolívia e Venezuela), rios costeiros de Guiana, Suriname, Guiana Francesa e Brasil..... *Potamotrygon motoro*
- 2b. Ocelos da superfície dorsal do disco geralmente distribuídos irregularmente sem formar um padrão de círculos concêntricos sobre fundo escuro.....3
- 3a. Ocelos da superfície dorsal do disco geralmente com forma irregular, ovais ou lunados, às vezes fusionados dois a dois ou dispostos no centro de rosetas; cauda com ocelos similares aos do disco, desde sua base até a inserção do espinho serrilhado..... 4
- 3b. Ocelos da superfície dorsal do disco geralmente com forma irregular, ovais ou fusionados dois a dois, sua cor de laranja intenso a roxo, e rodeados por anéis pretos relativamente largos; cauda sem ocelos. Espécie distribuída na bacia do rio Corantijn no Suriname..... *Potamotrygon boesemani*
- 4a. Ocelos da superfície dorsal do disco com formatos irregulares, dispostos no centro de rosetas formadas por manchas amarelas ou laranjas; maior parte da superfície ventral do disco de cor marrom escuro ou cinza; cauda com ocelos ou rosetas similares aos do disco, desde sua base até a inserção do espinho serrilhado; dentes hexagonais a romboides, geralmente mais largos que longos, dispostos em 21 a 44 fileiras longitudinais na mandíbula superior. Espécie do curso superior e médio do rio Tocantins no Brasil.....
..... *Potamotrygon rex*
- 4b. Superfície dorsal do disco cinza escuro ou preto, sem manchas amarelas ou laranjas formando rosetas; ocelos circulares ou irregulares, ocasionalmente lunados ou com o centro preto, sua cor branco a amarelo claro; cauda escura, com ocelos similares aos do disco, mas sem a presença de rosetas.....5
- 5a. Ocelos da superfície dorsal do disco distribuídos irregularmente ou excepcionalmente em um padrão circular; ocelos circulares ou irregulares, ocasionalmente lunados ou com o centro preto; dentes relativamente grandes e largos, com formato tetragonal ou hexagonal, dispostos em 14 a 26 fileiras longitudinais na mandíbula superior. Espécie distribuída na bacia dos rios Tocantins e Araguaia no Brasil*Potamotrygon henlei*
- 5b. Ocelos da superfície dorsal do disco distribuídos irregularmente ou excepcionalmente em um padrão circular; ocelos circulares ou irregulares, ocasionalmente lunados ou com o centro preto; dentes relativamente pequenos, com formato tetragonal, em 23 a 25 fileiras longitudinais na mandíbula superior; espécie distribuída na bacia dos rios Xingú e Iriri no Brasil.....*Potamotrygon leopoldi*
- 6a. Superfície dorsal do disco geralmente com um padrão de coloração reticulado escuro delimitando formas poligonais sobre um fundo marrom claro ou escuro7
- 6b. Superfície dorsal do disco sem um padrão reticulado conspícuo9

- 7a. Padrão reticulado formado por linhas marrom-escuras contínuas ou interrompidas, delimitando formas poligonais irregulares, com o interior preenchido por pequenas manchas brancas ou bege, dispostas em rosetas sobre um fundo marrom-escuro ou, às vezes, unidas em um padrão vermiculado; base da cauda com o mesmo padrão dorsal do disco, com figuras poligonais; cauda relativamente curta e larga na base, com duas ou três fileiras irregulares de espinhos dorsais. Espécie do alto curso do rio Madeira no Brasil.....
.....
..... *Potamotrygon limai*
- 7b. Padrão reticulado formado por linhas marrom-escuro contínuas ou interrompidas, delimitando formas hexagonais ou circulares sobre um fundo marrom claro uniforme; às vezes com pequenas manchas claras no interior, mas sem formar rosetas ou vermiculados 8
- 8a. Padrão reticulado delimitando formas geralmente hexagonais sobre um fundo marrom claro; ocasionalmente o retículo é interrompido deixando figuras triangulares escuras entre os vértices dos hexágonos; excepcionalmente o padrão reticular se desvanece por completo, deixando somente manchas claras irregulares onde estariam os centros dos hexágonos; cauda com bandas laterais escuras e geralmente com uma única fileira de espinhos dorsais; sulcos labiais bem desenvolvidos e evidentes. Espécie amplamente distribuída no norte da América do Sul (Colômbia, Venezuela, Brasil, Peru e Guianas) nas bacias dos rios Orinoco, Amazonas e Parnaíba..... *Potamotrygon orbignyi*
- 8b. Padrão reticulado delimitando formas hexagonais ou circulares sobre um fundo marrom claro; superfície dorsal do disco muito áspera em qualquer tamanho corporal, com denticulos bem desenvolvidos e agudos, às vezes formando tubérculos marginais; cauda com espinhos dorsais e laterais muito desenvolvidos; sulcos labiais ausentes. Espécie distribuída na bacia do médio e baixo Amazonas, desde o rio Negro até o rio Pará no Brasil
.....*Potamotrygon humerosa*
- 9a. Superfície dorsal do disco com manchas circulares ou irregulares, de cor amarelo-brilhante, dourado ou amarelo-laranja, sobre um fundo marrom escuro ao marrom esverdeado, formando elaborados desenhos marmoreados; manchas circulares ou irregulares geralmente circundadas por um grosso anel escuro, as vezes pareadas, formando ocelos irregulares; ocelos por sua vez rodeados de pequenas manchas ou linhas douradas ou amarelo-brilhante, formando um padrão similar a uma malha que delimita grandes rosetas em formato de cérebro ou de ocelos, maiores no centro do disco. Espécie da bacia do rio Tapajós no Brasil*Potamotrygon jabuti*
- 9b. Superfície dorsal do disco com manchas circulares, ovais ou reniformes, de cor branca, amarelo, laranja, marrom-escuro ou pretas sobre um fundo marrom claro, marrom escuro, cinza ou preto, todavia sem formar ocelos10
- 10a. Manchas da superfície dorsal do disco menores que o diâmetro horizontal dos olhos..
.....11

CLAVES



M. A. Morales-B.

- 10b. Manchas da superfície dorsal do disco maiores que o diâmetro horizontal dos olhos ..
.....19
- 11a. Cauda curta, com o espinho serrilhado em posição basal; distância entre a margem posterior da cloaca e a inserção do espinho serrilhado, menor que a metade da largura do disco; manchas da superfície dorsal do disco irregulares, amarelas ou marrom, concentradas formando rosetas de formato irregular (aproximadamente ovais) sobre um fundo marrom escuro; as rosetas diminuem em tamanho em direção às margens do disco e se estendem na superfície dorsal da cauda, onde ficam separadas por espaços escuros em forma de sela. Espécie das bacias dos rios Oiapoque e Maroni na Guiana Francesa e possivelmente nas bacias dos rios Negro (Brasil) e Meta (Colômbia y Venezuela).....
.....*Potamotrygon marinae*
- 11b. Cauda relativamente longa, com o espinho serrilhado mais distal, a distância entre a margem posterior da cloaca e a inserção do espinho serrilhado, maior que a metade da largura do disco 12
- 12a. Manchas da superfície dorsal do disco de formato irregular ou reniforme, de cor marrom-claro a amarelo, geralmente unidas em um padrão vermiculado 13
- 12b. Manchas da superfície dorsal do disco circulares ou ovais, de cor branca, amarela, marrom claro, marrom escuro ou pretas, geralmente sem formar um padrão vermiculado, ocasionalmente dispostas em rosetas14
- 13a. Manchas da superfície dorsal do disco com formato irregular ou reniforme, de cor marrom claro o amareladas, geralmente unidas em um padrão vermiculado; algumas manchas amarelas mais intensas e de forma mais circular, circundadas por pigmento escuro, podem estar dispersas na porção intermediária e periférica do disco; espinhos medianos em uma única fileira sobre a cauda. Espécie da bacia do rio Madre de Dios no Peru.....*Potamotrygon tatianae*
- 13b. Manchas da superfície dorsal do disco circulares ou ovais, amarelas ou marrom claro sobre um fundo marrom escuro, dispersas de forma difusa, às vezes unidas formando vermiculados ou desvanecendo-se em exemplares mais escuros. Espécie das bacias dos rios Atrato e Magdalena-Cauca na Colômbia..... *Potamotrygon magdalenae*
- 14a. Manchas da superfície dorsal do disco circulares ou às vezes irregulares, brancas ou amarelo claro, dispersas de maneira difusa ou ocasionalmente concentradas formando rosetas circulares sobre um fundo mais escuro, ou às vezes unidas em figuras irregulares separadas por um retículo escuro 15
- 14b. Manchas da superfície dorsal do disco circulares, de cor marrom escuro ou pretas, sem formar um padrão regular, dispersas de maneira difusa ou formando figuras irregulares sobre um fundo marrom claro a marrom-acinzentado escuro; espécies de pequeno tamanho, adultos geralmente menores que 500 mm AD.....18
- 15a. Manchas da superfície dorsal do disco brancas ou amarelas formando rosetas ou pequenos ocelos irregulares perto da margem do disco, sobre um fundo marrom-oliváceo ou cinza escuro; superfície dorsal do disco ocasionalmente com um padrão reticular de pigmento escuro; superfície dorsal do disco e cauda com tubérculos muito desenvolvidos; os do disco situados na sua margem, região escapular e na linha médio-dorsal posterior. Espécie da bacia do rio Amazonas, desde o Peru, Equador e Colômbia até o Brasil
.....*Potamotrygon constellata*
- 15b. Manchas da superfície dorsal do disco circulares ou às vezes irregulares, brancas ou amarelo-claro, dispersas de maneira difusa ou ocasionalmente concentradas formando rosetas circulares sobre um fundo mais escuro; superfície dorsal do disco e cauda sem tubérculos muito desenvolvidos.....16
- 16a. Manchas da superfície dorsal do disco e da base da cauda circulares ou às vezes irregulares, de cor branca ou branco-creme, geralmente menores que o diâmetro horizontal dos olhos, sobre um fundo marrom escuro intenso ao marrom enegrecido; manchas às vezes formam pequenos ocelos, mas nunca fusionadas entre si formando rosetas, vermiculados ou padrões mais elaborados; superfície ventral de cor marrom escuro, mais intenso próximo às margens do disco; espinhos dorsais da cauda em fileiras paralelas irregulares. Espécie da bacia do rio Tapajós no Brasil.....*Potamotrygon albimaculata*
- 16b. Manchas da superfície dorsal do disco circulares claras, dispersas de maneira difusa ou ocasionalmente concentradas formando rosetas sobre um fundo escuro.....17
- 17a. Manchas da superfície dorsal do disco circulares, brancas ou amarelo-claro, dispersas de maneira difusa ou ocasionalmente concentradas formando rosetas circulares sobre um fundo mais escuro; ou às vezes unidas em figuras irregulares separadas por um retículo escuro. Espécie do canal principal dos rios Amazonas e Orinoco e partes baixas dos afluentes principais do rio Amazonas no Brasil e Orinoco (Colômbia).....
.....*Potamotrygon scobina*
- 17b. Manchas da superfície dorsal do disco circulares, amarelas, dispersas de maneira difusa ou ocasionalmente concentradas formando rosetas circulares sobre um fundo marrom escuro. Espécie da bacia do rio Parnaíba no Brasil*Potamotrygon signata*
- 18a. Manchas da superfície dorsal do disco irregulares (circulares ou ovais) e com tamanhos variados, esparsas, sem formar um padrão regular, sobre um fundo marrom claro a marrom-acinzentado escuro; estas manchas podem estar unidas formando um vermiculado; ocasionalmente há manchas circulares brancas ou amarelas espalhadas irregularmente sobre o fundo; adultos de pequeno tamanho, geralmente menores que 500 mm AD. Espécie restrita à bacia do Lago de Maracaibo e à sub-bacia do rio Catatumbo na Venezuela e Colômbia..... *Potamotrygon yepezi*
- 18b. Manchas da superfície dorsal do disco marrom escuro ou pretas, com formas e disposição irregulares sobre um fundo marrom claro, marrom ou marrom-acinzentado,

CLAVES



M. A. Morales-B.

delimitando figuras irregulares ou em forma de cérebro no centro do disco, e uma figura em forma de ânfora por detrás dos olhos e espiráculos e continuando posteriormente no disco; adultos de pequeno tamanho, geralmente menores que 300 mm AD. Espécie restrita à bacia do rio Negro no Brasil..... *Potamotrygon wallacei*

19a. Porção distal da cauda sem barras escuras alternadas com espaços mais claros; manchas da superfície dorsal do disco irregulares ou ovais, amarelas sobre um fundo marrom, maiores que o diâmetro horizontal dos olhos e ocasionalmente unidas formando um padrão vermiculado; cauda relativamente curta, geralmente menor que a largura do disco; espinhos medianos da cauda dispostos em uma a três fileiras irregulares. Espécie originalmente descrita da bacia do rio Paraná, presente também na porção superior do rio Amazonas no Peru e na sub-bacia do rio Madeira no Brasil e Bolívia.....
.....*Potamotrygon falkneri*

19b. Porção distal da cauda com cinco ou seis barras escuras, alternadas com espaços mais claros20

20a. Manchas da superfície dorsal do disco circulares, ovais ou reniformes, de cor amarela à laranja, formando um padrão vermiculado irregular sobre um fundo marrom claro a escuro. Espécie distribuída nas partes altas da bacia do rio Amazonas no Peru
.....*Potamotrygon tigrina*

20b. Manchas da superfície dorsal do disco grandes e reniformes, de cor creme, amarelo ou laranja, unidas formando um padrão de rosetas irregulares em forma de cérebro, sobre um fundo marrom ou cinza escuro a púrpura-negro. Espécie distribuída nas bacias dos rios Negro (Brasil), Meta e Orinoco (Colômbia e Venezuela)
.....*Potamotrygon schroederi* (Figura 1)

4.1 Key to the species of the genus *Potamotrygon* of the Paraná-Paraguay river basin (use this key only for adult or sub-adult individuals)

1a. Dorsal surface of disc usually with ocelli of different colors (white, light gray, yellow, orange or red), surrounded by a black ring.....2

1b. Dorsal surface of disc usually without ocelli surrounded by a black ring; small ocelli may be present on disc margins4

2a. Ocelli of dorsal surface of disc, when present, usually distributed in a regular pattern of concentric circles; ocelli usually circular, rarely, two may fuse together, may be reduced in size and number or even absent3

2b. Ocelli of dorsal surface of disc, when present, usually irregularly distributed, not forming pattern of concentric circles; diameter of ocelli equal to or greater than horizontal eye diameter; besides the circular ocelli, others with irregular shapes, usually grouped forming ring figures or vermiculations; background color of the dorsal surface of disc

brown; median spines on dorsal surface of tail arranged in one to three irregular rows
.....*Potamotrygon pantanensis*

3a. Ocelli, when present, greater than horizontal eye diameter; ocelli usually tricolored, with yellow center, an intermediate orange portion and an external black ring; tail without ocelli; background color of the dorsal surface of disc gray, dark gray, olive green, olivaceous brown or dark brown; dorsal tail spines in a single median row.....*Potamotrygon motoro*

3b. Ocelli, when present, with diameter less than horizontal eye diameter; ocelli usually bicolor, with yellow whitish, light gray or light yellow center and an external black ring; background color of the dorsal surface of disc gray or dark brown; dorsal tail spines in two or longitudinal rows*Potamotrygon amandae*

4a. Dorsal disc surface usually with dark reticulated pattern of polygonal shapes over brown background.....5

4b Dorsal disc surface without a conspicuous dark reticulated pattern.....6

5a. Reticulated pattern formed by interrupted dark brown lines over a light brown background, forming an open reticulum of usually hexagonal shapes, with darker center, and with nearly triangular figures between them; tail with a single row of dorsal spines; disc covered with small denticles*Potamotrygon schuhmachersi*

5b. Reticulated pattern formed by diffuse brown lines, continuous or interrupted, that outline pentagonal or hexagonal shapes; disc almost circular, disc length nearly equal to disc width; tail short, less than two thirds of disc width; serrated spine positioned on the base of tail, the distance between the posterior margin of cloaca and the insertion of spine less than one third of disc width; tail with a single longitudinal row of dorsal spines and with lateral spines near the sting.....*Potamotrygon brachyura*

6a. Dorsal surface of disc with a color pattern formed by irregular or oval yellow spots on a dark brown background, larger than the horizontal diameter of eye, and occasionally united forming a vermiculated pattern; dorsal tail spines in two or three irregular longitudinal rows. This species is also found in the upper Amazon basin in Peru and in the sub-basin of rio Madeira in Brazil and Bolivia*Potamotrygon falkneri*

6b. Dorsal surface of disc with a color pattern formed by irregular violet markings, drop-shaped or vermiculated, outlined by dark pigment, irregularly distributed on brown or dark gray background; tail with many sharp spines on the dorsal and lateral surfaces; teeth tricuspidate in females and monocuspidate in male.....*Potamotrygon histrix*

4.2 Key to the species of the genus *Potamotrygon* of the Amazon and neighboring river basins [use this key only for adult or sub-adult individuals; it does not include species whose descriptions have not yet been published,

CLAVES



M. A. Morales-B.

from the Amazon River in Brazil and the Meta River in Colombia and Venezuela, as well as species with doubtful taxonomic status of Brazil and Colombia. The Amazonian species *Potamotrygon dumerilii* (Castelnaud 1855), considered in Part I identification key (Lasso *et al.* 2013), was excluded from the present key because it has been considered a synonym of *Potamotrygon orbignyi* (Castelnaud 1855) (Silva and Carvalho 2015)].

1a. Dorsal surface of disc usually with ocelli of various colors (white, yellow, orange or bright red) surrounded by a black ring; diameter of central spot of ocelli greater than horizontal eye diameter2

1b. Dorsal surface of disc usually without ocelli with central spot larger than the horizontal eye diameter; smaller ocelli may be present on central portion of disc or on disc margins6

2a. Ocelli of dorsal surface of disc usually distributed in a regular pattern of concentric circles; ocelli usually circular, rarely, ocelli may be fused in pairs, reduced in size and number or even absent; ocelli generally tricolored, with yellow center, an intermediate orange portion and an outer black ring; tail without ocelli. A widespread species found in the Paraná-Paraguay Basin (Argentina, Brazil, Paraguay and Uruguay), Orinoco Basin (Colombia-Venezuela), Amazon Basin (Colombia, Brazil, Ecuador, Peru, Bolivia and Venezuela), and in coastal rivers of Guyana, Surinam, French Guiana and Brazil
..... *Potamotrygon motoro*

2b. Ocelli of dorsal surface of disc usually irregularly shaped and distributed, and not forming pattern of concentric circles on a dark background.....3

3a. Ocelli of dorsal surface of disc often irregularly shaped, oval or lunate, sometimes fused in pairs or arranged in the center of rosettes; tail with ocelli similar to disk, from its base to the insertion of caudal sting4

3b. Ocelli of dorsal surface of disc bright orange to red, of irregular shape, oval, or fused in pairs and surrounded by relatively wide black rings; tail without ocelli. Occurs in Corantijn River Basin of Surinam*Potamotrygon boesemani*

4a. Ocelli of dorsal surface of disc with irregular shapes, arranged in the center of rosettes formed by yellow or orange spots; most of the ventral surface of the disc dark brown or gray; tail with ocelli or rosettes similar to disk, from its base to insertion of the caudal sting; teeth hexagonal to rhomboid, usually wider than long, arranged in 21-44 longitudinal rows in the upper jaw. Species of the upper and middle reaches of the Tocantins River in Brazil *Potamotrygon rex*

4b. Dorsal surface of disc dark gray or black, without yellow or orange spots forming rosettes; ocelli circular or irregular, occasionally lunate or with black center, their color white to light yellow; tail dark with ocelli similar to disc, but without rosettes5

5a. Ocelli on dorsal disc surface usually distributed irregularly, exceptionally forming a circular pattern; ocelli circular or irregular, occasionally lunate or with black center; teeth relatively large and wide, tetragonal or hexagonal in shape, arranged in 14 to 26 longitudinal rows in upper jaw. Occurs in the Tocantins and Araguaia river drainages in Brazil.....
.....*Potamotrygon henlei*

5b. Ocelli of dorsal disc surface irregularly distributed or exceptionally in circular pattern; ocelli circular or irregular, occasionally lunate or with black center; teeth relatively small, tetragonal in shape, arranged in 23-25 longitudinal rows in upper jaw. Distributed in the Xingu and Iriri river drainages in Brazil*Potamotrygon leopoldi*

6a. Dorsal disc surface usually with dark reticulate pattern delimiting polygonal shapes over light or dark brown background7

6b. Dorsal disc surface without conspicuous reticulated pattern9

7a. Reticulate pattern formed by continuous or interrupted dark brown lines delimiting irregular polygonal shapes, with the inside filled with small white or beige spots arranged in rosettes on a dark brown background, sometimes joined in a vermiculate pattern; base of the tail with the same disc dorsal pattern with polygonal figures; tail relatively short and broad based with two or three rows of irregular dorsal spines. Species of the upper course of the Madeira river in Brazil *Potamotrygon limai*

7b. Reticulate pattern formed by continuous or broken dark brown lines, delimiting hexagonal or circular shapes on a light brown uniform background; sometimes with small bright spots in the interior, not forming rosettes or vermiculations8

8a. Reticulate pattern delimiting generally hexagonal shapes on a light brown background; occasionally the reticulum is interrupted leaving dark triangular figures between the vertices of the hexagons; exceptionally reticular pattern vanishes completely, leaving only irregular clear spots where there would be the centers of the hexagons; tail with dark lateral bands and usually with just one row of dorsal spines; labial furrows well developed and evident. Species widely distributed in northern South America (Colombia, Venezuela, Brazil, Peru and Guyana) in the basins of the Orinoco, Amazonas and Parnaíba.....
..... *Potamotrygon orbignyi*

8b. Reticulate pattern formed by continuous or interrupted faint brown lines that outline hexagonal or circular shapes over a light brown background; dorsal disc surface very rough at all body sizes, with sharp, well-developed denticles that sometimes form marginal tubercles; tail with dorsal and lateral spines very well developed; labial furrows absent. Species occurs in middle and lower Amazon River Basin, from Río Negro to Para river in Brazil.....*Potamotrygon humerosa*

9a. Dorsal disc surface with circular or irregular patches of bright yellow, golden or yellow-orange spots, on a dark brown to greenish brown background, forming elaborate marbled

CLAVES



M. A. Morales-B.

- designs; circular or irregular spots usually surrounded by a thick dark ring, sometimes paired, forming irregular ocelli; ocelli in turn surrounded by golden or bright yellow small spots or lines forming a pattern similar to a mesh that encloses large brain-shaped or ocelli-like rosettes, larger in disc center. Species from the Tapajós river basin in Brazil.....
.....*Potamotrygon jabuti*
- 9b. Dorsal disc surface surface with circular, oval or reniform spots, their color white, yellow, orange, dark brown or black on a light brown, dark brown, gray or black background, not forming ocelli.....10
- 10a. Spots of the dorsal disc surface smaller than the horizontal diameter of the eye
.....11
- 10b. Spots of the dorsal disc surface larger than the horizontal diameter of the eye
.....19
- 11a. Tail short, with caudal sting near base, distance from posterior margin of cloaca to sting insertion less than half disc width; spots on dorsal disc surface irregularly shaped, yellow or brown and concentrated to form irregular rosettes (approximately oval) over a dark brown background; rosettes smaller near disc margins and extending onto dorsal surface of tail, where they are separated by saddle shaped black marks. Found in Oyapock and Maroni rivers in French Guiana and possibly in the Negro (Brazil) and Meta (Colombia and Venezuela) rivers*Potamotrygon marinae*
- 11b. Tail relatively long, with caudal sting placed distally, distance from posterior margin of cloaca to sting insertion greater than half disc width 12
- 12a. Spots of dorsal disc surface irregular or kidney-shaped, light brown or yellow and usually united within a vermiculated pattern 13
- 12b. Spots of dorsal disc surface circular or oval, white, yellow, light brown, dark brown or black, usually not forming vermiculations, but occasionally forming rosettes.....14
- 13a. Spots of dorsal disc surface irregular or kidney-shaped, light brown or yellow and usually united within a vermiculated pattern; some yellow spots more intense and circular, outlined by dark pigment, usually more abundant in intermediate and marginal regions; spines in a single median row on dorsal surface of tail. Occurs in the Madre de Dios River Drainage in Peru.....*Potamotrygon tatiana*
- 13b. Spots of dorsal disc surface circular or oval, yellow or light brown over dark brown background, usually widely distributed on disc but occasionally concentrated to form vermiculated pattern, or very faint and faded in darker individuals. Occurs in the Atrato and Magdalena-Cauca river Basins in Colombia *Potamotrygon magdalena*

- 14a. Spots of dorsal disc surface circular or sometimes irregular, white or pale yellow, scattered diffusely or occasionally concentrated forming circular rosettes on a darker background, or sometimes united in irregular figures separated by a dark reticulum 15
- 14b. Spots of dorsal disc surface circular, dark brown or black, without forming a regular pattern, scattered diffusely or forming irregular figures on a light brown to dark grayish-brown background; species of small size, adults usually less than 500mm Disk Width (DW)18
- 15a. Dorsal disc surface olivaceous-brown or dark grey with small white or yellow spots forming rosettes or ocelli near disc margins; occasionally with reticulate pattern of dark pigment; dorsal disc surface with well-developed tubercles; tubercles on disc concentrated near margins, scapular region and posterior mid-dorsal line. Occurs in Amazon Basin in Peru, Ecuador, Colombia and Brasil.....*Potamotrygon constellata*
- 15b. Spots of dorsal disc surface circular or sometimes irregular, white or pale yellow, scattered diffusely or occasionally concentrated forming circular rosettes on a darker background; dorsal surface of the disc and tail without highly developed tubercles.....16
- 16a. Spots of dorsal disc surface and base of the tail circular or sometimes irregular, white or creamy white, usually less than the horizontal diameter of the eye, on an intense dark brown background to blackish brown; sometimes spot form small ocelli, but never fused together forming rosettes, vermiculations or more elaborate patterns; ventral surface of dark brown color, more intense near the disc margins; dorsal tail spines on irregular parallel rows. Species from the Tapajós river basin in Brazil*Potamotrygon albimaculata*
- 16b. Spots of dorsal disc surface white to pale yellow, scattered diffusely or occasionally concentrated forming rosettes on a dark background17
- 17a. Spots of dorsal disc surface circular, white or light yellow, distributed widely on disc or occasionally concentrated in circular rosettes over a darker background or sometimes forming irregular shapes separated by dark reticulation. Species of the main channel of the Amazonas and Orinoco rivers and in the lower portion of major tributaries.....
Potamotrygon scobina
- 17b. Spots of dorsal disc surface circular, light yellow, scattered diffusely or occasionally concentrated in circular rosettes over a dark brown background. Species of the Parnaíba river drainage in Brazil*Potamotrygon signata*
- 18a. Spots of dorsal disc surface irregular (circular or oval) and variable in size, sparsely distributed not forming a regular pattern on a light brown to dark grayish-brown background; spots sometimes united to form vermiculated pattern; occasionally there are white or yellow circular spots scattered irregularly on the dorsal background; adults of small size, generally less than 500 mm DW. Restricted to Lake Maracaibo Basin in Venezuela Colombia

CLAVES

and to the sub-basin of Catatumbo river in Venezuela and Colombia.....
..... *Potamotrygon yepezi*

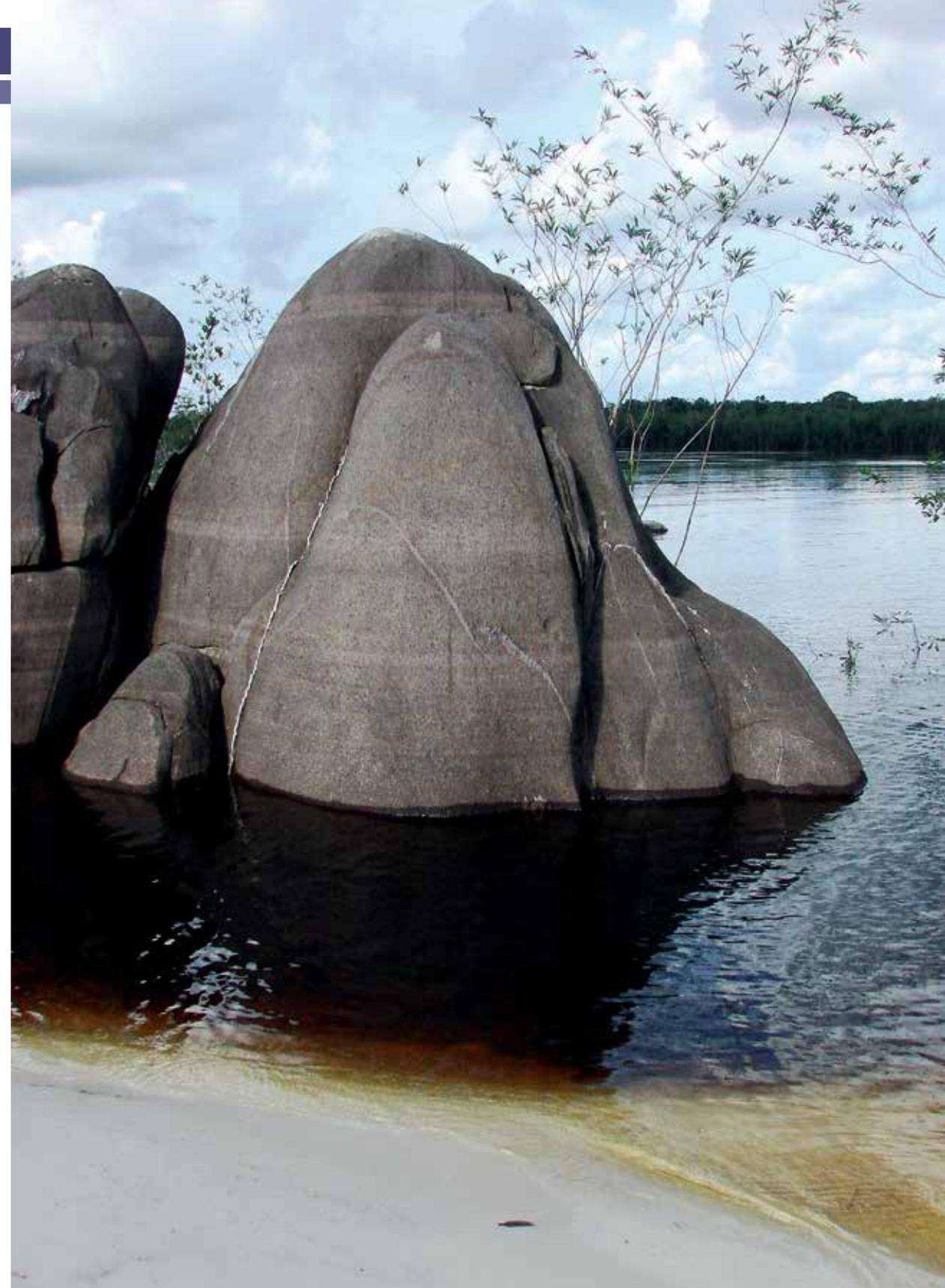
18b. Spots of dorsal disc surface dark brown or black, irregularly shaped and distributed on a light brown, brown or grayish-brown background, delimiting irregular or brain-shaped figures in the disk center, and an amphora-shaped figure behind eyes and spiracles, continuing posteriorly on the disk; adults of small size, generally less than 300 mm DW. Species restricted to the Negro river basin in Brazil *Potamotrygon wallacei*

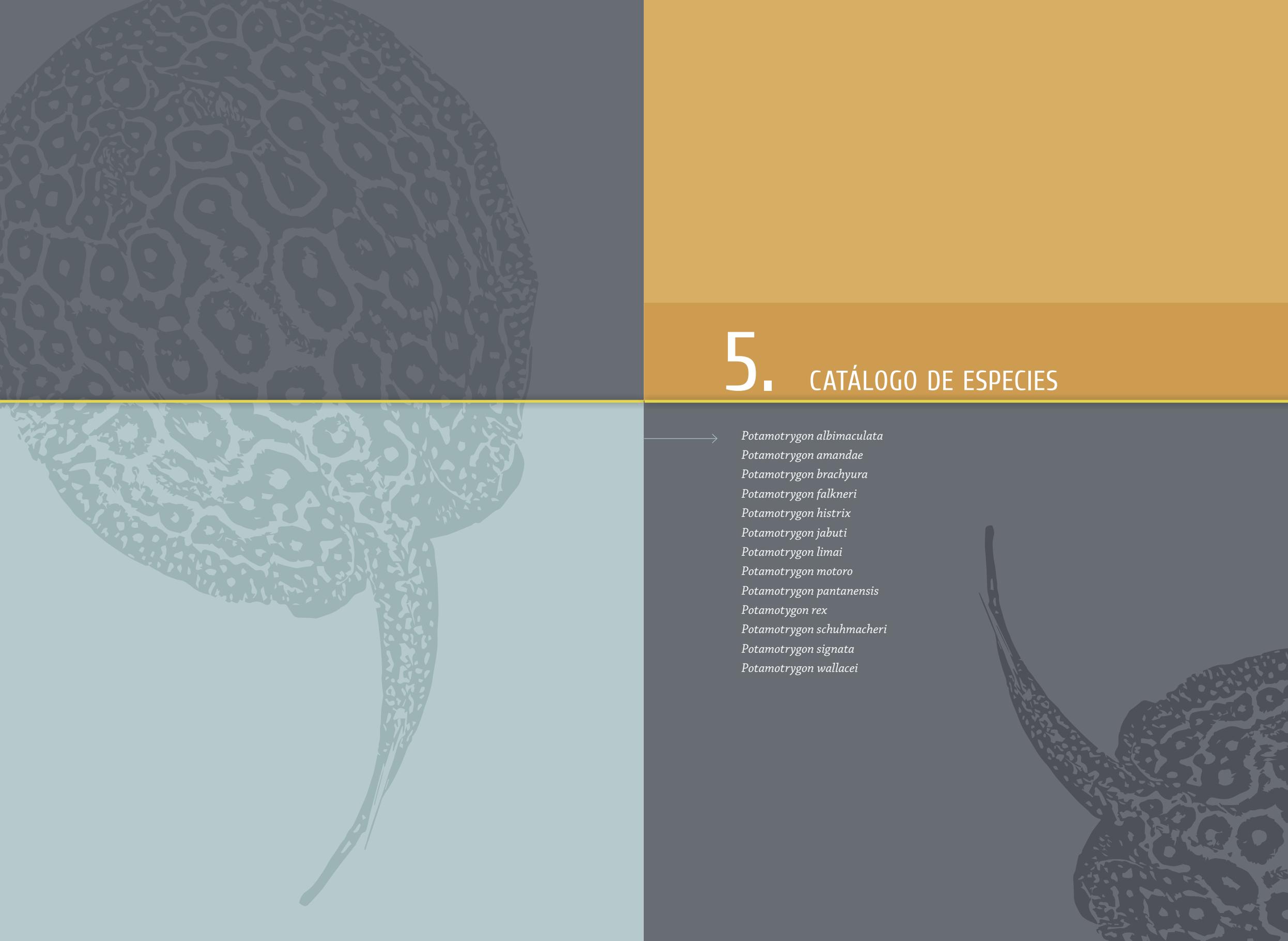
19a. Distal portion of tail without alternating dark and light bars; spots on dorsal disc surface irregular or oval, yellow over brown background, larger than horizontal eye diameter and occasionally united to form vermiculated pattern; tail relatively short, usually less than disc width; median spines on dorsal surface of tail arranged in one to three irregular rows. Species originally described from the Paraná River Basin, also present in upper Amazon river in Peru, and in the sub-basin of Madeira river drainage in Brazil and Bolivia.....*Potamotrygon falkneri*

19b. Distal portion of tail with five or six dark bars alternating with lighter spaces.....20

20a. Spots of dorsal disc surface circular, oval or kidney-shaped, yellow or orange, forming irregular vermiculated pattern over light or dark brown background. Occurs in upper reaches of Amazon River Basin in Peru..... *Potamotrygon tigrina*

20b. Spots of dorsal disc surface long and kidney-shaped, beige, yellow or orange, united to form pattern of irregular brain-shaped rosettes over brown, dark grey or purplish-black background. Occurs in the Negro (Brazil), Meta and Orinoco (Colombia and Venezuela) River systems..... *Potamotrygon schroederi*





5. CATÁLOGO DE ESPECIES

→ *Potamotrygon albimaculata*
Potamotrygon amandae
Potamotrygon brachyura
Potamotrygon falkneri
Potamotrygon histrix
Potamotrygon jabuti
Potamotrygon limai
Potamotrygon motoro
Potamotrygon pantanensis
Potamotrygon rex
Potamotrygon schuhmacheri
Potamotrygon signata
Potamotrygon wallacei



Potamotrygon albimaculata

Carvalho, 2016

Nombre común y/o indígena

Raia pretinha do Tapajós, raia negra do Tapajós (Brasil), Tapajós freshwater stingray, "P14", Itaituba ray (aquarismo).

Estatus de conservación

Categoría global (IUCN): no evaluada.

Categoría nacional: no evaluada.

Caracteres distintivos

Disco subcircular u oval, un poco más largo que ancho. Coloración general del dorso negro uniforme o marrón oscuro, cubierto por manchas circulares blancas (más pequeñas que el diámetro del ojo), en el dorso del disco y base de la cola. Las manchas pueden ser irregulares o alargadas. Superficie ventral del disco marrón oscuro, más intenso cerca de las márgenes. Hocino blanco ventralemente. Aletas pélvicas con ápices circulares, cubiertas por el disco y con un patrón de coloración

dorsal similar a la del disco. Cola más corta que el largo del disco. Base de la cola con numerosas hileras dorsales irregulares de espinas curvadas puntiagudas, que recubren prácticamente todo el dorso y los lados de la cola. Longitud de la cola aproximadamente el 73,3 % del ancho de disco (AD). Distancia interrespiracular y interorbital alrededor de 17,8 % AD y 12 % AD, respectivamente. Boca moderadamente pequeña, representa el 10,9 % AD. Dientes achatados y hexagonales, con 40 filas longitudinales en la mandíbula superior y 46 en la mandíbula inferior. Se distingue de las demás especies de la cuenca del río Tapajós, por el patrón de coloración en el dorso del disco, coloración ventral y por las hileras dorsales de espinas en la cola.





Registros de *Potamotrygon albimaculata*.

Distribución geográfica

Países: Brasil.

Cuencas: Amazonas.

Subcuencas: alto y medio río Tapajós y tributarios. La especie fue descrita para el medio y alto río Tapajós en Brasil, con

localidad tipo en el río Teles Pires, cerca la Pousada Santa Rosa, Mato Grosso. No hay registros en el bajo Tapajós, cerca de Itaituba y después de los raudales y saltos (correderas) de São Luiz (Carvalho 2016).

Talla y peso

Los adultos alcanzan los 336,4 mm AD (Tabla 1) y 10 kg de peso en promedio (Carvalho 2016, Carvalho com. pers.). Las hembras alcanzan en promedio 383,3 mm AD y longitud total de 441 a 790 mm. Los machos 345,1 mm AD y longitud total de 383 a 665 mm. El peso máximo hasta ahora registrado es una hembra de 12 kg y un macho de 7 kg.

Hábitat y abundancia

Se encuentra en ríos de aguas claras y en regiones de mezcla entre agua clara y agua blanca. Habita generalmente en las zonas más someras de los ríos y en sus orillas. La especie es simpátrica con *Potamotrygon orbignyi*, *Potamotrygon jabuti* y *Paratrygon aiereba*, posiblemente también con *Potamotrygon cf. scobina* (Carvalho 2016).

Alimentación

Sin datos confirmados sobre su alimentación pero se infiere que se alimenta de peces pequeños, insectos adultos, larvas de insectos y moluscos (Carvalho 2016, Kolmann com. pers.).

Reproducción

La gestación dura cuatro meses y el parto en general ocurre en septiembre y octubre. La fecundidad intrauterina varía de uno a cuatro embriones, pero solamente dos nacen por gestación. Los machos maduran

sexualmente entre los 541 y 598 mm de ancho discal (Carvalho 2016).

Referencia de identificación

Carvalho (2016).

Autores

João Pedro Fontenelle, Marcelo R. de Carvalho, Maria Lúcia G. de Araújo, João Paulo C. B. da Silva y Thiago S. Loboda.

Tabla 1. Datos y relaciones morfométricas para los ejemplares de *Potamotrygon albimaculata*, n= 23 (11H: 12M). Fuente: Carvalho (2016). AD: ancho discal.

Medida	Intervalo (mm)	Promedio (mm)	%AD
Ancho del disco	231- 544	336,4	-
Longitud del disco	245 - 582	368,7	109,9
Longitud total	383 - 790	554,1	166

CATÁLOGO DE ESPECIES

FAMILIA POTAMOTRYGONIDAE

**Potamotrygon amandae**

Loboda & Carvalho, 2013

Nombre común y/o indígena

Raia negra, arraia (Brasil), raya de río, chucho de río (Argentina).

Estatus de conservación**Categoría global (IUCN):** no evaluada.**Categoría nacional:** no evaluada.**Caracteres distintivos**

Coloración dorsal generalmente gris o marrón oscuro, la mayoría de los especímenes muestran ocelos bicolor con una mancha central blanca, gris claro o amarillo claro, rodeado por un anillo negro. Coloración ventral predominantemente gris. Dentículos dérmicos pequeños y en forma de estrella, dispersos por toda la región dorsal del disco, que en algunos especímenes son puntiagudos y un poco más desarrollados en los márgenes de disco. Disco subcircular, ligeramente más largo que ancho. Cabeza estrecha con distancia interorbital 11-17% LD y la interespiracular 17-21% LD. Ojos grandes pedunculados, 4-7% LD. Espiráculo grande con una amplia abertura % LD 8-12. Boca peque-

ña, 7-12% LD, con cinco papilas presentes en el epitelio oral ventral, tres centrales y dos laterales. Surcos labiales presentes en los bordes laterales de la boca. Dientes pequeños tricuspides, pero con cúspides muy discretas. Maxilar superior con mayor número de filas que en la inferior: 26-37 / 23-33. Cola larga (media 82,3% LD) y con la base no tan ancha (media del 11% LD), con una a tres hileras de espinas puntiagudas dorsales.

Distribución geográfica**Países:** Argentina, Brasil, Bolivia y Paraguay.**Cuencas:** Amazonas (Brasil, Bolivia); Paraná-Paraguay (Argentina, Brasil, Paraguay).**Subcuencas:** Amazonas (Guaporé), Paraná-Paraguay (Cuiabá, Paraná, Paraguay, Tieté).

Originalmente la especie fue descrita para toda la cuenca del Paraná-Paraguay, en sus dos principales ríos, Paraná, Paraguay y sus afluentes, inclusive con presencia en el sector del río Paraná arriba de la hidroeléctrica de Itaipu (Garrone-Neto *et al.* 2007, Loboda y Carvalho 2013). Sin embargo, después de la descripción de la especie, especímenes de *P. amandae* provenientes del río Guaporé/Iténez (sub-cuenca del río Madeira), fueron identificados en varias colecciones ictiológicas (AMNH, INPA, MNHN, NMW entre otras), (Loboda obs. pers.).

Talla y peso

Se examinaron 44 individuos (29 H: 15 M), 35 adultos (23 H: 12 M) y 9 juveniles (6 H: 3 M) (Tabla 2). El ancho discal varió en individuos adultos entre 227 a 363 mm en hembras y 232 a 312 en machos. En Argentina pueden alcanzar los 410 mm (ver Capítulo 6).

Alimentación

Carnívora: entomo-malacófaga. Se alimenta principalmente de insectos (Trichoptera, Ephemeroptera, Odonata, Diptera) y gastrópodos (*Pomacea* spp) (Lo-

Registros de *Potamotrygon amandae*.

nardoni *et al.* 2006, Silva y Ueida 2007). Los autores de ambos trabajos identifican a la especie como *P. motoro*.

Tabla 2. Datos y relaciones morfométricas para juveniles (6H: 3M) y adultos (23H: 2M) de *Potamotrygon amandae*. Modificado de Loboda y Carvalho (2013). AD: ancho discal.

Medida	Estadio de desarrollo	Intervalo (mm)	Promedio (mm)	%AD
Ancho del disco	Juvenil	194 - 230	215,8	100
	Adultos	227 - 363	276,9	100
Longitud del disco	Juvenil	208 - 259	238,1	110,3
	Adultos	250 - 407	302,6	109,4
Longitud total	Juvenil	356 - 430	399,1	186,3
	Adultos	375 - 661	481,1	173,6

CATÁLOGO DE ESPECIES

FAMILIA POTAMOTRYGONIDAE

Reproducción

De los 44 individuos examinados (29H: 15M), el menor macho maduro midió 232 mm AD y el mayor macho inmaduro 218 mm AD; mientras que en las hembras, la menor hembra madura midió 227 mm AD y la mayor hembra inmadura alcanzó 230 mm AD. Por consiguiente la maduración de esta especie se presenta alrededor de los 250 mm de ancho discal.

Observaciones adicionales

Debido a la amplia distribución de la especie en la cuenca del Parana-Paraguay (Loboda y Carvalho 2013) y también por la presencia en los ríos de la parte superior de la subcuenca del río Madeira, se puede considerar como una especie no amenazada.

Referencia de identificación

Loboda y Carvalho (2013).

Autores

Thiago Silva Loboda, João Paulo Capretz Batista da Silva, João Pedro Fontenelle y Marcelo R. de Carvalho.

**Potamotrygon
brachyura**

(Günther, 1880)

Nombre común y/o indígena

Raya gigante, raya "boba", chucho, raya boba, raya fina (Argentina, Paraguay); en idioma guaraní: yaveyih, yabebí, yavevyí (Paraguay); chucho de río (Uruguay); raia-jamanta-de-água-doce (Brasil); short-tailed river sting ray, giant fresh water sting ray (inglés).

**Sinonimias**

Potamotrygon brumi Devincenzi y Teague, 1942.

Castex (1966) erróneamente consideró a *Potamotrygon brachyura* como sinónimo de *Elipesurus spinicauda* Schomburgk, 1843.

Estatus de conservación

Categoría global (IUCN): Datos Insuficientes (Charvet-Almeida *et al.* 2009).

Categoría nacional: Datos Insuficientes (Brasil) (ICMBio 2014).

Caracteres distintivos

Especie más o menos polimórfica. Disco casi totalmente circular y cola muy corta, menor que la longitud del cuerpo en adultos, con longitud aproximada de 55% del AD. En algunos ejemplares el borde ante-

rior puede ser casi recto y en individuos de la cuenca del Paraná el disco es un poco más ancho que largo en los adultos; se ha observado un ejemplar de la cuenca del río Uruguay con forma oval. Aguijón en la base de la cola, cerca al disco. Especie policromática, el disco presenta sobre un fondo amarillo grisáceo, marrón oscuro o gris oliva, una gran malla de ocelos hexagonales o pentagonales de color negro-violáceo que disminuyen de tamaño cerca de los bordes del disco. En algunos individuos, el pigmento de las líneas oscuras suele dispersarse y los polígonos tienden a una forma circular. Ocelos ausentes. Cola gris, vientre blanco y anacarado con una orla grisácea o negra. Sin tubérculos dérmicos o espinosos en el centro del disco o periferia, excepto en la línea media posterior del disco donde hay una cresta espinosa doble

o triple que se prolonga hasta bien adentro del disco hacia la extremidad cefálica. Aletas pélvicas subtriangulares, cubiertas por el disco, con coloración dorsal similar a la del disco. Cola ancha en la base, solamente una hilera dorsal irregular de espinas puntiagudas y con espinas laterales cerca del agujón en los adultos. Distancias interespiracular e interorbital alrededor del 16% AD y 14% AD, respectivamente. Boca con cinco papilas cilíndricas terminadas en punta. Ojos moderadamente grandes, aunque los espiráculos apenas son visibles. Surcos labiales presentes en los márgenes laterales de la boca. Dientes grandes, con coronas tetragonales y sin punta, excepto en machos adultos, con 29 a 37 filas longitudinales en la mandíbula superior. Los machos adultos muestran una fuerte heterodoncia en una o ambas mandíbulas, con dientes afilados en la línea media y los dientes laterales romos. Es la especie más grande y pesada de la familia.



Registros de *Potamotrygon brachyura*.

Distribución geográfica

- Países:** Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay.
- Cuencas:** Paraná-Paraguay (Argentina, Brasil, Uruguay, Paraguay); Plata (Argentina).
- Subcuencas:** Paraná, Bermejo, Cuiabá, Paraguay y Uruguay.

Es endémica de las cuencas de los ríos del Plata, Paraná bajo y medio, Uruguay bajo y medio, Bermejo (NE de Argentina) y del río Paraguay en la región central del Paraguay hasta Cuiabá, alcanzando el Pantanal de Mato Grosso del Sur (Brasil). Llega en el Uruguay medio hasta los saltos de Mocoaná (Estado de Río Grande do Sul, Brasil) y en el Paraná la represa hidroeléctrica de Itaipú es una barrera para su distribución más al norte. En los meses de primavera y

verano se la puede pescar en la región costera del Río de la Plata. Las citas de esta especie para las cuencas del Orinoco y del Amazonas (Castex, 1966, 1967) son errores de identificación (Rosa 1985).

Talla y peso

El peso record registrado hasta hace poco tiempo en el Paraná medio (Bella Vista, Provincia de Corrientes (28/3/2007), era de 208 kg con 1,5 m AD. Sin embargo, existen datos que permiten afirmar que la longitud total (disco + aleta caudal) llega a 1,5 m o más (Wiki. Fishbase.org), con un peso de 220 kg (ver Capítulo 7). Los adultos de *Potamotrygon brachyura* alcanzan en promedio 60 cm AD y una longitud total de 60 a 90 cm (Figura 1).

Tabla 1. Datos y relaciones morfométricas para 15 ejemplares de *Potamotrygon brachyura*. Basado en Rosa (1985) y datos Capítulo 7. AD: ancho discal.

Medida	Intervalo (mm)	Promedio (mm)	%AD
Ancho del disco	42 - 200	117	100
Longitud del disco	299 - 974	-	100,2- 103,4
Longitud total	-	-	-

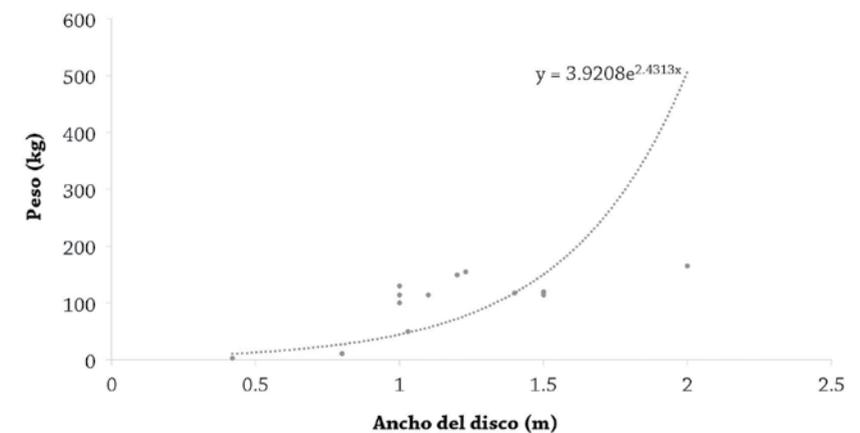


Figura 1. Relación talla (ancho discal) y peso de *Potamotrygon brachyura* (n=15).

Es oportuno señalar que la información sobre el peso y talla de esta especie registrada en algunos reportes periodísticos, es muy poco confiable ya que pocos ejemplares fueron pesados y medidos de forma adecuada (ver Capítulo 7 para mayor detalle).

Hábitat y abundancia

Se ha encontrado a *P. brachyura* en todos los sistemas fluviales del río Paraná medio, siendo ésta, después de *P. motoro*, la segunda especie más abundante (Achenbach y Achenbach 1976). Cuando el río Paraná medio alcanza la bajante máxima y entre marzo y abril, momento en el que el nivel

de las aguas comienza a subir, es frecuente observar la especie en aguas someras de las lagunas marginales del Paraná medio (Castex y Maciel 1965b), al igual que en arroyos y riachuelos de la Provincia de Santa Fé (agosto y septiembre). Los juveniles son los que usan estos cuerpos de agua más pequeños (arroyos y riachuelos), siendo común en afluentes del Río de la Plata (San Juan, Colonia, Uruguay) (Texeira de Mello et al. 2011). Si bien Charvet-Almeida et al. (2009) consideran que el área de mayor concentración para esta especie es aparentemente el río Uruguay inferior, la mayor parte de las capturas deportivas

han tenido lugar en el Paraná medio entre las ciudades de Corrientes y Victoria (ver Capítulo 7).

Ocurre en simpatria con *Potamotrygon motoro*, *Potamotrygon amandae*, *Potamotrygon falkneri*, *Potamotrygon hystrix* y *Potamotrygon schuhmacheri* (Silva y Carvalho 2011a, 2011b).

Alimentación

Es considerada una especie carnívora-bentónica. Las crías después del nacimiento se alimentan de zooplankton; los juveniles pueden ser vistos en las zonas marginales de poca profundidad del Paraná medio consumiendo pequeños moluscos (lamebrancios y gasterópodos), crustáceos, larvas de insectos acuáticos y pequeños peces como “viejas” (Loricariidae), “mojaras” (*Astyanax spp*) y bagrecitos (*Pimelodella gracilis*) (ver Capítulo 7). Castello (1976) en base a un n=4, encontró caracoles pulmonados (Ampullaridae) y peces (Cichlidae) en su dieta.

Reproducción

De acuerdo a los datos provenientes de la pesca deportiva, las hembras alcanzan la madurez sexual al sobrepasar los 0,4 m de AD. El mayor número de nacimientos se produce durante noviembre y diciembre, pero también se han encontrado hembras grávidas en enero y febrero. Se desconoce la duración del proceso de gestación. En un solo caso se menciona que dos hembras pescadas en Diamante, Provincia de Entre Ríos, que medían 0,75 m AD y 50 kg, estaban grávidas en febrero 2003, al igual que otra de 1,2 m AD y 150 kg de peso.

Pueden parir hasta 19 crías completamente desarrolladas por evento reproductivo (Achenbach y Achenbach 1976), aunque según Castex (com. pers.), una hembra

habría abortado hasta 30 crías completamente desarrolladas. Según Castello y Jones (Capítulo 7), hay un video de 2'16" de duración en YouTube (“*raya pariendo*”), donde se observa a una hembra de esta especie pescada en el río Uruguay, ciudad de Alvear (Pcia. de Corrientes, (29°03'S-56°32'O), pariendo dos crías. La primera tarda 20" en ser parida y la segunda 1'25", luego de un intervalo de 25". La coloración del dorso permite identificar la especie como *P. brachyura*, donde ambas nacen vivas bien desarrolladas, sin vitelo visible y con el apéndice caudal completo.

Sólo el ovario izquierdo parece ser funcional y en los machos los claspers son muy pequeños, lo que dificulta enormemente la determinación visual del sexo en los ejemplares de gran porte fotografiados por pescadores deportivos.

Movimientos y comportamiento

Parece haber una cierta relación entre el nivel del agua y los movimientos de la raya gigante entre las lagunas y ríos más pequeños de la planicie de inundación y el cauce principal del río Paraná. Al final de la época de mayor estiaje (agosto-septiembre) y justo cuando las aguas empiezan a subir (marzo-abril), se desplaza desde la planicie hacia el río principal. También sus movimientos podrían tener relación con la temperatura en la zona del Paraná medio, cuando la especie migra hacia aguas más cálidas al llegar el invierno (ver Capítulo 7).

Usos

Pesca deportiva y ocasionalmente con fines alimenticios. La carne de esta especie es muy apreciada entre los pescadores artesanales y deportivos y si bien no existe, aparentemente una pesca dirigida a su captura, cuando esta ocurre, su carne es

preparada como “milanesa de raya”, empanadas y otros bocados. Recientemente se produjo el primer decomiso en la costa del Paraná santafesino de 300 kilos de carne de raya en mal estado que estaba destinada para su comercialización en la zona (ver Capítulo 7).

Aspectos pesqueros

La mayor parte de las capturas de esta especie proviene de la pesca deportiva con caña de lanzar y “reel”, pero los pescadores artesanales de las provincias de Entre Ríos, Santa Fé, Corrientes, Misiones y de la costa del Paraguay, al igual que del Uruguay Inferior y Medio y los ríos Bermejo y Cuiaba (Brasil), usan líneas de pesca y muy ocasionalmente redes o “picas” y “chuzas”. Existen dos empresas privadas en Argentina dedicadas a la captura deportiva de esta especie, “Argentine Fishing Adventures” que opera en las cercanías de la localidad de Bella Vista, Provincia de Corrientes y “Rosario Pesca” en la ciudad de Rosario, Provincia de Santa Fé. Esta última alega que alienta a la devolución de los ejemplares al agua, pero su página Web está ilustrada con numerosas fotos de ejemplares muertos de gran porte. Si las cifras de los pesos registrados durante las capturas de los últimos cinco años son correctas, sólo

30 ejemplares de un total de más de 100 que fueron pesados, registraron valores por encima de los 100 kg (ver Capítulo 7).

Amenazas

La pesca intencional o dirigida a esta especie puede ocasionar la disminución de los “stocks” en un futuro cercano, de no estar regulada. A esto se le suma la degradación del hábitat y la construcción de las represas hidroeléctricas de salto Grande (Uruguay-Argentina) y Yaciretá (Paraguay-Argentina), que impiden sus movimientos y dispersión.

Conservación

Se recomienda la aplicación de la regulación de la pesca de la Provincia de Corrientes y Provincia de Santa Fe. Se debería prohibir la captura durante los meses de gestación y la devolución al agua de los ejemplares adultos en el periodo de gestación, que abarcaría desde los meses de octubre a febrero de cada año.

Se requiere aumentar el conocimiento biológico y ecológico de esta especie para una conservación más eficiente.

Referencia de identificación

Rosa (1985).

Autores

Hugo Castello, Carlos A. Lasso, João Pedro Fontenelle, Thiago Loboda, João Paulo C. B. da Silva, Marcelo R. de Carvalho y Ricardo S. Rosa.



Potamotrygon falkneri

Castex y Maciel, 1963

Nombre común y/o indígena

Raya (Brasil).

Sinonimias

Potamotrygon menchacai Achenbach 1967
Potamotrygon castexi Castello y Yagolkowski 1969.

Estatus de conservación

Categoría global (IUCN): Datos Insuficientes DD (Araújo 2009).

Categoría nacional: Preocupación Menor LC (Brasil) (Rosa obs. pers.).

Caracteres distintivos

Coloración dorsal del disco marrón oscuro, con manchas claras o anaranjadas circulares, ovales, vermiculares y/o en rosetas. Las manchas son generalmente iguales o menores que el diámetro de los ojos. Aletas pélvicas dorsalmente con el mismo patrón que el disco. Una a tres filas irregulares de espinas dorsales en la porción anterior de la cola. Cola con la misma

coloración dorsal y lateral que el disco, con manchas claras. Disco generalmente claro en el vientre, ocasionalmente oscuro con manchas claras. Disco con denticulos pequeños, con formato de estrellas y asimétricos. Dientes pequeños, con 30 a 50 filas longitudinales en la mandíbula superior y 29 a 44 en la mandíbula inferior. En relación a sus congéneres en la cuenca Paraná-Paraguay, *P. falkneri* se distingue de *P. motoro* por no presentar ocelos formados por anillos concéntricos oscuros en el dorso del disco, de *P. brachyura* por no tener un patrón reticulado en el dorso del disco, de *P. hystrix* por no presentar coloración dorsal y ventral del disco en gris oscuro y de *P. tatarianae* por no tener manchas exclusivamente en formato vermicular.

Distribución geográfica

Países: Argentina, Brasil, Perú y Bolivia.



Registros de *Potamotrygon falkneri* en las cuencas Parana-Paraguay-Uruguay.

Cuencas: Amazonas (Brasil, Bolivia, Perú), Paraná-Paraguay (Argentina, Brasil).

Subcuencas: Amazonas (Beni, alto río Madre de Dios, Guaporé o Iténez, Mamoré, Marañón, Solimões); Paraná-Paraguay (Bermejo, Paraná desde Guaira hasta el río Tietê). La presencia de *P. falkneri* en el alto Paraná obedece una invasión después

del llenado el embalse de la central hidroeléctrica de Itaipú (Garrone Neto *et al.* 2007, Garrone Neto 2009, Garrone Neto y Haddad Jr. 2010).

Talla y peso

Se examinaron 65 individuos (36H: 29M) (Tabla 3), con tallas de 230-518 mm de ancho de disco máximo (AD), pero sin datos de peso (Silva y Carvalho 2011). En Bolivia se han registrado ejemplares de 384 mm AD y 2,95 kg (ver Capítulo 8). En el alto río Paraná Garrone Neto (2010) analizó 64 individuos (18 machos y 46 hembras), las hembras presentaron las mayores tallas y pesos, con ancho de disco (AD) y peso máximos de 630 mm y 15,8 kg, respectivamente. El autor sugirió que el mayor tamaño de las hembras está probablemente asociado a un mayor espacio en la cavidad abdominal para la reserva de energía y acondicionamiento de las crías.

Hábitat y abundancia

Descrita de la cuenca del río Paraná en Argentina, *Potamotrygon falkneri* se distribuye principalmente en simpatria con *Potamotrygon hystrix*, *Potamotrygon schuhmacheri*, *Potamotrygon motoro*, *Potamotrygon amandae*, *Potamotrygon pantanensis* y *Potamotrygon brachyura* (Silva y Carvalho 2011a, b). De acuerdo con Garrone Neto y Uieda (2012), *Potamotrygon falkneri* es un pez primariamente nocturno, en cuanto

Tabla 3. Datos y relaciones morfométricas para ejemplares adultos de *Potamotrygon falkneri*. n=65 (36H: 29M). Tomado de Silva y Carvalho (2011). AD: ancho discal.

Medida	Intervalo (mm)	Promedio (mm)	%AD
Ancho del disco	230-518	321,5	-
Longitud del disco	245-578	346,5	107,2
Longitud total	415-890	569,1	178,9

CATÁLOGO DE ESPECIES

FAMILIA POTAMOTRYGONIDAE

a sus hábitos alimentarios. Muestra segregación espacial y diferencias ontogénicas en el uso de la columna de agua (profundidad) y actividad de forrajeo durante el día. Los individuos más jóvenes son principalmente insectívoros y tienen preferencia por aguas someras, ocupando bancos con substratos lodosos o arenosos. Los adultos ocupan mayores profundidades durante el día, donde se alimentan de pequeños insectos acuáticos y moluscos, realizando migraciones batimétricas durante el transcurso del día para aguas menos profundas, capturando presas como camarones y pequeños peces (Characiformes) durante la noche (Garrone Neto y Uieda 2012).

Alimentación

Carnívora: ictiófaga. Tiene una dieta basada principalmente en peces (Lonardoni *et al.* 2006), aunque también puede alimentarse de moluscos, crustáceos e insectos acuáticos (Silva y Uieda 2006, Garrone Neto *et al.* 2007). Lonardoni *et al.* (2006) reportaron diferencias en la dieta de acuerdo con la estacionalidad, siendo los peces (Loricariidae y Doradidae) el principal ítem alimenticio consumido durante la época seca y los moluscos gasterópodos durante el período de inundación. De acuerdo con Silva y Uieda (2007), Garrone Neto *et al.* (2007) y Garrone Neto y Uieda (2012), *P. falkneri* presenta una variación

ontogénica en relación a sus ítems alimenticios, en la que los juveniles muestran una dieta basada principalmente en insectos acuáticos (Trichoptera y Hemiptera). En Bolivia, además de peces e insectos adultos, se han registrado cangrejos en su dieta (ver Capítulo 8). En el río Paraná, en la dieta de la raya motoro predomina la ingesta de larvas de insectos tanto en diversidad como en abundancia y se ha observado una variación de la dieta de acuerdo a la ontogenia. Para mayor información ver Capítulo 9.

Reproducción

En el alto río Paraná el macho maduro más grande midió 262 mm AD (Garrone Neto 2010). Las hembras preñadas fueron capturadas solo en los meses de diciembre, enero y febrero, y la cantidad de crías por hembra preñada varió de una a tres (Garrone Neto 2010). Para mayor información ver el Capítulo 7. En la Amazonia boliviana se observó una hembra gestante de 38,4 cm AD durante la época seca (julio), con dos fetos de 9,7 y 11,3 AD (ver Capítulo 8).

Amenazas

Además de la pesca incidental (Silva *et al.* 2013), no se conocen otras amenazas.

Referencia de identificación

Rosa (1985), Silva y Carvalho (2011a), Silva *et al.* (2013).

Autores

João Paulo C. B. da Silva, João Pedro Fontenelle, Thiago Loboda, Ricardo S. Rosa y Marcelo R. de Carvalho.

Potamotrygon histrix

(Müller & Henle, 1834)

**Nombre común y/o indígena**

Raya (Brasil).

Estatus de conservación

Categoría global (IUCN): no evaluada.

Categoría nacional: Datos Insuficientes (Brasil).

Caracteres distintivos

Se diferencia de sus congéneres por la siguiente combinación de caracteres: coloración gris oscuro en el dorso del disco, con un patrón reticulado envolviendo pequeñas manchas redondeadas o reniformes blancas y contornadas por una línea negra; disco cubierto de dentículos dérmicos bien desarrollados, inclusive en las márgenes del disco. Dentículos dérmicos con placa coronal redondeada y carenas concéntricas bien desarrolladas, presentando dicotomía coronaria; cauda con abundancia de espinas puntiagudas en las laterales de la cola; dientes tricuspídeos en las

hembras y monocúspides en los machos. Dientes pequeños, con 23 a 43 filas longitudinales en la mandíbula superior y 19 a 36 en la mandíbula inferior. Se diferencia de las demás especies de la cuenca Paraná-Paraguay por la abundancia de espinas en las zonas laterales de su cola. Además, se diferencia de *P. motoro* por la ausencia de ocelos en el dorso del disco, de *P. schuhmacheri* por la ausencia de un reticulado en forma de rosetas en el dorso del disco y de *P. brachyura* por tener un ancho del disco mucho menor.

Distribución geográfica

Países: Argentina, Brasil.

Cuencas: Parana-Paraguay.

Subcuencas: Manso, Paraguay, Salobra, Padre Inácio y Paraná.

CATÁLOGO DE ESPECIES

FAMILIA POTAMOTRYGONIDAE



Registros de *Potamotrygon histrix*.

Talla y peso

Se examinaron 17 individuos adultos en total (13H : 4M), con tallas de 142-312

Tabla 1. Datos y relaciones morfométricas para los ejemplares de *Potamotrygon histrix*. Fuente: Silveira (2009). Abreviatura: ancho del disco (AD).

Medida	Intervalo (mm)	Promedio (mm)	%AD
Ancho del disco	267-521	219,4	-
Longitud del disco	141-344	234,2	107
Longitud total	267-521	368,2	170

Autores

João Paulo C. B. da Silva, Thiago S. Loboda, João Pedro Fontenelle y Marcelo R. de Carvalho.

mm de ancho de disco máximo (Silveira 2009).

Hábitat y abundancia

Se distribuye en la cuenca del Paraná-Paraguay y se encuentra principalmente en conjunto con *Potamotrygon falkneri*, *Potamotrygon schuhmacheri*, *Potamotrygon motoro*, *Potamotrygon amandae*, *Potamotrygon pantanensis* y *Potamotrygon brachyura* (Carvalho *et al.* 2003, Silveira 2009, Silva y Carvalho 2011a, Loboda y Carvalho 2013).

Alimentación

No hay datos publicados sobre alimentación, pero es posible que *P. histrix* tenga una dieta basada en invertebrados y peces.

Amenazas

No son conocidas amenazas directas a la especie, además de la pesca incidental.

Referencia de identificación

Rosa (1985), Carvalho *et al.* (2003), Silveira (2009), Loboda y Carvalho (2013).



Potamotrygon jabuti

Carvalho, 2016

Nombre común y/o indígena

Raia Jabuti (Brasil), Pearl freshwater stingray (acuicultura).

Estatus de conservación

Categoría global (IUCN): no evaluado.

Categoría nacional: no evaluado.

Caracteres distintivos

Disco subcircular u oval, un poco más largo que ancho. Coloración general del dorso marrón oscura a marrón verdoso, con un patrón jaspeado muy brillante, elaborado y de formato irregular, de color amarillo, dorado o anaranjado y con ocelos de centro negro. Este patrón puede formar composiciones alargadas y numerosas. Dorso de la cola cubierto por ocelos o manchas alargadas de color amarillo o anaranjado, que pueden formar patrones reticulados. Disco ventralmente blanco o beige. Márgenes del disco con manchas marrones

o gris, a veces con pequeñas manchas o pintas amarillas, naranjas o marrones. Hocico blanco. Aletas pélvicas con ápices circulares, cubiertas por el disco, con un patrón de coloración dorsal similar al del disco. Cola más corta que el disco. Base de la cola con una sola hilera dorsal irregular de espinas curvadas, puntiagudas y robustas, que se pueden dividir en dos en la parte posterior de la cola. Cola con longitud aproximada de 76,7% del ancho del AD. Distancias interespiracular y interorbital alrededor de 19,8% y 15,2% del AD, respectivamente. Boca moderadamente pequeña, 11,2% AD. Dientes achatados y hexagonales en el centro de la maxila, con 17- 29 filas longitudinales en la mandíbula superior y 23-33 en la mandíbula inferior. Se distingue de las demás especies de

Registros de *Potamotrygon jabuti*.

la cuenca del río Tapajós por el patrón de coloración en el dorso del disco, coloración ventral y por las hileras dorsales de las espinas en la cola.

Distribución geográfica

Países: Brasil.

Cuencas: Amazonas.

Tabla 4. Datos y relaciones morfométricas para 23 ejemplares (10H: 13 M) de *Potamotrygon jabuti* según Carvalho (2016). AD: ancho discal.

Medida	Intervalo (mm)	Promedio (mm)	%AD
Ancho del disco	255-490	359,8	-
Longitud del disco	275-542	398,6	110,6
Longitud total	437-810	605,3	171,2

Subcuencas: río Tapajós (medio y alto) y tributarios.

Especie descrita para el medio y alto río Tapajós en Brasil, localidad tipo en el río Jamanxin, cerca de Novo Progresso, Pará. Presente en todo el río Tapajós, común en los ríos Jamanxin y Teles Pires, así como en pequeños tributarios del Tapajós (Carvalho 2016).

Talla y peso

Los adultos alcanzan en promedio 360 mm AD (Tabla 4) y 10 kg de peso (Carvalho 2016, Carvalho obs. pers.). Las hembras alcanzan en promedio 419,5 mm AD y una longitud total de 437 a 762 mm y los machos 350,6 mm AD y longitud total de 460 a 702 mm.

Hábitat y abundancia

Común en el medio y alto río Tapajós, es simpátrica con *Potamotrygon orbignyi*, *Potamotrygon albimaculata* y *Paratrygon aiereba*, y posiblemente con *Potamotrygon cf. scobina* (Carvalho 2016). Se encuentra en ríos de aguas claras y en regiones de mezcla entre agua clara y agua blanca. Habita generalmente en las zonas más someras de los ríos y en sus orillas.

Alimentación

Sin datos confirmados, pero es posible que se alimente de insectos (larvas y adultos),

crustáceos y moluscos (Carvalho 2016, Kolmann com. pers.).

Reproducción

La gestación dura cuatro meses y el parto en general ocurre en los meses de septiembre y octubre. La fecundidad varía de uno a cuatro embriones, pero solamente nacidos por gestación. En ejemplares manteni-

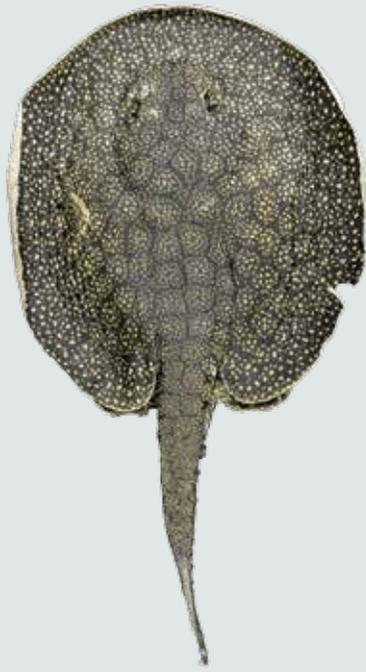
dos en acuario, se ha observado una fecundidad mayor, con cuatro nacimientos por gestación. Los machos adultos maduran sexualmente cerca de 460-470 mm AD (Carvalho 2016).

Referencia de identificación

Carvalho (2016).

Autores

João Pedro Fontenelle, Marcelo R. de Carvalho, Maria Lúcia G. de Araújo, João Paulo C. B. da Silva y Thiago S. Loboda.



Potamotrygon limai

Fontenelle, Silva y Carvalho, 2014

Nombre común y/o indígena

Arraia estrella.

Estatus de conservación

Categoría global (IUCN): no evaluado.

Categoría nacional: no evaluado.

Caracteres distintivos

Coloración general del dorso oscura, generalmente marrón, con manchas o pintas pequeñas de color beige, amarillo o blanco, organizadas en patrones concéntricos más agrandados hacia los márgenes del disco, cuyo tamaño y número pueden variar. Sin ocelos. El centro del disco puede presentar un patrón característico de pigmentación poligonal con manchas o pequeñas pintas claras, que se extiende al dorso de la cola. Aletas pélvicas subtriangulares, con coloración dorsal similar a la del disco. Cola larga, con dos o tres hileras de espinas dorsales irregulares y en forma de gancho.

Longitud aproximada de la cola 85% AD. Distancia interespiracular e interorbital alrededor de 16-17% y 15-16% AD, respectivamente. Boca relativamente ancha, entre 8-9% AD. Surcos labiales ausentes en los márgenes laterales de la boca. Dientes pequeños y sin punta, excepto en machos adultos, con 36 a 48 filas longitudinales en la mandíbula superior.

Distribución geográfica

Países: Brasil y probablemente Colombia.

Cuencas: Amazonas (Brasil) y Orinoco (Colombia) por confirmar.

Subcuencas: Amazonas (Madeira y Jari).

Descrita originalmente de la cuenca del río Madeira en Brasil, se distribuye en la re-



Registros de *Potamotrygon limai*.

gión superior de la cuenca del Amazonas. Algunos exportadores de peces ornamentales, acuarófilos y pescadores sugieren la presencia de esta especie en la Orinoquia colombiana.

Talla y peso

En la Amazonia brasileña los ejemplares adultos alcanzan en promedio 400 mm AD y una longitud total de 600 a 900 mm (Tabla 5). Las hembras adultas alcanzan en promedio 44 cm AD y una longitud total de 620 a 920 mm y los machos adultos 345 mm AD y longitud total de 600 a 812 mm.

Hábitat y abundancia

Común en la cuenca del río Madeira en Brasil. Se encuentra en ríos de aguas blancas, muy turbias y con altos niveles de sedimentos, generalmente en las margenes de los ríos y en zonas más someras. Es simpátrica con *Paratrygon aiereba*, *Potamotrygon motoro*, *Potamotrygon orbignyi* y *Potamotrygon scobina* (Fontenelle et al. 2014).

Aspectos pesqueros

Se captura generalmente mediante el uso de palangre, ocasionalmente con arpones y pequeñas redes y en las orillas de los ríos. No es muy común en la comunidad de los acuarófilos, pero es muy apreciada por su patrones de coloración.

Referencia de identificación

Fontenelle (2013), Fontenelle et al. (2014).

Tabla 5. Datos y relaciones morfométricas para 30 ejemplares (18H: 12M) de *Potamotrygon limai*. Fuente: Fontenelle et al. (2014). AD: ancho discal.

Medida	Intervalo (mm)	Promedio (mm)	%AD
Ancho del disco	219 - 648	383,2	100
Longitud del disco	232 - 662	396,7	103,7
Longitud total	408 - 914	647,4	-

Autores

João Pedro Fontenelle, João Paulo C. B. da Silva, Thiago Loboda y Marcelo R. de Carvalho.



Potamotrygon motoro (Müller y Henle, 1841)

Nombre común y/o indígena

Arraia-pintada, arraia-de-fogo, borô (Brasil), raya motoro, raya motora, raya pintada (Colombia, Venezuela).

Sinonimias

Trygon mulleri Castelnau 1855;
Potamotrygon laticeps Garman 1913;
Potamotrygon circularis Garman 1913 (en parte); *Potamotrygon labradori* Castex, Maciel & Achenbach 1963; *Potamotrygon pauckei* Castex 1963.

Estatus de conservación

Categoría global (UICN): Datos Insuficientes DD (Drioli y Chiaramonte 2005).

Categoría nacional: Preocupación Menor LC (Brasil) (Rosa obs. pers.).

Caracteres distintivos

Cuenca del Paraná-Paraguay

Dorso del disco gris o marrón, con la presencia de grandes ocelos tricolores repartidos por todo el disco, en general compues-

tos por una mancha amarilla en el centro, un anillo intermedio naranja y un anillo periférico negro; esta coloración típica de la especie se encuentra comúnmente en la mayor parte de la cuenca donde la especie se distribuye, pero principalmente en la cuenca del Paraná-Paraguay. Coloración ventral del disco blanco con los bordes en tonos marrones o gris oscuro.

Dentículos dérmicos presentes en toda la superficie dorsal del disco; en la región central tienen forma de estrella y alcanzan un gran tamaño (2 mm), en comparación con otras especies oceladas de la cuenca Paraná-Paraguay. Disco subcircular, más ancho que largo. Cabeza ancha con la distancia interorbital 12-18% AD y la distancia interespiracular 17,5 a 25% AD. Ojos grandes y pedunculados, su diámetro 3-6% AD. Espiráculo no muy gran-

de, con diámetro de la apertura 7-10% AD. Boca ancha, 8,5 a 14,5% AD, con cinco proyecciones en forma de papila en el epitelio oral ventral, tres medianos y dos laterales. Surcos labiales ausentes en los bordes laterales de la boca. Dientes de talla mediana a grande en ejemplares adultos, con cúspides en los machos y con bordes romos en las hembras; ambos sexos presentan heterodoncia en las mandíbulas superior e inferior; mandíbula inferior con un mayor número de hileras de dientes (formula dentaria 23-32 / 26-34). Cola no tan larga (promedio de 78,5% AD) y con base amplia (promedio de 13,4% AD); una sola fila dorsal de espinas altas, rectas y afiladas; cola con membranas dorsales y ventrales no muy desarrolladas en su extremo distal.

Cuenca amazónica

Coloración general del dorso gris, marrón o beige, con ocelos de proporciones variables, distribuidos por todo el disco, generalmente tricolores con una mancha central de color amarillo, anillo intermedio anaranjado y un anillo negro periférico; aletas pélvicas con coloración dorsal similar a la del disco y la cola generalmente con pequeñas manchas circulares, desde su base hasta el agujón. Patrón de coloración dorsal variable en las poblaciones amazónicas, y en algunos lugares, como el Río Negro, los ocelos son un poco más oscuros, y los de las márgenes del disco pueden encontrarse unidos. Una sola hilera dorsal de espinas puntiagudas en la cola, y de una a dos hileras de espinas laterales, la base de la cola hasta el agujón. Distancias interespiracular e interorbital proporcionalmente largas, alrededor de 15-16% del ancho de disco (AD) y 22-25% AD, respectivamente. Boca relativamente ancha, entre 9-12% AD. Surcos labiales ausentes en los márgenes laterales de la boca. Dientes largos y sin punta, excepto en machos

adultos, con 18 a 39 filas longitudinales en la mandíbula superior.

Distribución geográfica

Países: Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela.

Cuencas: Amazonas (Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela), Essequibo (Guyana, Venezuela), Mearim (Brasil), Orinoco (Colombia, Venezuela), Paraguay-Paraná (Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay), Uruguay (Uruguay).

Subcuencas: toda la cuenca del Amazonas (excepto las partes altas de los afluentes del río Solimões) y el Orinoco, ríos costeros de las Guayanas y el río Mearim



Registros de *Potamotrygon motoro* en las cuencas Paraná-Paraguay-Uruguay.

en Brasil (Rosa *et al.* 2010, Loboda 2010, Lasso *et al.* 2013). Toda la cuenca del Paraná-Paraguay, excepto en la parte alta del río Paraná, por encima de la hidroeléctrica de Itaipú (Loboda y Carvalho 2013). La presencia de la especie en la cuenca del río Parnaíba (Lasso *et al.* 2013), aún no ha sido confirmada. Para mayor detalle de la distribución en Bolivia, ver Capítulo 8.

Talla y peso

Amazonas

Datos nuevos para ejemplares adultos de la Amazonia brasileña, muestran en promedio 400 mm AD y una longitud total de 650 a 700 mm, con un peso entre 10-20 kg. En la Amazonia boliviana se han observado ejemplares de 610 mm AD y más de 12 kg (ver Capítulo 8). En la tabla 5 se muestran datos y relaciones morfométricas para neonatos, juveniles y adultos.

Paraná-Paraguay

Se examinaron 27 individuos (19H: 8M), 20 adultos y 7 juveniles (Tabla 6). El ancho

de disco varió en individuos adultos entre 316 a 479 mm en hembras y 265 a 310 mm en machos. Sin embargo, la talla máxima reportada para la cuenca del Plata es 490 mm (ver Capítulo 6).

Hábitat y abundancia

Datos no incluidos en 2013 para la isla de Marajó, desembocadura del río Amazonas, muestran que es la especie más abundante, representando el 50,3% de la abundancia total de rayas de agua dulce y el 60,5% de la biomasa general (Almeida *et al.* 2009). Para información adicional sobre el hábitat de esta especie en Bolivia ver el Capítulo 8 de este libro.

Alimentación

Carnívora: carcinoictiófaga. Un estudio de la dieta de *P. motoro* en la isla de Marajó, Brasil, indicó un amplio espectro alimenticio, incluyendo insectos, moluscos, crustáceos, anélidos y peces. Los crustáceos decápodos y peces fueron respectivamente, el primer y segundo ítem alimenticio más importante (Almeida *et*

Tabla 5. Datos y relaciones morfométricas para neonatos (8H: 6M), juveniles (16H: 7M) y adultos (11H: 12M) de la Amazonia brasileña. AD: ancho discal.

Medida	Estado desarrollo	Intervalo (mm)	Promedio (mm)	%AD
Ancho del disco	Neonatos	87 - 112	128	100
	Juvenil	169 - 265	219	100
	Adultos	255 - 518	351,3	100
Longitud del disco	Neonatos	94 - 182	133,6	104,4
	Juvenil	178 - 280	233,1	106,5
	Adultos	276 - 585	383,2	108,3
Longitud total	Neonatos	201 - 308	245,1	195,6
	Juvenil	306 - 455	390,1	179
	Adultos	428 - 849	604,4	166,1

Tabla 6. Datos y relaciones morfométricas para ejemplares juveniles (4H: 3M) y adultos (15H: 5M) de *Potamotrygon motoro* de la cuenca del Paraná-Paraguay. Modificado de Loboda y Carvalho (2013). AD: ancho discal.

Medida	Estado desarrollo	Intervalo (mm)	Promedio (mm)	%AD
Ancho del disco	Juvenil	188 - 334	228,3	100
	Adultos	265 - 479	353,8	100
Longitud del disco	Juvenil	225 - 378	254	111,1
	Adultos	308 - 531	392,5	111,4
Longitud total	Juvenil	348 - 515	403,3	176,3
	Adultos	469 - 776	587,5	167,3

al. 2010). En Bolivia se considera una especie carnívora que se alimenta de peces, moluscos, crustáceos e insectos bentónicos (Sarmiento *et al.* 2014). Sin embargo, la dieta puede tener variaciones regionales (ver Capítulo 8).

En el río Paraná, la catalogan como oportunista consumiendo más de 20 ítems alimenticios. Predomina la ingesta de larvas de insectos tanto en diversidad como en abundancia, y se observó variación en la dieta de acuerdo a la ontogenia. Para mayor información ver Capítulo 9.

Reproducción

En Bolivia, la fecundación ocurre durante la época seca, la gestación dura aproximadamente seis meses y parece que los nacimientos se dan durante la época de lluvias. Los embriones tienen aproximadamente entre 1,5 y 2 cm de ancho de disco. La fe-

cundidad intrauterina registrada fue de 10 embriones. Las tallas de madurez sexual es de 40 cm de ancho de disco en machos y 44 cm en hembras (ver Capítulo 8).

En el alto Paraná los machos maduran a 271 mm y las hembras a los 334 mm. Entre diciembre a febrero se han encontrado hembras preñadas y se ha calculado una fecundidad media de 1,3 feto por gestación (ver Capítulo 9).

Observaciones adicionales

Especie ampliamente distribuida (Rosa 1985, Loboda 2010, Loboda y Carvalho 2013), comúnmente capturada y bien representada en las principales colecciones ictiológicas del mundo.

Referencia de identificación

Rosa (1985), Loboda (2010), Loboda y Carvalho (2013), Lasso *et al.* (2013).

Autores

Thiago S. Loboda, Ricardo S. Rosa, João Paulo C. B. da Silva, João Pedro Fontenelle y Marcelo R. de Carvalho.



Potamotrygon pantanensis

Loboda & Carvalho, 2013

Nombre común y/o indígena

Arraia (Brasil).

Estatus de conservación

Categoría global (IUCN): no evaluada.

Categoría nacional: no evaluada.

Caracteres distintivos

Coloración dorsal marrón o gris con pequeños ocelos y manchas vermiculares bicolor amarillo, naranja o amarillento, rodeado por un borde negro; a veces con sólo ocelos pequeños bicolor parecidos a las de *P. motoro*, pero esta especie tiene ocelos tricolores. Coloración ventral del disco con la parte posterior de gris con puntos brillantes esparcidos, porción anterior del disco blanco con una franja de color gris entre la boca y el primer par de branquias. Dentículos dérmicos pequeños en forma de estrellas, presentes en la región central del disco. Disco subcircular, ligeramente más ancho que largo. Cabeza estrecha, con distancia interorbital 12-15% LD y 16-22% LD, interespiracular. Ojos pedunculados y grandes, 4-6% LD. Espiráculo no

tan grande con abertura entre 7-10% LD. Boca pequeña, 7-10% LD, con cinco felcos presentes en el epitelio oral ventral, tres central y dos laterales. Con surcos labiales en los bordes laterales de la boca. Dientes pequeños, con una cúspide discreta. Hileras de dientes en ambas mandíbulas con poca variación entre especímenes y entre la mandíbula superior y la inferior: 30-35 / 30-31. Cola no tan larga (promedio de 73,4% LD) y con base ancha (promedio de 13,2% LD); con dos o tres hileras dorsales de espinas puntiagudas, extremo distal con aletas dorsal y ventral, ligeramente desarrolladas.

Distribución geográfica

Países: Brasil y Paraguay.

Cuencas: Paraná-Paraguay.

Subcuencas: Cuiabá, Paraguay.

Originalmente la especie fue descrita para los afluentes del río Cuiabá, región norte del Pantanal, cuenca del Paraná-Paraguay



Registros de *Potamotrygon pantanensis*.

ictiológicas (BMNH, USNM, ZMB, ZMH) provenientes del río Paraguay en la región de Asunción (Loboda obs. pers.).

Talla y peso

Se examinaron 22 individuos (17 H: 5 M), 16 adultos (14 H: 2 M) y 6 juveniles (3 H: 3 M) (Tabla 6). El ancho del disco varió en individuos adultos entre 221 a 336 mm en hembras y 181 a 268 en machos.

Reproducción

De los 22 individuos examinados (17H: 5M), el menor macho maduro midió 181 mm AD y el mayor macho inmaduro, 215 mm AD; mientras que en las hembras, la menor hembra madura midió 221 mm AD y la mayor hembra inmadura alcanzó 232 mm AD. Por consiguiente la maduración de esta especie se presenta en torno de 200 mm de ancho de disco para los machos y 220 mm para las hembras.

Observaciones adicionales

Esta especie se encuentra en el Pantanal y también en la cuenca baja del río Paraguay (ver distribución geográfica), pero no es tan frecuente en colecciones ictiológicas

(Loboda y Carvalho 2013). Después de su descripción, se identificaron especímenes de *P. pantanensis* en algunas colecciones

Tabla 6. Datos y relaciones morfométricas para los ejemplares de *Potamotrygon pantanensis*. Modificado de Loboda y Carvalho (2013). AD: ancho discal.

Medida	Estado desarrollo	Intervalo (mm)	Promedio (mm)	%AD
Ancho del disco	Juvenil	194 - 230	215,8	100
	Adultos	181 - 336	299,2	100
Longitud del disco	Juvenil	208 - 259	238,1	110,3
	Adultos	201 - 384	328,4	109,3
Longitud total	Juvenil	356 - 430	399,1	186,3
	Adultos	338 - 560	497,1	164,6

CATÁLOGO DE ESPECIES

FAMILIA POTAMOTRYGONIDAE

(Loboda obs. pers.). Se necesita más datos de campo para evaluar su estado de conservación.

Referencia de identificación

Loboda y Carvalho (2013).

Autores

Thiago Silva Loboda, João Paulo Capretz Batista da Silva, João Pedro Fontenelle y Marcelo R. de Carvalho.

Potamotrygon rex

Carvalho, 2016

Nombre común y/o indígena

Raia preta do Tocantins (Brasil).

**Estatus de conservación**

Categoría global (IUCN): no evaluada.

Categoría nacional: no evaluada.

Caracteres distintivos

Disco subcircular u oval, más largo que ancho. Disco muy grande y robusto. Coloración general del dorso negra o marrón oscura, cubierta por manchas o pintas amarillas o naranjas muy intensas (más pequeñas que el diámetro del ojo), delimitando grupos concéntricos en el dorso del disco y la cola. Puede haber retículos más pequeños que en general forman grandes ocelos que separan los agrupamientos de las pintas o manchas. Disco ventralmente gris o marrón oscuro, con manchas claras en el centro del disco, aletas pélvicas, hocico, branquias y cerca de la boca. Aletas pélvicas con ápices circulares, cubiertas por el disco, con un patrón de coloración dorsal similar a la del disco. Cola mucho

más corta que el disco. Base de la cola con dos hileras dorsales irregulares de espinas curvadas puntiagudas, pequeñas y poco numerosas. Cola con longitud aproximada de 60,6% del ancho de disco (AD). Distancias interespiracular e interorbital alrededor de 19% AD y 17,5% AD, respectivamente. Boca pequeña, 9% AD. Dientes achatados y hexagonales, con 44 filas longitudinales en la mandíbula superior y 47 en la mandíbula inferior. Se distingue de las demás especies de la cuenca del río Tocantins por el patrón de coloración en el dorso del disco, por su tamaño y robustez, cola corta y por la coloración ventral.

Distribución geográfica

Países: Brasil.

Cuencas: Amazonas (Brasil).

Subcuencas: Tocantins, Paranã y Maranhão (Carvalho 2016).

CATÁLOGO DE ESPECIES

FAMILIA POTAMOTRYGONIDAE



Registros de *Potamotrygon rex*.

Talla y peso

Los adultos de *Potamotrygon rex* alcanzan en promedio 460 mm AD. Hay registros de

Tabla 7. Datos y relaciones morfométricas para 59 (28H: 31M) ejemplares de *Potamotrygon rex*. Fuente: Carvalho (2016). AD: ancho discal.

Medida	Intervalo (mm)	Promedio (mm)	%AD
Ancho del disco	210 - 690	460	-
Longitud del disco	220 - 750	491,7	106,8
Longitud total	347 - 1110	623,2	135,4

Autores

João Pedro Fontenelle, Marcelo R. de Carvalho, João Paulo C. B. da Silva y Thiago Loboda.

adultos con más de 20 kg y 1.000 mm de LT (Carvalho 2016). Las hembras alcanzan en promedio 54,6 cm AD y longitud total cerca 44,5 a 109 cm y los machos 43 cm AD y longitud total cerca 34,7 a 82,5 cm. En la tabla 7 se muestran datos y relaciones morfométricas para 59 ejemplares.

Hábitat y abundancia

Potamotrygon rex está en simpatria con *Potamotrygon orbignyi*, *Potamotrygon cf. scobina* y *Paratrygon aiereba* (Fontenelle 2013, Silva y Carvalho 2015, Carvalho 2016).

Alimentación

Carnívora: entomófaga. Se alimenta principalmente de insectos (adultos y larvas), aunque también incluye en su dieta a peces, moluscos y crustáceos. La dieta cambia con la ontogenia (Santos 2000, Carvalho 2016).

Reproducción

Los machos alcanzan la sexual cerca de los 600 mm LT y 370 mm AD (Carvalho 2016).

Referencia de identificación

Carvalho (2016).

Potamotrygon schuhmacheri

Castex, 1964

Nombre común y/o indígena

Raya (Paraguay).



Estatus de conservación

Categoría global (IUCN): no evaluado.

Categoría nacional: no evaluado.

Caracteres distintivos

Disco subcircular. Dorso marrón, con un patrón reticular negro o gris oscuro que forman rosetas marrones con el centro oscuro y retículos pequeños hacia el borde con pequeños denticulos. Aletas pélvicas subtriangulares, cubiertas por el disco, con un patrón de coloración dorsal reticulado similar al del disco. Base de la cola con una sola hilera dorsal irregular de espinas curvadas y puntiagudas. Longitud de la cola aproximadamente 90% del AD. Distancia interespiracular e interorbital alrededor del 20% y 14% AD, respectivamente. Boca relativamente pequeña, 10% AD. Dientes puntiagudos, con 31 filas longitudinales en la mandíbula superior y 25 en la mandíbula inferior. Se distingue de

otras especies por el patrón de coloración en el dorso del disco (rosetas) y por el número reducido de denticulos dérmicos.

Distribución geográfica

Países: Brasil, Argentina y Paraguay.

Cuencas: Paraná-Paraguay.

Subcuencas: afluentes de los ríos Paraná y Paraguay.

Descrita para el río Paraná en Santa Fé (Argentina), localidad tipo en el río Colastiné, con registros recientes para el río Manso (Mato Grosso do Sul) en Brasil (Silveira 2009). Lucifora *et al.* (Capítulo 6) la señalan también para el río Paraguay cerca de Asunción.

Talla y peso

Alcanzan en promedio 213 mm AD (Tabla 8). Talla máxima de 280 mm AD (ver Capítulo 7). No hay datos para peso.



Registros de *Potamotrygon schuhmacheri*.

Hábitat y abundancia

Parece ser una especie rara y poco común. Es simpátrica con *Potamotrygon motoro*, *Potamotrygon amandae*, *Potamotrygon falkneri*, *Potamotrygon histrix* y *Potamotrygon brachyura* (Mirande y Koerber 2015).

Observaciones adicionales

Los tres ejemplares conocidos provienen del río Paraná medio, cercanías de Santa Fe (Argentina), que constituye su localidad tipo, y del río Paraguay, cerca de Asunción (Paraguay). El holotipo está muy dañado y sólo se conserva su arco mandibular. Los otros ejemplares conocidos que no tienen validez como tipos, se conservan en el Museo Provincial de Ciencias Naturales “Florentino Ameghino” (Santa Fe, Argentina) y en el National Museum of Natural History (Washington, Estados Unidos). El ejemplar conservado en este último museo ha sido asignado a esta especie con algunas reservas (Rosa 1985).

Referencia de identificación

Castex (1964), Rosa (1985) y Silveira (2009).

Tabla 8. Datos y relaciones morfométricas para tres ejemplares (1H: 2M) de *Potamotrygon schuhmacheri*. Fuente: Silveira (2009). AD: ancho discal.

Medida	Intervalo (mm)	Promedio (mm)	%AD
Ancho del disco	205-224	213	-
Longitud del disco	222-239	228	107
Longitud total	352-418	391	184

Autores

João Pedro Fontenelle, João Paulo C. B. da Silva, Thiago Loboda y Marcelo R. de Carvalho.



Potamotrygon signata
Garman, 1913

Nombre común y/o indígena
Raia do Parnaíba.

Estatus de conservación

Categoría global (IUCN): Datos Insuficientes DD (Rosa *et al.* 2009).

Categoría nacional: Casi Amenazado NT (Brasil) (ICMBio 2014).

Caracteres distintivos

Coloración general del dorso muy variable, con fondo marrón claro u oscuro y con manchas irregulares (redondeadas o alargadas) más claras, amarillas o marrón anaranjado, aisladas o unidas formando vermiculaciones o rosetas; a veces estas

manchas claras presentan un anillo negro formando pequeños ocelos. Dientes pequeños, con 21 a 35 filas longitudinales en la mandíbula superior. Especie restringida a la cuenca del río Parnaíba en el nordeste de Brasil. Se distingue de *P. orbigny*, especie con que ocurre en simpatria en la cuenca del río Parnaíba, por presentar surcos labiales relativamente menos desarrollados y no presentar un patrón de color claramente reticulado en la parte dorsal del disco en los adultos. Por características de la morfología y talla de los dientes y por los patrones de coloración variables, *P.*



Registros de *Potamotrygon signata*.

Distribución geográfica

Países: Brasil.

Cuencas: Parnaíba.

Subcuencas: Guaribas, Parnaíba, Poti, Sambito, São Nicolau y Uruçui Preto.

Talla y peso

Se examinaron 91 individuos con base en los estudios de Wanderley (2009) y Moro (2010), incluyendo adultos y juveniles (55H: 36M) (Tabla 9). Las tallas de las hembras varían desde 98,6-600 mm AD (promedio 261,5 ± 124,2) y 106,1-690 mm LD (promedio 294,4 ± 145,2) y las tallas de los machos varían desde 83,5-330 mm AD (promedio 196,4 ± 47,5) y 98-380 mm LD (promedio 217,3 ± 56,6). El peso registrado en 45 individuos (31H: 14M) fue 100 a 1.700 g (promedio 655,5 ± 381,4). Para las hembras varía de 250 a 1.700 g (promedio 756,6 ± 408,8) y para los machos desde 100 a 720 g (promedio 432,8 ± 170,7).

Hábitat y abundancia

Potamotrygon signata habita en un sistema fluvial situado en su mayor parte en el bioma semiárido denominado Caatinga,

que se caracteriza por un ciclo hidrológico extremo, con una estación seca larga y severa. Esta condición hace que la mayoría de los afluentes de la margen derecha del río Parnaíba sean intermitentes (Rosa *et al.* 2003). Las rayas son capturadas en aguas poco profundas (<3 m), y en diversos tipos de sedimentos (arena, barro, piedras y losas de piedra). Durante los periodos de aguas bajas, tienden a agregarse en lagunas naturales a lo largo del río. Probablemente en esta época, hay una mayor concentración de presas, favoreciendo las agregaciones alimentarias o reproductivas de rayas.

Alimentación

Carnívora: entomófaga. De acuerdo a Moro *et al.* (2012a), consume presas de 13 órdenes, incluyendo insectos, moluscos, crustáceos y peces teleosteos. El índice de importancia relativa (IRI%), indicó que *P. signata* es una especie insectívora, con un predominio de las larvas de dípteros y ninfas de Ephemeroptera en la dieta.

Se observaron diferencias sexuales en la dieta y entre los individuos maduros e inmaduros. Las hembras tuvieron una incidencia similar de dípteros y Ephemeroptera, mientras que en los machos, los Ephemeroptera fueron el ítem alimenticio principal. Individuos inmaduros mostraron predominio de dípteros, mientras que los individuos maduros tuvieron una incidencia similar de dípteros y Ephemeroptera en sus dietas.

Reproducción

La menor hembra grávida observada tenía 193 mm AD (UFPB 6496) y el menor macho observado con clasper calcificado y presencia de semen tenía 170 mm AD (UFPB 6506), lo que indica que la madurez sexual en esta especie comienza en individuos de talla relativamente pequeña. El número de embriones por hembra fue de 1 a 3 (media de 1,4 y moda de 1). Se observó un embrión a término con 108 mm AD y los neonatos con signos de cordón umbilical fueron capturados con un promedio

signata se asemeja a *Potamotrygon falkneri* y *Potamotrygon scobina*, especies ausentes en la cuenca del río Parnaíba.

Tabla 9. Datos y relaciones morfométricas para juveniles (3H: 4M) y adultos (52H: 32M) de *Potamotrygon signata*. AD: ancho discal.

Medida	Estado desarrollo	Intervalo (mm)	Promedio (mm)	%AD
Ancho del disco	Juvenil	119,6-181	160,7	100
	Adultos	83,5-604	235,8	100
Longitud del disco	Juvenil	136,1-203	177,7	110,7
	Adultos	98-690	263,9	111,4
Longitud total	Juvenil	256-359	307,7	192,9
	Adultos	177-1.030	414,5	184,4

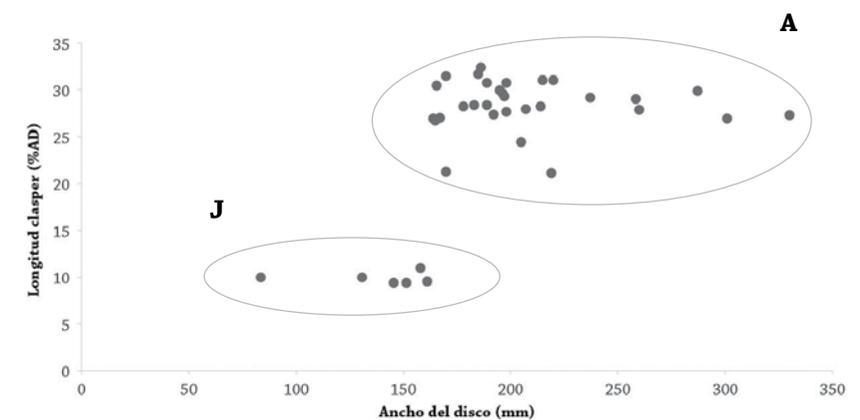


Figura 2. Relación proporcional de la longitud del clasper versus el ancho del disco. J: juveniles; A: adultos.

CATÁLOGO DE ESPECIES

FAMILIA POTAMOTRYGONIDAE

de 110 mm AD, por lo que se estima el tamaño al nacer en 110 mm AD (Moro *et al.* 2012b). La longitud del clasper varía desde 9,39 hasta 10,95% de la anchura del disco en los jóvenes y desde 21,14 hasta 32,39% en los adultos (Figura 2).

Movimientos y comportamiento

Rosa (1985) supuso que la existencia de migraciones de rayas de acuerdo al ciclo hidrológico, entre los afluentes y el cauce principal del río Parnaíba. Esto debido a la diferencia estacional de la abundancia de rayas en los afluentes entre los periodos de aguas bajas y altas.

Uso y aspectos pesqueros

No hay una pesquería dirigida a *Potamotrygon signata*, aunque esta especie se captura accidentalmente con varios artes de

pesca, pero generalmente no se comercializa la carne. El aceite de hígado se utiliza como medicamento y el aguijón de la cola se vende para distintos usos (ver Capítulo 11).

Amenazas

Además de la captura incidental en la pesca artesanal, las actividades humanas, incluyendo el desarrollo urbano y la expansión de la agricultura, impactan la especie (ver Capítulo 11).

Conservación

En Brasil la especie es tratada como Casi Amenazada (NT), pero no hay medidas de conservación tomadas o propuestas para ella.

Referencia de identificación

Rosa (1985).

Autores

Guilherme Moro, Katherine P. Viana, Cristiane A. Wanderley, Viviana Márquez Velásquez y Ricardo S. Rosa.

Potamotrygon wallacei

Carvalho, Rosa y Araújo 2016

Nombre común y/o indígena

Raia cururu (Brasil).

**Sinonimias**

Antes de su descripción original, se han usado erróneamente diferentes nombres para la especie, incluyendo *Disceus thayeri* Garman 1913, *Potamotrygon histrix* (Müller y Henle 1836), *Potamotrygon laticeps* Garman, 1913 y *Potamotrygon schroederi* Fernandez-Yépez 1957.

Estatus de conservación

Categoría global (IUCN): no evaluado.

Categoría nacional: no evaluado.

Caracteres distintivos

Coloración general del dorso variable pero muy distintiva, generalmente con un fondo de color marrón claro, marrón o gris-marrón, con manchas y vermiculaciones irregulares de color marrón oscuro o negro, delimitando áreas amplias renifor-

mes o en forma de cerebro en el centro del disco, y formas subcirculares de color marrón claro hacia los márgenes del disco. El pigmento negro forma una figura en forma de “Ω o ánfora”, de color marrón claro en el centro del disco, comenzando inmediatamente detrás de los ojos y espiráculos y extendiéndose posteriormente en el disco. Cola con franjas laterales negras alternadas que no se conectan dorsalmente. Superficie ventral del disco blanco con las márgenes de color marrón oscuro y ocasionalmente en adultos una mancha marrón oscura en el centro del disco. Dentículos en la superficie dorsal mediana del disco y cola con base en forma de “Y”, con una cúspide central anterior prominente y bulbosa y generalmente, con dos pares de cúspides posteriores más pequeñas y redondeadas. Dientes pequeños, con 24 a 58 filas longitudinales en la mandíbula su-



Registros de *Potamotrygon wallacei*.

perior. Coronas de los dientes reniformes en vista apical, sin cúspides prominentes

Tabla 10. Datos y relaciones morfométricas para neonatos (4H), juveniles (10H: 14M) y adultos (14H: 9M). AD: ancho discal.

Medida	Estado desarrollo	Intervalo (mm)	Promedio (mm)	%AD
Ancho del disco	Neonatos	75,8-87,2	78,3	100
	Juvenil	72,4-177	127,5	100
	Adultos	143-263	202,5	100
Longitud del disco	Neonatos	87,2-97,4	91,3	114,5
	Juvenil	81,8-180	139,3	109,8
	Adultos	157-290	222,9	110,4
Longitud total	Neonatos	158 -175	167,3	206,9
	Juvenil	250-380	322	162,3
	Adultos	145,9-281	185,1	197

excepto en machos maduros. Los dientes presentan dimorfismo sexual, machos adultos y subadultos con cúspide central en punta y dos pequeñas cúspides accesorias; hembras con dientes romos. Especie restringida a la cuenca del Río Negro (Brasil)

Distribución geográfica

Países: Brasil.
Cuencas: Amazonas (Río Negro).
Subcuencas: Anali, Arirarrá, Cuieiras, Cuiuni, Demeni, Itú (Amazonas) y Jufari (Roraima).

Endémica de la cuenca del Río Negro (Brasil), distribuyéndose desde Santa Isabel hacia las proximidades de Manaus.

Talla y peso

Se examinaron 51 individuos (28H: 23M), de los cuales cuatro fueron neonatos, 24 juveniles y 23 adultos (Tabla 10). Las hembras alcanzan mayor talla y peso que los machos. Para las hembras se registró un ancho de disco máximo (AD) de 263 mm

y para los machos un máximo de 221 mm AD. Araújo (1998) observó (como *Potamotrygon* sp. C) tallas máximas de 300 mm AD (hembra) y 225 mm AD (macho).

En cuanto al peso, un macho de 202 mm AD y pesó 354 g, mientras que una hembra de 214 mm AD pesó 460 g.

Hábitat y abundancia

Se encuentra en aguas negras con pH ácido y bajos niveles de oxígeno disuelto (Duncan y Fernandes 2010, Carvalho *et al.* 2016), por lo tanto, a pesar de que está presente en la parte baja y alta del Río Negro y en algunos de sus afluentes, no entra al río Branco, un río de agua blanca afluente del Río Negro, con un pH más alto. También habita en pequeños afluentes de aguas negras de la cuenca del Río Negro (“igarapés”), con fondos arenosos y fondos cubiertos de hojarasca, incluyendo hojas y troncos caídos desde el bosque inundado (“igapós”) (Carvalho *et al.* 2016).

Alimentación

Carnívora: carcino-entomófaga. La dieta de *Potamotrygon wallacei* es generalista, basada en el consumo de cangrejos (Trichodactylidae), camarones (Euryrhynchidae) y libélulas (Gomphidae) (Shibuya *et al.* 2009, como *Potamotrygon* sp. “cururu”). Estos autores también encontraron restos de teleosteos en la dieta, pero en pequeña cantidad, e indicaron con base en el índice de importancia relativa (%IRI), que los crustáceos tienen la mayor contribución en la dieta (49,4%), seguidos por los insectos (30,2%) y los peces teleosteos (20,4%).

Reproducción

Las hembras alcanzan la madurez sexual en la clase de 170-190 mm de AD, con promedio de 180 mm AD donde más del 50%

de las hembras ya eran adultas (Araújo 1998). Las menores hembras adultas se observaron en la clase 150-170 mm AD (Araújo op. cit.). En los machos la madurez sexual ocurre en la clase de 170-190 mm AD (Araújo op. cit.), pero en el presente estudio se observó un macho de 142,2 mm AD con clasper rígido (Figura 3). El ciclo reproductivo está influenciado por el fenómeno de El Niño, con dos gestaciones anuales en periodos de El Niño. Los eventos del ciclo reproductivo son la gametogénesis (aguas altas y descendentes), la cópula (aguas descendentes y bajas), la gestación y el parto (aguas bajas). El período de gestación es de 3 meses. La talla de nacimiento es de 9-10 cm AD, o de 4-6 cm AD en la segunda gestación anual en los periodos de El Niño (Araújo op. cit.). Según Araújo y Lessa (2015), *P. wallacei* tiene un bajo potencial reproductivo (1 embrion/hembra), alta tasa de mortalidad natural de los juveniles del año (0,5 a 0,4) y la edad de primera madurez, entre 2-3 años.

Movimientos y comportamiento

La especie realiza movimientos en el hábitat de acuerdo con el pulso de inundación del Río Negro, y en los meses de inundación la especie se encuentra en el bosque inundado (Araújo 2008).

Uso

Tiene importancia como especie ornamental.

Aspectos pesqueros

La contribución de especies de Potamotrygonidae a la exportación de peces ornamentales es inferior al 1% del total de individuos capturados en el medio Río Negro (Araújo 2000). A pesar de este bajo porcentaje en comparación con el 60% del

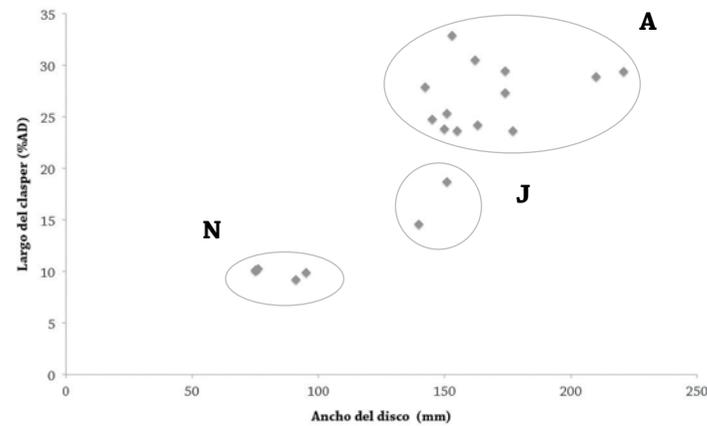


Figura 3. Relación proporcional de la longitud del clasper versus el ancho del disco en *Potamotrygon wallacei*. N: neonatos; J: juveniles; A: adultos.

tetra cardenal (*Paracheirodon axelrodi*), las capturas de rayas hasta el año 2006, tuvieron un papel importante en los ingresos familiares de los pescadores del medio Río Negro, donde *Potamotrygon wallacei* fue la especie capturada en mayor cantidad en la localidad de Barcelos, Amazonas. En el sistema río Itú-Daraquá-Bafuana la especie representó el 92,3% de las capturas de rayas ornamentales, contra el 7,1% de *P. motoro* y 0,6% de *P. orbignyi*.

La temporada de captura es de septiembre a abril, con el 70% del volumen total de las capturas concentrado en los meses de octubre, noviembre y diciembre, un período que coincide con la gestación y el parto (Araújo 1998). Las observaciones de la CPUE (número de rayas/número de pescadores x horas) entre 1998-2006, ha demostrado que esta variable tiene una correlación positiva ($r = 0,92$) con el número de meses de la estación seca en el Río Negro. Sin embargo, el análisis de captura/esfuerzo en una misma temporada de

pesca mostró que el aumento de la CPUE en la estación de aguas bajas (septiembre y octubre) es directamente proporcional al esfuerzo de pesca; la CPUE y el esfuerzo se estabilizan en noviembre y se convierten inversamente proporcionales en diciembre. Las dos disminuyen gradualmente hasta el final de la cosecha en abril (inicio de las lluvias). El pulso de inundación influye en el volumen total exportado por el estado de Amazonas.

Método de captura

La pesca se realiza a mano en la noche, con uso de red de mano (dip net) y un faro (lámpara), conectado a una batería de 42 amperios.

Comercialización y exportación

En los últimos veinticinco años, las rayas de agua dulce han ganado importancia como peces ornamentales. Uno de los factores que justifican este incremento es la gran diversidad de patrones cromáticos mostrado por este grupo (Almeida 2003,

Araújo 2004). Sin embargo, hasta 1998 no existía una legislación específica ni datos para evaluar la sostenibilidad de la pesquería. En 1998, se publicó la primera ordenanza legal que estableció una cuota de exportación de 3.000 unidades/año de *P. wallacei* para el mercado de peces ornamentales (Araújo *et al.* 2005). Las cuotas de exportación de *P. wallacei* variaron desde 3.000 unidades/año (1998-1999) a 6.000 unidades/año (2008-2014). El sistema de cuotas es un método de gestión que ha sido utilizado por otros países para los elasmobranchios (Walker 2004).

La figura 4 muestra la contribución de *P. wallacei* para el volumen total de rayas ornamentales amazónicas exportadas de Brasil. La especie más importante en volumen total es *Potamotrygon leopoldi*, capturada en el río Xingú, estado de Pará. *Potamotrygon wallacei* es la segunda o tercera especie más exportada, dependiendo de la exportación de *Potamotrygon motoro*, del nivel hidrométrico en el Río Negro (que influye en la temporada de pesca) y del mercado (demanda y el valor del dólar).

Según Araújo y Melo (2012), la pesca ornamental en el medio río Negro no causó un impacto significativo en las poblaciones de *P. wallacei* y el potencial reproductivo de la especie no ha cambiado durante los 15 años de estudio, pero hubo una reducción significativa del esfuerzo de pesca en la última década sobre esta especie.

Mediante el desarrollo de escenarios utilizando la Matriz de Leslei, Araújo y Lessa (2015), estimaron que pueden producirse reducciones significativas de la población, si hay un aumento de la mortalidad de la población parental o la reducción de la fertilidad inducida por problemas ambientales o por la pesca.

Amenazas

Las principales amenazas que podrían afectar a la especie son el incremento de las pesquerías ornamentales, la pesca negativa, la destrucción del hábitat y el cambio climático. Este último, podrá afectar los ciclos hidrológicos en la Amazonia, que son determinantes para los patrones de movimientos y el uso del hábitat en la especie.

Conservación

Es necesario revisar las cuotas de exportación y los límites de tamaño de los individuos extraídos de la población. Antes del establecimiento de normas para la exportación en el sistema de cuotas, hubo un promedio de captura de 10.000 individuos/año y una tasa de rechazo de los animales entre 30-42%. Los individuos con ancho de disco más grande de lo permitido por la ley y los individuos con lesiones, no se comercializan y por lo tanto son rechazadas. Sobre la base de las estimaciones de crecimiento de la población de Araújo y Lessa (2015), se recomienda una talla máxima de 12 cm AD para la exportación de individuos.

La mortalidad post-captura es uno de los puntos críticos de la exportación de peces ornamentales y por lo tanto se necesitan regulaciones para reducir esta mortalidad. La manipulación inadecuada puede conducir a comportamientos de estrés (Duncan *et al.* 2004), lesiones o cambios fisiológicos que pueden causar la muerte de individuos durante el período de transporte entre la zona de captura y el centro de exportación, o incluso causar el rechazo de ejemplares en la cadena de comercialización.

También hay mortalidad entre el centro exportador y el centro importador. Ben-



M. A. Morales-Betancourt

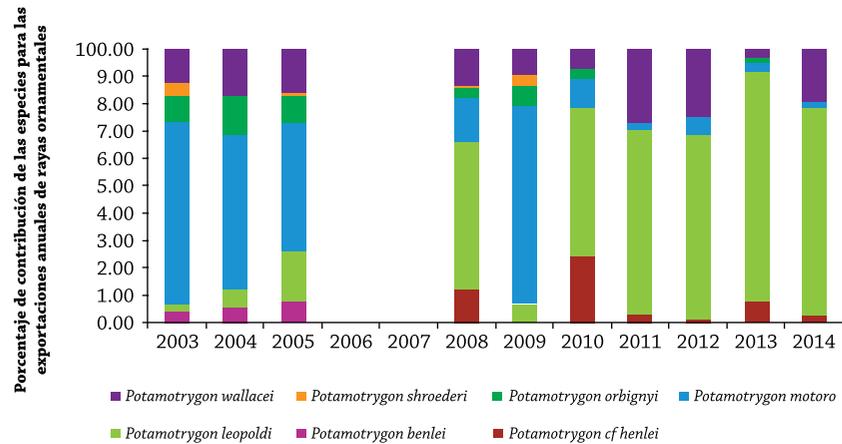


Figura 4. Contribución porcentual de *Potamotrygon wallacei* y otras especies amazónicas al volumen total de las rayas exportadas como peces ornamentales de Brasil. Fuente: IBAMA (2015).

zaken y Araújo (2006) reportaran un promedio de mortalidad del 10% obtenido a partir de los registros presentados por los importadores a los exportadores. Este valor puede cambiar según la época del año (por ejemplo, el invierno en los países importadores), la gestión y las disposiciones gubernamentales de los países importadores, con respecto al tiempo y las condiciones de cuarentena.

Oportunidades

Re-edición de la ordenanza con revisión anual de las cuotas de exportación, de acuerdo a lo indicado por Araújo y Lessa (2015) (última revisión en 2009). Limitación de tallas para exportación con vistas a evitar la captura de matrices, según lo previsto en la Instrucción Normativa 204/2008 (IBAMA 2008) y garantizar el mantenimiento de las poblaciones.

Referencia de identificación

Carvalho *et al.* (2016).

Bibliografía

- Almeida, M. P. 2003. Pesca, policromatismo e aspectos sistemáticos de *Potamotrygon scobina*, Garman 1913 (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) da região da Ilha de Colares da Ilha de Marajó - Pará. Disertación de Maestria, Museu Paraense Emilio Goeldi, Universidade Federal do Pará, Belém. 145 pp.
- Almeida, M. P., R. B. Barthem, A. S. Viana y P. Charvet-Almeida. 2009. Factors affecting the distribution and abundance of freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) on Marajó Island, mouth of the Amazon River. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 4: 1-11.
- Almeida, M. P., P. M. O. Lins, P. Charvet-Almeida y R. B. Barthem. 2010. Diet of the freshwater stingray *Potamotrygon motoro* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae), at Marajó Island (Pará, Brazil). *Brazilian Journal of Biology* 70: 155-162.
- Araújo, M. L. G. 1998. Biología de *Potamotrygon* sp. C (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) no Médio Rio Negro, Amazonas. Disertación de Maestria. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil. 171 pp.
- Araújo, M. L. G. 2000. Plano de monitoramento de arraias de água doce - Convênio IBAMA-AM/ACEPOAM. 29 pp.
- Araújo, M. L. G. 2004. Resultados do monitoramento da pesca de arraias de água doce utilizadas como peixe ornamental no Médio Rio Negro. Relatório Técnico No 04. 42 pp.
- Araújo, M. L. G. 2008. Marca e recaptura de *Potamotrygon cf hystrix* (Chondrichthyes-Potamotrygonidae) no igarapé Baruri, Barcelos, Amazonas. In: Resumos da VI Reunião da Sociedade Brasileira para o Estudo de Elasmobrânquios. Fortaleza.
- Araújo, M. L. G. y S. M. V. Melo. 2012. Impact of ornamental fishery on reproduction of *Potamotrygon* sp. C (Chondrichthyes - Potamotrygonidae), at Rio Negro Basin, Brazil, Abstracts of the 2012 Herpetology and Ichthyology Joint Meeting, Vancouver, Canada.
- Araújo, M. L. G. y R. P. T. Lessa. 2015. Análise demográfica como uma ferramenta de gestão para pesca ornamental de raia de água doce (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) na Bacia Amazônica. Pp. 81. En: III Simpósio Ibero Americano de Ecologia Reprodutiva Recrutamento e Pesca, Porto de Galinhas. Livro de Resumos, Editora Livro Rápido, Recife.
- Benzaken, Z. S. y M. L. G. Araújo. 2006. Status of freshwater stingray ornamental trade: from Rio Negro to the world. Abstracts of the 2006 Herpetology and Ichthyology Joint Meeting, New Orleans, USA.
- Carvalho, M. R., R. S. Rosa y M. L. G. Araújo. 2016. A new species of Neotropical freshwater stingray (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) from the Rio Negro, Amazonas, Brazil: the smallest species of *Potamotrygon*. *Zootaxa* 4107: 566-586.
- Carvalho, M. R. de, N. R. Lovejoy y R. S. Rosa. 2003. Family Potamotrygonidae. Pp. 22-29. En: Reis, R. E., C. J. Ferraris Jr y S. O. Kullander (Eds.). *Checklist of the Freshwater Fishes of South and Central America*. EDIPU-CRS. Porto Alegre, Brasil. 729 pp.
- Charvet-Almeida, P., J. M. R. Soto y M. Pinto de Almeida. 2009. *Potamotrygon brachyura*. The IUCN Red List of Threatened Species 2009: e.T161687A5480430.
- Drioli, M. & G. Chiaramonte. 2005. *Potamotrygon motoro*. The IUCN Red List of Threatened Species 2005: e.T39404A10226461. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2005.RLTS.T39404A10226461.en>. Downloaded on 09 September 2016.
- Carvalho, M. R. de. 2016. Description of two extraordinary new species of freshwater stingrays of the genus *Potamotrygon* endemic to the rio Tapajós basin, Brazil (Chondrichthyes: Potamotrygonidae), with notes on other Tapajós stingrays. *Zootaxa* 4167 (1): 1-63. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.4167.1.1>
- Carvalho, M. R. de. 2016. *Potamotrygon rex*, a new species of Neotropical freshwater stingray (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) from the middle and upper rio Tocantins, Brazil, closely allied to *Potamotrygon henlei* (Castelnau, 1855). *Zootaxa* 4150 (5): 537-565.

Autores

Ricardo S. Rosa, Maria Lúcia G. Araújo y Marcelo R. de Carvalho.

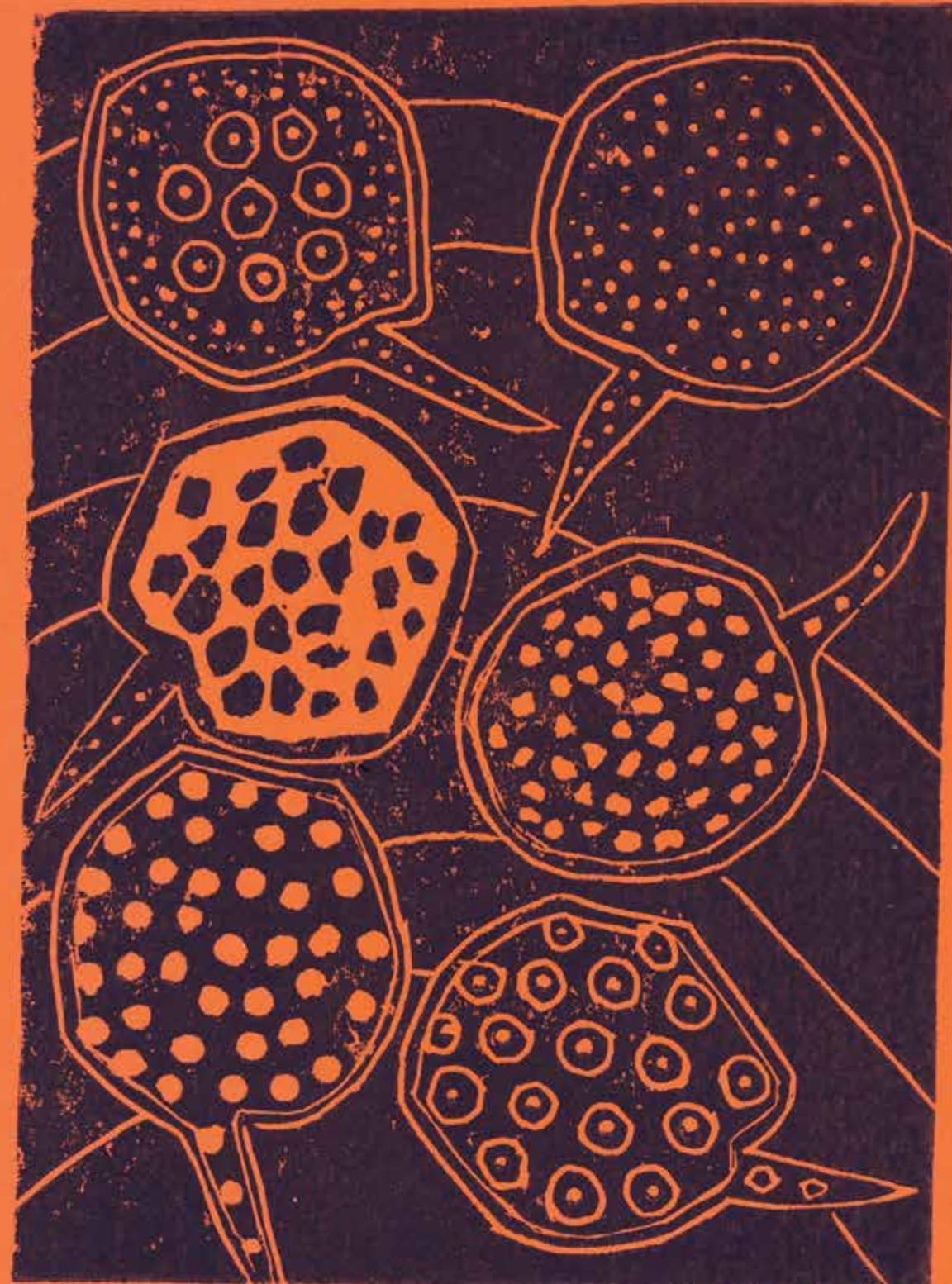


M. A. Morales-Betancourt

- Carvalho, M. R. de, N. R. Lovejoy y R. S. Rosa. 2003. Family Potamotrygonidae. Pp. 22-29. In: Reis, R. E., C. J. Ferraris Jr. & S. O. Kullander. (Eds.). Checklist of the Freshwater Fishes of South and Central America. Porto Alegre, EDIPUCRS. 729 pp.
- Castex, M. N. 1963. La raya fluvial. Notas histórico-geográficas. Publicación del Departamento de Ciencias, Colegio de la Inmaculada Concepción. Librería y Editorial Castellví S. A. Santa Fé. 120 pp.
- Castex, M. N. 1966. Observaciones en torno al género *Elipesus* Schomburgk 1843 y nueva sinonimia de *Potamotrygon brachyurus* (Günther, 1880) (Chondrichthyes, Potamotrygonidae). *Physis* 26: 33-38.
- Castex, M. N. 1967. Freshwater venomous rays. Pp. 167-176. En: Animal toxins. A collection of papers presented at the First International Symposium on Animal Toxins, Atlantic City, New Jersey, U. S. A., April 9-11, 1966. Pergamon Press. Oxford and New York.
- Castex, M. N. 1964. Una nueva especie de raya fluvial americana, *Potamotrygon schuhmacheri* sp. n. *Neotropica (La Plata)* 19 (32): 92-94.
- Duncan, W. L. P., O. T. F. Costa, J. C. Silva y M. L. G. Araújo. 2004. Estresse comportamental em arraia cururu (*Potamotrygon cf hystrix*) durante o transporte para o mercado de peixes ornamentais. In: Resumos da IV Reunião da Sociedade Brasileira para o Estudo de Elasmobrânquios. Recife, Pernambuco.
- Fontenelle, J. P. 2013. Revisão taxonômica do complexo *Potamotrygon scobina* Garman, 1913 (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Potamotrygonidae), com inferências biogeográficas. Dissertação de Maestria, Universidade de São Paulo, São Paulo. 225 pp.
- Fontenelle, J. P., J. P. C. B. da Silva y M. R. de Carvalho 2014. *Potamotrygon limai*, sp. nov., a new species of freshwater stingray from the upper Madeira River system, Amazon basin (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). *Zootaxa* 3765 (3): 249-268.
- Garman, S. 1913. The Plagiostomia (sharks, skates, and rays). *Memoirs of the Museum of Comparative Zoology* 36: 1-515.
- Garrone Neto, D. 2009. História natural, diversidade e distribuição de raias na região do alto rio Paraná, Brasil. Tesis Doctoral, Universidade Estadual Paulista "Júlio De Mesquita Filho". Botucatu, Brasil. 204 pp.
- Garrone Neto, D. 2010. Considerações sobre a reprodução de duas espécies de raias (Myliobatiformes, Potamotrygonidae) na região do Alto Rio Paraná, Sudeste do Brasil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 5: 101-111.
- Garrone Neto, D. y V. Haddad Jr. 2010. Stingrays in rivers in southeastern Brazil: occurrence localities and impact on the population. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* 43 (1): 82-88.
- Garrone Neto, D. y V. S. Uieda. 2012. Activity and habitat use of two species of stingrays (Myliobatiformes: Potamotrygonidae) in the upper Paraná River basin, Southeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology* 10: 81-88.
- Garrone-Neto, D., V. Haddad Jr., M. J. A. Vilela y V. S. Uieda. 2007. Registro de ocorrência de duas espécies de potamotrygonídeos na região do Alto Rio Paraná e algumas considerações sobre sua biologia. *Biota Neotropica* 7 (1): 1-4.
- IBAMA-Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2008. Instrução Normativa N° 204, de 22 de outubro de 2008.
- ICMBio. 2014. Lista de espécies quase ameaçadas e com Dados Insuficientes. <http://www.icmbio.gov.br/portal/fauna-brasileira/lista-de-especies-dados-insuficientes>.
- Lasso C. A., P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt, L. M. Ortiz-Arroyave, O. M. Lasso-Alcalá, M. T. Sierra-Quintero y J. Agudelo. 2013. *Potamotrygon motoro* (Orinoco). Pp. 209-217. En: Lasso C. A., R. S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt y E. Agudelo-Córdoba (Eds.) Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
- Loboda, T. S. 2010. Revisão taxonômica e morfológica de *Potamotrygon motoro* (Müller & Henle, 1841) na bacia Amazônica (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Potamotrygonidae). Dissertação de Maestria, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 305 pp.
- Loboda, T. S. y M. R. de Carvalho. 2013. Systematic revision of the *Potamotrygon motoro* (Müller & Henle, 1841) species complex in the Paraná-Paraguay basin, with description of two new ocellated species (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Potamotrygonidae). *Neotropical Ichthyology* 11(4): 693-737.
- Lonardoní, A. P., E. Goulart, E. F. de Oliveira y M. C. F. Abelha. 2006. Hábitos alimentares e sobreposição trófica das raias *Potamotrygon falkneri* e *Potamotrygon motoro* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) na planície alagável do alto rio Paraná. *Acta Scientiarum Biological Sciences* 28 (3): 195-202.
- Mirande, J. M. y S. Koerber. 2015. Checklist of the freshwater fishes of Argentina (CLOFFAR). *Ichthyological Contributions of Peces Criollos* 36: 1-68.
- Moro, G. 2010. Alimentação de *Potamotrygon signata* e *Potamotrygon orbignyi* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) na bacia do rio Parnaíba. Dissertação de Maestria, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 89 pp.
- Moro, G., P. Charvet y R. S. Rosa. 2012a. Insectivory in *Potamotrygon signata* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae), an endemic freshwater stingray from the Parnaíba River basin, northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 72 (4): 885-891.
- Moro, G., P. Charvet y R. S. Rosa. 2012b. Aspectos da reprodução da raia de água doce *Potamotrygon signata* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) da bacia do rio Parnaíba, nordeste do Brasil. Pp. 121-133. En: Soares R., R. N. Lima e J. D. N. Paranhos (Eds.). Aspectos de pesquisas ictiológicas piauienses. EdUFPI, Teresina, Brasil.
- Oddone, M. C., G. Velasco y G. Rincon. 2008. Occurrence of freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) in the Uruguay River and its tributaries, Uruguay, South America. *Aqua* 14: 69-76.
- Rosa, R. S. 1985. A systematic revision of the South American freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). Tesis Doctoral. College of William and Mary. Williamsburg, Virginia. 523 pp.
- Rosa, R. S., N. A. Menezes, H. A. Britski, W. J. E. M. Costa y F. Groth. 2003. Diversidade, padrões de distribuição e conservação dos peixes da Caatinga. Pp. 135-162. En: Leal, I. R., M. Tabarelli y J. M. C. Silva (Eds.). Ecologia e Conservação da Caatinga. Editora Universitária da UFPE, Recife, Brasil.
- Rosa, R., M. Pinto de Almeida y P. Charvet-Almeida. 2009. *Potamotrygon signata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2009: e.T161467A5430818. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2009-2.RLTS.T161467A5430818>.
- Rosa, R. S., P. Charvet-Almeida y C. C. D. Quijada. 2010. Biology of the South American Potamotrygonid stingrays. Pp. 241 - 286. En: Carrier, J.C., J. A. Musick y M. R. Heithaus (Eds.). Sharks and their relatives II: Biodiversity, adaptive physiology and conservation. CRC Press. Boca Raton, FL, EUA. 639 pp.
- Shibuya, A., M. L. G. Araújo y J. A. S. Zuanon. 2009. Analysis of stomach contents of freshwater stingrays (Elasmobranchii, Potamotrygonidae) from the middle Negro River, Amazonas, Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 4: 466-475.
- Silva, J. P. C. B. y M. R. de Carvalho. 2011a. A taxonomic and morphological redescription of *Potamotrygon falkneri* Castex & Maciel, 1963 (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Potamotrygonidae). *Neotropical Ichthyology* 9: 209 - 232.
- Silva, J. P. C. B. y M. R. de Carvalho. 2011b. A new species of Neotropical freshwater stingray of the genus *Potamotrygon* Garman, 1877 from the Rio Madre de Dios,

CATÁLOGO DE ESPECIES

- Perú (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). *Papéis Avulsos de Zoologia* 51: 139-154.
- Silva, J. P. C. B. da, J. P. Fontenelle, T. Loboda, R. S. Rosa y M. R. de Carvalho. 2013. *Potamotrygon falkneri*. Pp. 181-183. En: Lasso C. A., R. S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. MoralesBetancourt y E. Agudelo-Córdoba (Eds.). Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
 - Silva, T. B. y V. S. Uieda. 2007. Preliminary data on the feeding habits of the freshwater stingrays *Potamotrygon falkneri* and *Potamotrygon motoro* (Potamotrygonidae) from the Upper Paraná River basin. *Biota Neotropica* 7: 221-226.
 - Silva, J. P. C. B. da y M. R. de Carvalho. 2015. Systematics and morphology of *Potamotrygon orbignyi* (Castelnau, 1855) and allied forms (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Potamotrygonidae). *Zootaxa* 3982 (1): 1-82. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3982.1.1>
 - Silveira, F. P. 2009. Revisão taxonômica e morfológica da espécie *Potamotrygon hystrix* Muller & Henle, 1834 (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Potamotrygonidae). Monografia não publicada, Universidade de São Paulo, São Paulo. 75 pp.
 - Teixeira de Mello, F., S. Serra, N. Vidal, I. Gonzalez-Bergonzoni, A. D'Anatro, M. Loureiro, M. C. Oddone, G. Velasco, P. Charvet y W. Norbis. 2011. New records of the giant freshwater stingray *Potamotrygon brachyura* (Gunther, 1880) (Myliobatoidei: Potamotrygonidae) in the lower Uruguay River (Uruguay). En: Resumos do VII Encontro da Sociedade Brasileira para o Estudo de Elasmobrânquios. Rio Grande, Brasil.
 - Thorson, T. B., J. K. Langhammer y M. I. Oetinger. 1983. Reproduction and development of the South American freshwater stingrays, *Potamotrygon circularis* and *P. motoro*. *Environmental Biology of Fishes* 9 (1): 3-24.
 - Walker, T. I. 2004. Management measures. Pp. 285-321. En: J. Musick y R. Bonfil (Eds.). Elasmobranch Fisheries Management Techniques. APEC Fisheries Working Group. Asia-Pacific Economic Cooperation, Singapore.
 - Wanderley, C. A. 2009. Redescricao taxonômica e descricao da morfologia esquelética de *Potamotrygon signata* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). Dissertação de Maestria, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 81 pp.



3/5

Camelli 16

CASOS DE ESTUDIO

ARGENTINA, URUGUAY Y PARAGUAY

6. La familia Potamotrygonidae en Argentina, Paraguay y Uruguay
7. La raya gigante o raya boba, *Potamotrygon brachyura* (Günther, 1880) del río Paraná medio, Argentina

BOLIVIA

8. Diversidad, uso y conservación de las rayas (Myliobatiformes: Potamotrygonidae) en Bolivia.

BRASIL

9. Raias do alto Paraná, Brasil: histórico de ocorrência, distribuição atual e consequências do processo de colonização da bacia *Rayas del alto Paraná, Brasil: distribución histórica y actual, y consecuencias de los procesos de colonización de la cuenca*
10. Feeding biology, human perceptions and uses of *Potamotrygon signata* Garman, 1913 in the Parnaíba river basin, northeastern Brazil *Alimentación, percepción humana y usos de Potamotrygon signata Garman, 1913 en la cuenca del río Parnaíba, noreste de Brasil*
11. Biología e história natural de *Potamotrygon wallacei* (Carvalho, Rosa e Araújo, 2016) na bacia do Rio Negro, Amazônia Central, Brasil *Biología e historia natural de Potamotrygon wallacei (Carvalho, Rosa e Araújo, 2016) en la cuenca de Rio Negro, Amazonia central, Brasil*

COLOMBIA

12. Avances en el conocimiento de *Potamotrygon magdalenae* (Duméril, 1865), raya dulceacuícola endémica de Colombia
13. Aspectos sobre la historia natural de las rayas de agua dulce en el área de influencia de los municipios de Puerto Carreño (Vichada) e Inírida (Guainía), Orinoquia colombiana
14. Diversidad de rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) en el río Amazonas colombiano: resultados preliminares
15. Estructura poblacional y diversidad genética de la raya de agua dulce *Potamotrygon motoro* (Müller y Henle, 1841) (Myliobatiformes, Potamotrygonidae) en las cuencas del Orinoco y Amazonas (Colombia)
16. Ensayos de producción en cautiverio de la raya motoro (*Potamotrygon motoro* Müller y Henle, 1841) (Potamotrygonidae) en la Fundación Orinoquía, Puerto Carreño-Vichada, Colombia

PERÚ

17. Diversidad y conservación de las rayas (Potamotrygonidae) en Loreto - Perú: aspectos taxonómicos, ecológicos y pesqueros



6. LA FAMILIA POTAMOTRYGONIDAE EN ARGENTINA, PARAGUAY Y URUGUAY

Luis O. Lucifora, Agustín Solari, María Cristina Oddone, Franco Teixeira de Mello y Darío Mandelburger

Resumen

La cuenca del Río de la Plata incluye siete especies de *Potamotrygon*, cuatro de ellas endémicas. Seis de estas especies (cuatro endémicas) habitan la baja cuenca del Plata, excluyendo las subcuencas del alto Paraná y del alto Paraguay. La investigación científica sobre las rayas rioplatenses ha sido desatendida desde la década de 1970. Aún quedan interrogantes taxonómicos por resolver y el conocimiento ecológico es prácticamente nulo. Las rayas han tenido importancia socio-cultural en la cuenca del Plata desde hace siglos. En esta cuenca, las rayas son explotadas comercialmente en forma incipiente y suelen estar involucradas en accidentes por “picaduras”. El estado de conservación de todas las especies de la cuenca es desconocido, aunque es posible que varíe interespecíficamente por sus diferencias biológicas. *Potamotrygon brachyura* y *P. schuhmacheri* (en caso de ser una especie válida) pueden ser de las más vulnerables por su gran tamaño y su

rareza, respectivamente. Por el contrario, *P. motoro* de muy amplia distribución y alta invasión podría ser poco vulnerable a amenazas antropogénicas. En el futuro cercano, la investigación científica debería focalizarse en taxonomía, historia de vida y biología poblacional, movimientos, determinar el estado de conservación y planear estrategias de conservación.

Palabras clave. Conservación. Estado del conocimiento. *Potamotrygon*. Río de la Plata. Uso.

Introducción

A pesar de haber recibido un importante esfuerzo de investigación entre 1960 y 1970, el conocimiento de la biología de las rayas de la cuenca del Plata aún es rudimentario. La mayor parte de la investigación dedicada al grupo en aquellos años estuvo dedicada a la taxonomía y sistemática (p. e. Castex 1963a, 1964, 1965, 1967a-b, Castello y Yagolkowski 1969). Menos

RAYAS DE LA CUENCA DEL PLATA

esfuerzo se dedicó a la ecología, fisiología y otros aspectos de las especies parano-platenses. La única información ecológica sobre las rayas de la cuenca del Plata proviene de observaciones circunstanciales. Por ejemplo, Martínez Achenbach y Valentini de Martínez Achenbach (1976) proponen una edad de madurez sexual de tres años para *Potamotrygon motoro* en el Paraná medio (Argentina) sin mostrar ninguna evidencia; también mencionan observaciones propias y de pescadores como evidencia de un supuesto cuidado parental post-natal. Además, en muchos casos, los datos no son totalmente asignables a una especie por confusiones taxonómicas no resueltas en los trabajos de esa época.

La única información sobre reproducción de las especies de la cuenca del Plata proviene de la región del alto Paraná brasileño. Allí, Garrone Neto (2010) estimó el tamaño de madurez sexual y la fecundidad de *P. falkneri* y *P. motoro*. En esa región, los machos maduran a los 27 y 26 cm de ancho de disco, en *P. motoro* y *P. falkneri*, respectivamente, mientras que las hembras lo hacen a los 33 (*P. motoro*) y 32,5 cm de ancho de disco (*P. falkneri*). En ambas especies la fecundidad media fue de 1,3 crías por gestación y se observaron hembras gestantes sólo en diciembre, enero y febrero. Si bien estos datos son valiosos por ser los más detallados sobre la biología reproductiva de estas especies en la cuenca del Plata, cabe aclarar que provienen de una región recientemente invadida por las rayas, por lo que las poblaciones pueden estar aún en su fase expansiva, lo que se reflejará en sus parámetros reproductivos. Además, el trabajo fue realizado antes de la descripción de *P. amandae* y algunos ejemplares asignados a *P. motoro* podrían corresponder a *P. amandae*.

También han habido algunas investigaciones de uso de hábitat y ecología trófica de especies de *Potamotrygon* que invadieron la alta cuenca del río Paraná (Lonardoni *et al.* 2006, Silva y Uieda 2007). Sin embargo, esta región se tratará en otro capítulo.

El objetivo de este capítulo es hacer una síntesis del conocimiento existente de las rayas de agua dulce de la parte baja de la cuenca del Plata e identificar líneas de investigación prioritarias para el futuro cercano.

La cuenca baja del Plata

La cuenca del Río de la Plata o cuenca del Plata (Figura 1), es la segunda más grande de América del Sur. Incluye algunos de los ríos tropicales y subtropicales más caudalosos del mundo, como el Paraná, Paraguay y Uruguay y en su desembocadura en el Río de la Plata tiene un caudal medio de 22.000 m³/s. Esta cuenca abarca un área de poco más de 3 millones de km² y ocupa territorio de cinco países: Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay.

La cuenca del Plata presenta una gran variedad de ambientes, producto de su variedad climática y topográfica así como de su amplia extensión latitudinal. El extremo norte de la cuenca se localiza en el Pantanal brasileño, a casi 13° de latitud sur (S), y el extremo sur en la Bahía Samborombón, en la costa argentina del Río de la Plata, a los 37°S. El límite oriental de la cuenca lo forma el sistema de sierras costeras del sudeste y sur de Brasil (la Sierra del Mar y los cordones serranos de Rio Grande do Sul) y la Cuchilla Grande en Uruguay; el límite occidental lo forma la Cordillera de los Andes en Bolivia y Argentina y, más al sur, las Sierras Pampeanas del centro de Argentina; el límite norte está dado por el Planalto brasileño. La desembocadura de



M. Jones

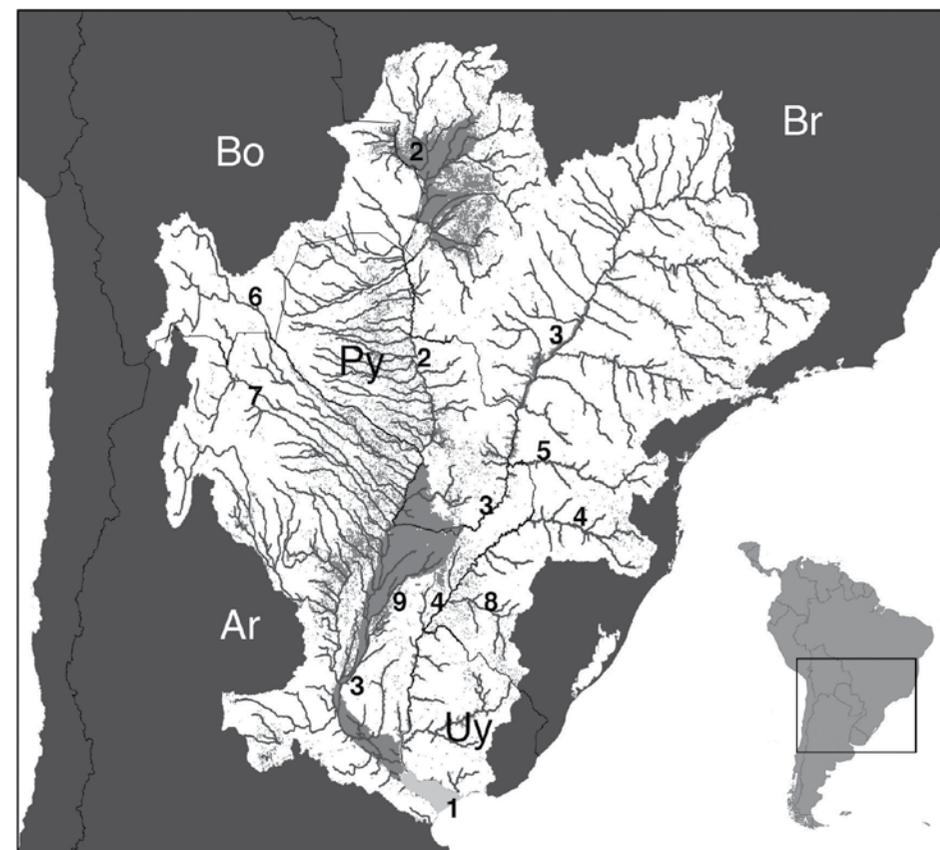


Figura 1. Mapa de la cuenca del Plata mostrando sus principales ríos y sus áreas de humedales (gris oscuro). Los ríos son 1: Río de la Plata (el área gris clara corresponde a la zona interna), 2: Paraguay, 3: Paraná, 4: Uruguay, 5: Iguazú, 6: Pilcomayo, 7: Bermejo, 8: Ibicuí, 9: Corrientes. Países: Ar: Argentina, Bo: Bolivia, Br: Brasil, Py: Paraguay, Uy: Uruguay. El recuadro indica la ubicación del mapa en América del Sur.

la cuenca se encuentra en el extremo sur, en el Río de la Plata, formando una gran bahía ubicada entre Argentina y Uruguay. La mitad interior del Río de la Plata está cubierta de agua dulce, mientras que la mitad exterior (la más ancha) forma un gran estuario cuya salinidad varía de acuerdo al volumen de descarga de los ríos Paraná

y Uruguay, entre otros factores. Esta variedad topográfica y amplitud latitudinal originan un gradiente de clima tropical a templado cálido en el eje norte-sur. Al mismo tiempo, la dirección predominante de los vientos de este a oeste establece un gradiente de humedad, que va disminuyendo hacia el oeste.

RAYAS DE LA CUENCA DEL PLATA



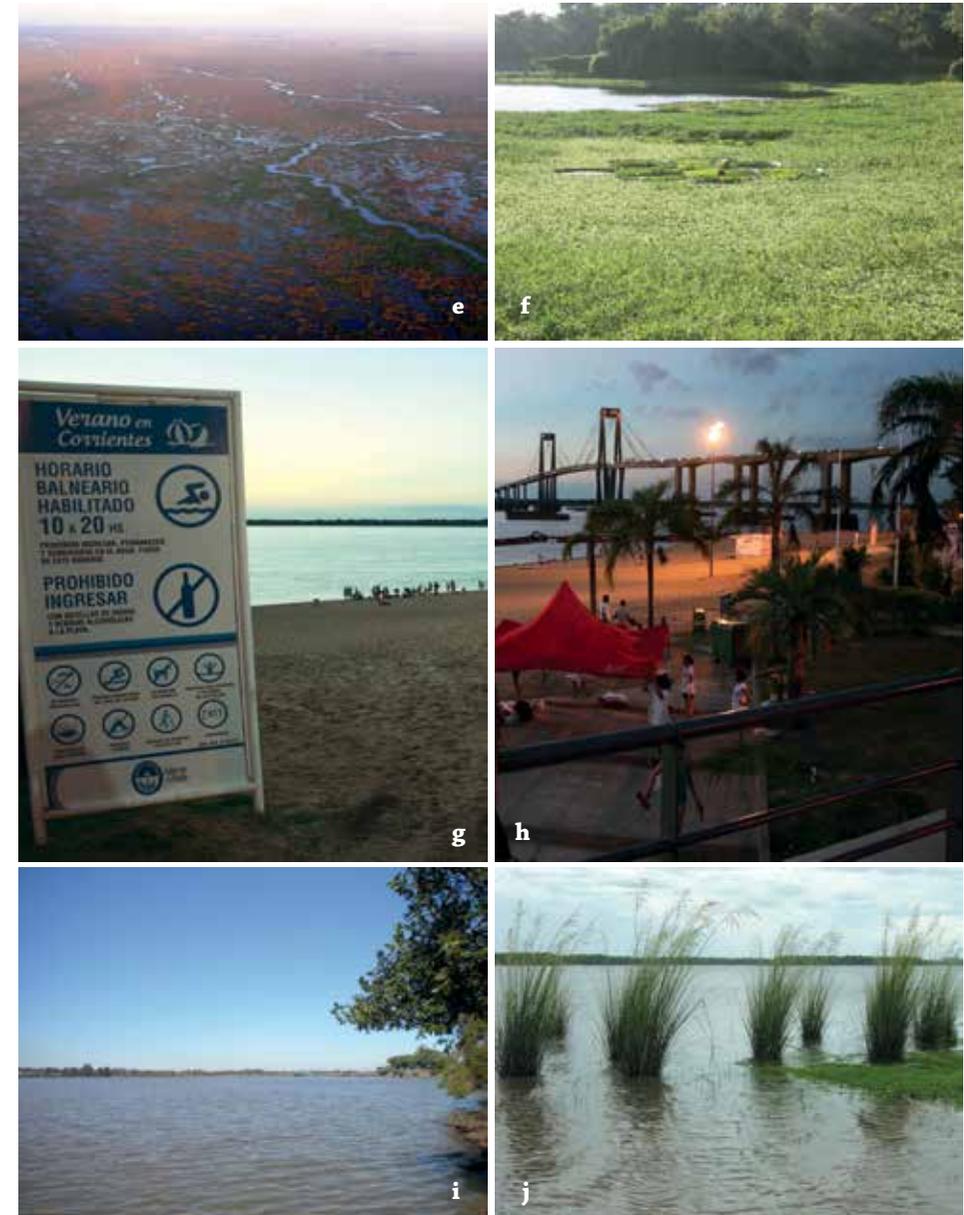
M. Jones

La biodiversidad de la cuenca del Plata se encuentra entre las más ricas del mundo debido a la heterogeneidad estacional

y espacial del ambiente (Figura 2). Esta cuenca incluye algunos de los ecosistemas acuáticos más complejos, como el mayor



Figura 2. Ambientes de la cuenca del Plata. Cataratas del Iguazú, río Iguazú. Estas cataratas forman una barrera natural poco permeable, tanto con aguas bajas (a), como con aguas altas (b), permitiendo la diferenciación de la fauna acuática aguas arriba y abajo de ellas. Abajo de las cataratas la fauna es típicamente paranaense; arriba, faltan numerosas especies paranaenses, entre ellas, la familia Potamotrygonidae. Las flechas marcan un punto de referencia para comparar las situaciones de aguas bajas y aguas altas. c-e) Los Esteros del Iberá forman un mosaico de humedales, lagunas, ríos, pastizales y bosques, con ictiofauna paranaense. Los esteros ocupan un paleocauce del río Paraná y sus aguas drenan lentamente hacia este río. f-h) El río Paraná es el mayor río de la cuenca del Plata. Posee una extensa llanura de inundación, en la que se desarrollan ambientes de aguas lénticas, como lagunas, con vegetación flotante (f). Sobre el Paraná se asientan numerosos centros urbanos, que cuentan con balnearios (g, h), en los que ocasionalmente ocurren accidentes por “picaduras” de rayas. i) Los ríos de la cuenca del Plata han sido modificados por medio de obras de infraestructura, con represas hidroeléctricas, que embalsan las aguas y afectan el pulso de inundación de los ríos. En la ilustración, detalle del lago de la represa de Salto Grande, sobre el río Uruguay. j) Llanura de inundación del río Uruguay, a la altura de Paysandú, Uruguay. Fotos: L. O. Lucifora (a, b, f-i); C. D. de Angelo (c-e), M. C. Oddone (J).



corredor de humedales fluviales tropicales y subtropicales del mundo, que corre desde el Pantanal, en la alta cuenca del río

Paraguay, hasta las planicies aluviales del Paraná medio y bajo (Peteán 2009). Otras áreas de gran complejidad ecológica son los

RAYAS DE LA CUENCA DEL PLATA

Esteros del Iberá (Argentina), que muestra grandes similitudes con el Pantanal, y la planicie de inundación del Paraná superior (Brasil). Este capítulo se focalizará en la parte baja de la cuenca, lo que excluye al tramo brasileño del alto río Paraguay, a la mayor parte del Pantanal (que se da en Brasil) y al río Paraná superior, aguas arriba de la represa de Itaipú.

Especies de rayas de la cuenca baja del Río de la Plata

En la cuenca del Plata se ha registrado la presencia de siete especies de la familia Potamotrygonidae, estas son: *Potamotrygon amandae* Loboda y Carvalho 2013; *Potamotrygon brachyura* (Günther 1880); *Potamotrygon falkneri* Castex y Maciel 1963; *Potamotrygon hystrix* (Müller y Henle 1834); *Potamotrygon motoro* (Müller y Henle 1841); *Potamotrygon pantanensis* Loboda y Carvalho 2013 y *Potamotrygon schuhmacheri* Castex 1964. Con excepción de la recientemente descrita *P. pantanensis*, de distribución aparentemente restringida al Pantanal brasileño (alta cuenca del río Paraguay) (Loboda y Carvalho 2013) y no tratada en este capítulo, el resto de las especies están más o menos ampliamente distribuidas en la cuenca baja del Plata.

Potamotrygon amandae (Figura 3a)

Hasta el momento ha sido registrada en los ríos Paraná medio y bajo, y Paraguay. También ha invadido el alto Paraná, luego de la construcción de la represa de Itaipú (Loboda y Carvalho 2013). Alcanza un tamaño mediano, de no más de 41 cm de ancho de disco.

Esta especie, a pesar de haber sido descrita recientemente, es conocida desde la década de 1960 bajo el nombre *Potamotrygon pauckei*. Loboda y Carvalho (2013), en un completo estudio anatómico y morfológico de las especies del grupo de *P. motoro*

de las subcuencas del Paraná y Paraguay, indican que *P. pauckei* es un sinónimo de *P. motoro*, ya que, de toda la serie tipo de *P. pauckei*, el lectotipo es un ejemplar de *P. motoro*, por lo que le asignan el nombre *P. amandae* a esta especie e incluyen a *P. pauckei* en la sinonimia de *P. motoro*.

Potamotrygon brachyura (Figura 3b)

Endémica de la cuenca del Plata. Se distribuye en los ríos Paraná (medio y bajo), Paraguay, Uruguay (medio y bajo), Bermejo y zonas costeras del Río de la Plata interior. Su distribución incluye al Pantanal brasileño. A diferencia de otras especies de *Potamotrygon*, esta especie parece no haber sido capaz de invadir el alto Paraná luego de la construcción de la represa de Itaipú (Lucifora *et al.* 2016).

Es la especie más grande de la familia y el elasmobranquio dulceacuícola más grande del mundo. Las hembras de *P. brachyura* llegan a superar los 200 kg y 150 cm de ancho de disco. El disco es casi perfectamente circular, de igual longitud que ancho y la cola es más corta que el disco. Para mayor detalle sobre esta especie ver Capítulo 7.

Potamotrygon falkneri (Figura 3c)

Esta especie se distribuye en los ríos Paraguay, Paraná medio y Bermejo. También está presente en la parte occidental de la cuenca amazónica. *P. falkneri* es una de las especies invasoras del alto Paraná (Garrone Neto *et al.* 2007, Júlio Júnior *et al.* 2009). Especie de tamaño mediano a grande, ya que puede alcanzar unos 18 kg y 68 cm de ancho de disco en la cuenca del Plata (Garrone Neto 2010).

Potamotrygon hystrix (Figura 3d)

Especie endémica de la cuenca del Plata. Ha sido registrada en toda la extensión del eje Paraguay-Paraná, desde el Pantanal hasta el delta del Paraná, además del

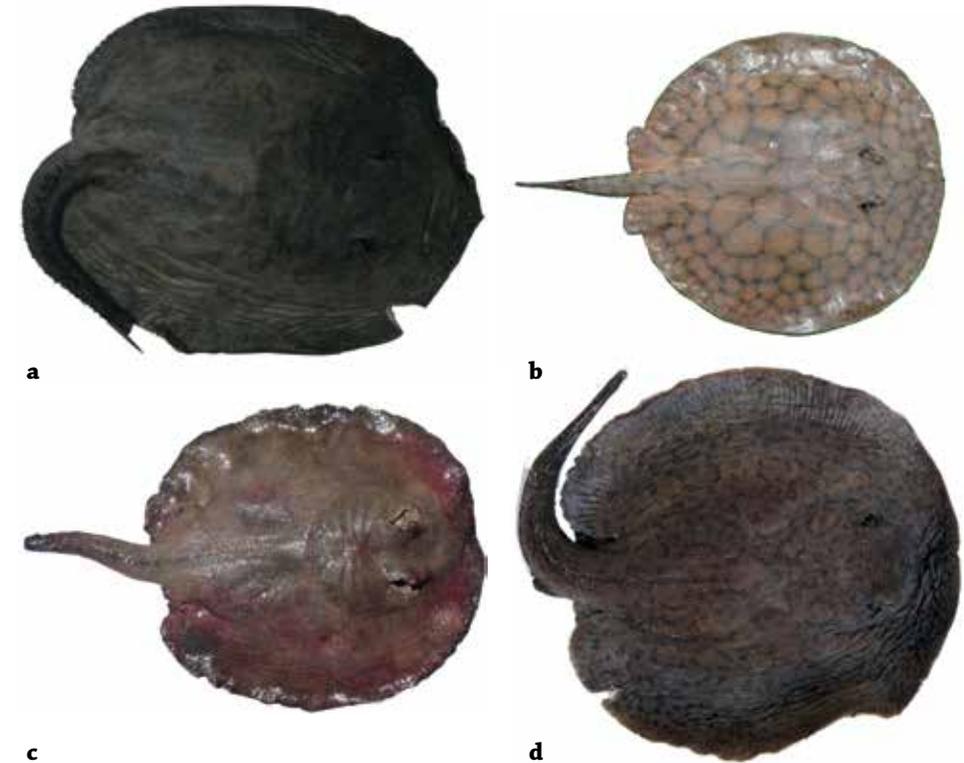


Figura 3. Rayas del río Paraná medio, Argentina: a) *Potamotrygon amandae* (AD: 30 cm); b) *Potamotrygon brachyura* (AD: 37 cm); c) *Potamotrygon falkneri* (AD: 45 cm); d) *Potamotrygon hystrix* (AD: 24 cm). Fotos: L. O. Lucifora.

Río de la Plata en las cercanías de la ciudad de Buenos Aires. Aparentemente, *P. hystrix* no ha invadido el alto Paraná, pero la fotografía de un ejemplar procedente del alto Paraná brasileño identificado como *P. schuhmacheri* por Garrone Neto y Haddad Jr. (2010) parece ser *P. hystrix* o *P. amandae*. Es una especie de tamaño pequeño a mediano, ya que no supera los 25 cm de ancho de disco máximo.

Potamotrygon motoro (Figura 4)

Es la especie más ampliamente distribuida de la familia (Loboda 2010, Loboda y

Carvalho 2013). En la cuenca del Plata está presente en la mayor parte de sus grandes ríos, incluyendo al eje Paraguay-Paraná completo, el alto Paraná, el Río de la Plata interior, el Salado del Norte inferior (Argentina), el Uruguay, el Bermejo, el Pilcomayo, y los Esteros del Iberá (Argentina). Los registros de esta especie en el alto Paraná, aguas arriba de la represa de Itaipú pueden ser referibles a *P. amandae*. *P. motoro* ha invadido exitosamente represas de otras regiones del mundo, como Singapur, adonde ha llegado como consecuencia del comercio de peces ornamentales (Ng *et al.*



M. Jones

RAYAS DE LA CUENCA DEL PLATA

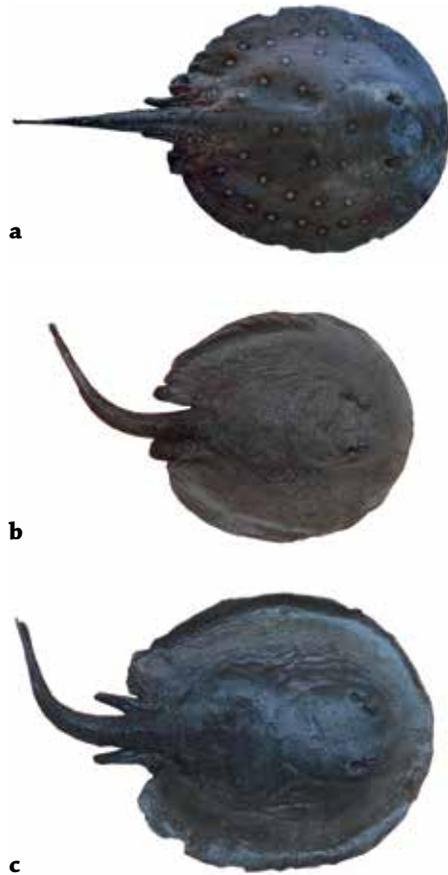


Figura 4. Diferentes patrones de coloración de *Potamotrygon motoro* del río Paraná medio, Argentina: a) ocelos tricolores (AD: ~30 cm); b) ocelos bicolors (AD: 21 cm); c) ocelos pequeños y restringidos a los márgenes del disco, dando la apariencia de coloración uniforme (AD: 20 cm). Foto: L. O. Lucifora.

2010). Especie de tamaño mediano, de no más de 49 cm de ancho de disco en la cuenca del Plata.

***Potamotrygon schuhmacheri* (Figura 5)**

Es una especie endémica de la cuenca del Plata. Los tres ejemplares conocidos provienen del río Paraná medio, en cercanías de la ciudad de Santa Fe (Argentina), que constituye su localidad tipo, y del río Paraguay, cerca de Asunción (Paraguay). De los tres ejemplares, uno de ellos, el holotipo, está muy dañado ya que sólo se conserva su arco mandibular. Los otros ejemplares conocidos, que no tienen validez como tipos, se conservan en el Museo Provincial de Ciencias Naturales “Florentino Ameghino” (Santa Fe, Argentina) y en el National Museum of Natural History (Washington, Estados Unidos). El ejemplar conservado en este último museo ha sido asignado a esta especie con algunas reservas (Rosa 1985). Es una especie de tamaño pequeño a mediano, los ejemplares conocidos no superan los 28 cm de ancho de disco.

Uso y relación con el hombre

Las rayas han tenido importancia socio-cultural para los pobladores de la cuenca del Plata desde hace siglos. Los primeros habitantes del Chaco (actual Argentina y Paraguay), usaban el aguijón caudal de las rayas (Figura 6) como punta para sus flechas; como elemento punzante en varias ceremonias de iniciación y para aliviar inflamaciones causadas por infecciones (Castex 1963b). Las rayas siempre formaron parte de la cultura popular rioplatense. La obra más célebre del escritor uruguayo Horacio Quiroga, “Cuentos de la Selva” (publicado en 1918), incluye una fábula en la que las rayas, ocupando un rol protagónico, ayudan a un hombre a ponerse a resguardo de los jaguares.

Actualmente, las rayas son, en general, vistas como un problema en gran parte de la cuenca del Plata. Esto se debe



Figura 5. Vista dorsal del holotipo de *Potamotrygon schuhmacheri* del río Paraná medio, Argentina. Ancho de disco: 23,5 cm. Foto: M. Castex (Fondo Documental del Museo Provincial de Ciencias Naturales Florentino Ameghino).



Figura 6. Detalle de la espina caudal de *Potamotrygon brachyura* del río Uruguay, Uruguay, este ejemplar contaba con dos espinas caudales. Foto: F. Teixeira de Mello.



M. Jones

principalmente a los accidentes causados por bañistas que son “picados” por las rayas cuando estos las pisan inadvertidamente. En ocasiones, cuando la afluencia de bañistas, o la densidad de rayas es alta, el número de estos accidentes puede ser alto en un corto período. Esta situación ocurrió en las ciudades de Posadas (Argentina), Concepción (Paraguay) y Rosario (Argentina), entre diciembre de 2013 y enero de 2014, cuando ocurría la ola de calor más severa registrada para Uruguay, Paraguay, el noreste de Argentina y el sur de Brasil (Barros *et al.* 2015), lo que incrementaba el uso de los balnearios.

Un interesante análisis epidemiológico de accidentes con rayas ha sido llevado a cabo por el Servicio Toxicológico del Sanatorio de Niños de Rosario (Piola 2000). Rosario es un conglomerado urbano de poco más de 1 millón de habitantes emplazado en la margen derecha del río Paraná inferior, en la provincia de Santa Fe (Argentina). La

RAYAS DE LA CUENCA DEL PLATA



M. Jones

ciudad cuenta con numerosos balnearios sobre el río Paraná, los que en verano reciben una importante afluencia de bañistas. El análisis epidemiológico realizado en 35 casos entre 1990 y 1999, muestra que la mayoría de los accidentes con rayas ocurren en primavera tardía o verano (94,2%), los fines de semana (57,2%) y entre las 16:00 y las 20:00 horas (55,9%), lo que concuerda con los momentos de mayor uso de las playas por la población humana. Además, la mayoría (37,1%) de los accidentes son varones de entre 20 y 29 años y todos los accidentes fueron en la parte inferior de las piernas o los pies. En líneas generales, estos resultados concuerdan con lo observado en el alto Paraná de Brasil, en donde también se observó una alta incidencia de accidentes en miembros inferiores de bañistas, varones menores de 30 años y en horarios de la tarde (Garrone Neto y Haddad Junior 2010).

En la cuenca del Plata las rayas son objeto de pesca comercial y recreativa. Si bien no existe una pesca de gran escala dirigida a rayas, estas son capturadas incidentalmente o en pesquerías dirigidas de menor escala. Por ejemplo, en el tramo del río Bermejo correspondiente a la provincia de Salta (Argentina), las rayas son capturadas en una pesquería comercial multiespecífica y forman parte del descarte (Regidor 2006). Las especies registradas en esa pesquería son, hasta el momento, *P. brachyura*, *P. falkneri* y una especie del grupo de *P. motoro* (Monasterio de Gonzo 2003). En el Paraná inferior existe una pesquería artesanal dirigida a rayas que utiliza como arte de pesca un espinel. Tampoco existe una pesca recreativa muy desarrollada dirigida a las rayas, pero las capturas de rayas gigantes de la especie *P. brachyura* son un factor atrayente de numerosas localidades de pesca a lo largo de los ríos Paraná

y Uruguay en Argentina (p. e. Oddone *et al.* 2009, 2012, ver Capítulo 7). La pesca de rayas de la cuenca del Plata para el comercio de peces ornamentales no alcanza los niveles de la cuenca amazónica, pero son incipientes y las rayas son comercializadas en el mercado interno y externo de peces de forma ocasional.

En algunos lugares particulares de la cuenca del Plata existen condiciones que podrían permitir el desarrollo de una industria ecoturística que incluya entre sus atractivos la posibilidad de avistar rayas o bucear con ellas. Por ejemplo, algunas localidades del Pantanal y de los esteros del Iberá tienen un nivel de transparencia de las aguas que permite la observación subacuática de peces. En esos lugares, las rayas constituyen componentes conspicuos de la megafauna. En otras regiones de la cuenca, se han observado, durante los meses estivales, agrupaciones de rayas de alrededor de 30 individuos (de *P. brachyura* y otra especie no determinada) flotando pasivamente en la superficie del agua (Chávez *et al.* 2011). Presuntamente, este comportamiento está relacionado con diferencias en el contenido de oxígeno en el agua (mayor cerca de la superficie). Estas agrupaciones se han registrado por períodos prolongados en el río Uruguay inferior, cerca de la ciudad de Gualaguaychú (Argentina). Este tipo de comportamientos de las rayas o características ambientales de lugares particulares favorecen la visibilidad de estos animales y podrían promover alternativas de uso sustentable de estas especies a través del ecoturismo, como ocurre con algunas especies de condrictios marinos.

Conservación

El estado del conocimiento ecológico de las rayas de la cuenca del Plata es muy

incompleto. Como resultado, hasta el momento, ha sido imposible evaluar el estado de conservación de cada especie. De las seis especies tratadas en este capítulo, cuatro han sido catalogadas como Datos Insuficientes (DD) por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y dos no han sido evaluadas aún. *Potamotrygon brachyura*, *P. falkneri* (evaluada separadamente como *P. falkneri* y *P. castexi*), *P. hystrix* y *P. motoro* son consideradas DD (Drioli y Chiaramonte 2005, Araújo 2009, Charvet-Almeida *et al.* 2009, Charvet-Almeida y Almeida 2009, Soto *et al.* 2009), mientras que *P. amandae* y *P. schuhmacheri* no fueron evaluadas. A pesar de esta falta de datos, la UICN sugiere que la mayor amenaza para las cuatro especies evaluadas podría ser la pérdida de hábitat, ya sea por desarrollo de infraestructura (represas hidroeléctricas, canalización, construcción de puertos) o contaminación y degradación del hábitat por agricultura y urbanización, mientras que la explotación pesquera, para consumo o acuarismo, aparece como otra amenaza potencial (Drioli y Chiaramonte 2005, Araújo 2009, Charvet-Almeida *et al.* 2009, Charvet-Almeida y Almeida 2009, Soto *et al.* 2009). Otras evaluaciones del estado de conservación sobre los peces de la cuenca del Plata que se han llevado a cabo independientemente de las evaluaciones de la UICN, han llegado a la misma conclusión: la información existente sobre las rayas de la cuenca es escasa como para determinar su estado de conservación (Peteán 2009, Baigún *et al.* 2012). En otra evaluación restringida a las especies de Argentina (Chebez *et al.* 2009), *P. falkneri* y *P. schuhmacheri* fueron consideradas “raras”, mientras que *P. hystrix* y *P. motoro* fueron categorizadas como “indeterminadas” y el resto de las especies no fue evaluado. A pesar de la falta general de datos ecológicos que permitan establecer

con certeza el estado de conservación de las rayas de la cuenca del Plata, las dos especies de la familia Potamotrygonidae registradas en Uruguay, *P. brachyura* y *P. motoro*, han sido designadas como especies prioritarias para la conservación por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) de ese país (Loureiro *et al.* 2013). En Brasil, el Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, dependiente del Ministério do Meio Ambiente, evaluó las especies de *Potamotrygon* presentes en la cuenca del Plata, con excepción de *P. amandae* y *P. pantanensis*. Según esta evaluación, *P. falkneri* y *P. motoro* son categorizadas como de Preocupación Menor, mientras que *P. brachyura*, *P. hystrix* y *P. schuhmacheri* son consideradas Datos Insuficientes.

Una aproximación que permite cuantificar la exposición potencial de una especie a determinadas amenazas es evaluar el grado de solapamiento entre la distribución geográfica de la especie y diferentes niveles de esas amenazas. El desarrollo de técnicas de estimación de la distribución geográfica a través de diferentes tipos de modelos estadísticos y la creciente disponibilidad de datos georreferenciados de sistemas de información geográfica, han permitido aplicar esta estrategia a una especie: *P. brachyura* (Lucifora *et al.* 2016). En este caso, a partir de datos georreferenciados de presencia de la especie y predictores ambientales se estimó su distribución geográfica potencial y se determinaron las principales variables que determinan su distribución. Luego, se evaluó el grado de solapamiento entre la distribución geográfica potencial obtenida y la distribución espacial de diferentes niveles de dos de las amenazas potenciales identificadas en evaluaciones anteriores. Los resultados obtenidos indican que, en las subcuencas

RAYAS DE LA CUENCA DEL PLATA

de los ríos Paraná, Paraguay y Uruguay, la distribución de *P. brachyura* se solapa apenas en un 7% con altos niveles de modificación de hábitat, pero el solapamiento con altos niveles de pesca es del 59%. Esto indica que, al presente, la pesca podría ser una amenaza mayor que la pérdida de hábitat en casi toda el área de distribución de la especie. Por otra parte, en el Río de la Plata, el solapamiento con altos niveles de modificación de hábitat llega al 41%. Además, uno de los principales determinantes de la distribución geográfica de *P. brachyura* fue la presencia de aguas fluyentes, en contraposición a aguas quietas, lo que sugiere que la construcción de represas, que transforman un ambiente lótico en uno léntico, afectaría negativamente a esta especie.

Es altamente probable que el riesgo de extinción de las rayas de la cuenca del Plata varíe entre especies. Existen varias líneas de evidencia circunstancial que permiten hipotetizar esas diferencias interespecíficas en el riesgo de extinción. En primer lugar, la relación positiva que existe entre el riesgo de extinción y tamaño corporal en condrictios (Dulvy *et al.* 2000, Field *et al.* 2009, Hutchings *et al.* 2012), resulta en un mayor riesgo de extinción en las especies mayores, lo que predice que *P. brachyura* podría ser la especie de mayor riesgo de extinción de la cuenca del Plata. En segundo lugar, la rareza natural de algunas especies indica que sus poblaciones pueden ser pequeñas, lo que también las hace más vulnerables (Field *et al.* 2009). Esto predice que *P. schuhmacheri*, de ser una especie válida, podría también tener un elevado riesgo de extinción. Por otro lado, hay evidencia empírica que indica que algunas especies, como *P. motoro*, son altamente invasoras y establecen poblaciones viables en cortos períodos de tiempo en las áreas

que invaden (Garrone Neto *et al.* 2007, Ng *et al.* 2010), lo que sugiere que estas especies deberían tener un riesgo de extinción mínimo. La evidencia empírica también indica que algunas especies desarrollan poblaciones viables en embalses de represas, como *P. motoro* en Yacyretá (Argentina/Paraguay) mientras que otras especies se encuentran negativamente asociadas a variables típicas de embalses (como agua quieta) o han sido incapaces de colonizar esos embalses, como *P. brachyura* (Lucifora *et al.* 2016).

Direcciones futuras

A pesar de que las rayas de la cuenca del Plata fueron objeto de estudios pioneros sobre la biología de la familia Potamotrygonidae durante la década de 1960, el conocimiento biológico actual de las rayas parano-platenses es fragmentario. Aún se desconocen aspectos básicos de la biología de estas especies, como distribución geográfica y taxonomía. A continuación, se enumeran las áreas que, a criterio de los autores, deberían priorizarse en la investigación biológica de la familia Potamotrygonidae en la cuenca del Plata.

1. Taxonomía. Si bien investigaciones recientes hicieron un aporte sustancial a la clarificación de la identidad específica de algunas formas presentes en la cuenca, como *P. amandae*, *P. motoro*, *P. pantanensis* (Loboda y Carvalho 2013) y *P. falkneri* (da Silva y Carvalho 2011), aún existen interrogantes taxonómicos. Entre ellos, la validez de *P. schuhmacheri* y su relación con *P. hystrix* (Rosa *et al.* 2010) y la identidad específica de especímenes que parecen no corresponder a ninguna de las especies conocidas (ver Almirón *et al.* 2015). Además, hay regiones poco exploradas en lo

concerniente a la composición específica de rayas, como el alto río Uruguay, los grandes ríos chaqueños (Bermejo y Pilcomayo) (Neris *et al.* 2010) y el río Paraguay medio y bajo. La exploración de estas regiones permitirá estimar con mayor precisión, la distribución geográfica de todas las especies y el descubrimiento de especies desconocidas, en caso que las hubiera. Por otra parte, es aconsejable que exista una evaluación sistemática de todas las especies de la cuenca del Plata, usando caracteres morfológicos y genéticos en forma coordinada. Esta estrategia ha sido exitosa en la resolución taxonómica de otros grupos de condrictios con serias inconsistencias taxonómicas (White y Last 2012).

2. Estimación de parámetros de historia de vida. La estimación de estos parámetros es crucial para lograr un mejor entendimiento de la dinámica poblacional de una especie y una estimación adecuada de la productividad biológica (y consiguientemente, su riesgo de extinción) de una población. Estos parámetros incluyen tamaño al nacer, tamaño y edad de madurez sexual de ambos sexos, duración del ciclo reproductivo femenino (esto es, tiempo transcurrido entre partos sucesivos), longevidad, ciclo reproductivo anual (esto es, época de apareamiento, de nacimiento), y fecundidad anual, entre otras. Estos parámetros, usados en conjunto con parámetros poblacionales, como tasas de supervivencia específicas por edad o estadio, permiten cuantificar la tasa de crecimiento poblacional y saber si la población crece o decrece. El único conocimiento sobre historia de vida que existe actualmente es de la década de 1970 (Martínez Achenbach

y Valentinis de Martínez Achenbach 1976), y no existe la certeza de que esa información sea especie-específica, especialmente para las especies oceladas (*P. motoro* y *P. amandae*), que solían ser confundidas.

3. Diferenciación poblacional. Este es un aspecto que nunca ha sido explorado en la biología de la familia Potamotrygonidae de la cuenca del Plata. Sin embargo, dentro del contexto actual de creciente presión antrópica sobre los ambientes dulceacuícolas, es fundamental conocer el grado de estructura poblacional que tiene una especie. Especies con mayor diferenciación poblacional deben ser administradas con medidas específicas para cada una de las poblaciones regionales. Especies panmícticas (es decir, con baja o nula diferenciación poblacional) implican administración teniendo en cuenta presiones antrópicas en áreas más amplias. El grado de estructuración poblacional puede estimarse usando marcadores genéticos adecuados.

4. Dispersión, migraciones y uso de hábitat. Este es un aspecto relacionado con el punto anterior: especies con mayor estructuración poblacional suelen tener menores tasas de movimiento. La evidencia actual indica que los grandes peces migratorios de la cuenca del Plata, como el sábalo, *Prochilodus lineatus* (Valenciennes 1837), el dorado, *Salminus brasiliensis* (Cuvier 1816), y los surubies, *Pseudoplatystoma* spp, han sido afectados negativamente por la construcción de grandes represas, que se interponen en sus rutas migratorias (Baigún *et al.* 2011, Teixeira de Mello *et al.* 2011a, Serra *et al.* 2014). No existe información disponible sobre



M. Jones

RAYAS DE LA CUENCA DEL PLATA

movimientos migratorios o patrones de dispersión de rayas de la cuenca del Plata. Esta información podría obtenerse mediante estudios de marcado. Además de permitir la evaluación de barreras antrópicas, estos estudios permitirían evaluar hipótesis de permeabilidad de barreras naturales, como las Cataratas del Iguazú (Argentina/Brasil) (Menni 2004). También es importante determinar diferencias ontogenéticas y por sexos en la distribución y el uso de hábitat. La principal evidencia de diferencias ontogenéticas en el uso de hábitat proviene de *P. falkneri* y *P. motoro* en la recientemente invadida región del alto Paraná brasileño. En esa región, los juveniles usan ambientes más costeros y someros que los adultos, tanto en ríos como en lagunas de la planicie de inundación del río Paraná (Garro-ne Neto y Uieda 2012). En la cuenca baja del Plata no hay estudios sobre este tema, pero hay alguna evidencia de que juveniles de *P. brachyura* utilizan arroyos y pequeños cursos de agua afluentes del Río de la Plata (como el río San Juan, Colonia, Uruguay), a diferencia de los adultos (Teixeira de Mello *et al.* 2011b).

5. Determinación de tendencias poblacionales. La forma más directa de evaluar el estado de una población es estimar la tendencia que tiene en el tiempo, tendencias estables o crecientes indican situaciones de poca vulnerabilidad, dadas las condiciones; tendencias decrecientes indican una población que disminuye su población y, según la magnitud del decrecimiento, puede representar un riesgo de extinción más o menos inmediato. En principio, la disponibilidad de series temporales de abundancia

suficientemente largas y con una adecuada identificación específica, como para estimar tendencias especie-específicas parece ser un problema. Sin embargo, el uso de datos no tradicionales puede permitir la evaluación de tendencias poblacionales, como se ha evidenciado con condrictios marinos (Barbini *et al.* 2015).

- 6. Evaluación del estado de conservación.** Una completa evaluación del estado de conservación de una especie debe contar, además de con un diagnóstico de la tendencia poblacional, con la identificación de las principales amenazas realizadas y potenciales a la especie. Para ello, es crucial cuantificar niveles de mortalidad por pesca (dirigida, incidental y por descarte) por especie, además de evaluar el impacto que la modificación y pérdida de hábitat tiene sobre las distintas especies de rayas de la cuenca del Plata.
- 7. Rol ecológico.** Es muy poco lo que se sabe sobre las interacciones biológicas que involucran a las rayas dulceacuícolas y a los elasmobranquios dulceacuícolas en general. En general, los condrictios tienen un rol ecológico mediado por sus relaciones tróficas. En principio, no existe ningún análisis cuantitativo de la dieta de ninguna especie de la cuenca del Plata en su área de distribución original, a diferencia de lo que sí ocurre en el caso de especies de otras cuencas. Los únicos antecedentes son análisis de contenidos estomacales realizado en el alto Paraná con *P. motoro* y *P. falkneri* (Lonardoni *et al.* 2006, Silva y Uieda 2007). El conocimiento cuantitativo de la dieta es un primer paso; el objetivo siguiente es evaluar el efecto de las rayas como depredadores sobre la comunidad de presas identificadas,

idealmente, a través de análisis experimentales. Por otro lado, este análisis debe complementarse con un análisis de las rayas como presas, de lo que no hay ningún antecedente en la cuenca del Plata.

- 8. Patrones espaciales de diversidad y endemismo.** La identificación de áreas de alta diversidad y endemismo permitirá evaluar la estructura biogeográfica de la cuenca del Plata en lo concerniente a la familia Potamotrygonidae. De esta manera se podrán identificar áreas caracterizadas por la presencia de determinadas combinaciones de especies, lo que permitirá determinar unidades biogeográficas.
- 9. Áreas prioritarias para la conservación.** Para determinar áreas prioritarias de conservación es necesario, idealmente, tener información de distribución de abundancia de cada especie, distribución espacial de diversidad y endemismo, y distribución espacial de las amenazas significativas para las rayas. Claramente, esta es una tarea integrativa que utiliza información de todos los puntos anteriores. Obtener esta información y aplicarla para asegurar la conservación y el uso sustentable de las rayas de la cuenca del Plata es el desafío que hay por delante.

Bibliografía

- Almirón, A., J. Casciotta, L. Ciotek y P. Giorgis. 2015. Guía de los peces del Parque Nacional Pre-Delta. Administración de Parques Nacionales, Buenos Aires. 299 pp.
- Araújo, M. L. G. de. 2009. *Potamotrygon falkneri*. The IUCN Red List of Threatened Species 2009: e.T161353A5404947. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2009-2.RLTS.T161353A5404947>.
- Baigún, C. R. M., N. Oldani y P. A. Van Damme. 2011. Represas hidroeléctricas en



M. Jones

América Latina y su impacto sobre la ictiofauna: lecciones aprendidas. Pp. 397-416. En: Van Damme, P. A., F. M. Carvajal-Vallejos y J. Molina (Eds.). Los peces y delfines de la Amazonía Boliviana: hábitats, potencialidades y amenazas. Editorial Inia, Cochabamba.

- Baigún, C. R. M., D. Colautti, H. L. López, P. A. Van Damme y R. E. Reis. 2012. Application of extinction risk and conservation criteria for assessing fish species in the lower La Plata River basin, South America. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 22: 181-197.
- Barbini, S. A., L. O. Lucifora y D. E. Figueroa. 2015. Using opportunistic records from a recreational fishing magazine to assess population trends of sharks. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 72: 1853-1859.
- Barros, V. R., J. A. Boninsegna, I. A. Camilloni, M. Chidiak, G. O. Magrín y M. Rusticcucci. 2015. Climate change in Argentina: trends, projections, impacts and adaptation. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* 6: 151-169.
- Castello, H. P. y D. R. Yagolkowski. 1969. *Potamotrygon castexi* n. sp., una nueva especie de raya de agua dulce del Río Paraná. *Acta Scientifica* 6: 1-21.
- Castex, M. N. 1963a. Observaciones sobre la raya de río *Potamotrygon motoro* (Müller y Henle). *Comunicaciones del Museo Argentino de Ciencias Naturales (Hidrobiología)* 1: 7-17.
- Castex, M. N. 1963b. La raya fluvial: notas histórico-geográficas. Editorial Castellví, Santa Fe. 119 pp.
- Castex, M. N. 1964. Estado actual de los estudios sobre la raya fluvial neotropical. *Revista del Museo Provincial de Ciencias Naturales "Florentino Ameghino"*, número especial del cincuentenario: 9-49.
- Castex, M. N. 1965. Notas acerca de *Potamotrygon hystrix* y del *Potamotrygon falkneri* en la Cuenca del Plata. *Comunicaciones del Museo Argentino de Ciencias Naturales (Hidrobiología)* 1: 41-46.
- Baigún, C. R. M., N. Oldani y P. A. Van Damme. 2011. Represas hidroeléctricas en

RAYAS DE LA CUENCA DEL PLATA



M. Jones

- Garman, 1877 (Chondrichthyes, Potamotrygonidae). *Physis* 26: 493-496.
- Castex, M. N. 1967b. Observaciones en torno a las formaciones estelares que recubren el dorso de algunas especies de rayas de agua dulce. *Physis* 26: 485-491.
 - Charvet-Almeida, P. y M. P. de Almeida. 2009. *Potamotrygon castexi*. The IUCN Red List of Threatened Species 2009: e.T161572A5454975. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2009-2.RLTS.T161572A5454975>.
 - Charvet-Almeida, P., J. M. R. Soto y M. P. de Almeida. 2009. *Potamotrygon brachyura*. The IUCN Red List of Threatened Species 2009: e.T161687A5480430. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2009-2.RLTS.T161687A5480430>.
 - Chávez, E., E. Borro, A. Casella y R. Rivollier. 2011. Presencia de *Potamotrygon* sp. en la laguna interna del A. N. P. "Isla Banco de la Inés". Agrupación de Guardafaunas y Guías Ambientales Río Uruguay, Informe Especial.
 - Chebez, J. C., H. L. López y J. Athor. 2009. Peces de agua dulce amenazados de la Argentina. Pp. 32-54. *En*: Chebez, J. C. (Ed.). Otros que se van. Editorial Albatros, Buenos Aires.
 - da Silva, J. P. C. B. y M. R. de Carvalho. 2011. A taxonomic and morphological re-description of *Potamotrygon falkneri* Castex y Maciel, 1963 (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Potamotrygonidae). *Neotropical Ichthyology* 9: 209-232.
 - Drioli, M. y G. Chiaramonte. 2005. *Potamotrygon motoro*. The IUCN Red List of Threatened Species 2005: e.T39404A10226461. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2005.RLTS.T39404A10226461>.
 - Dulvy, N. K., J. D. Metcalfe, J. Glanville, M. G. Pawson y J. D. Reynolds. 2000. Fishery stability, local extinctions, and shifts in community structure in skates. *Conservation Biology* 14: 283-293.
 - Field, I. C., M. G. Meekan, R. C. Buckworth y C. J. A. Bradshaw. 2009. Susceptibility of sharks, rays and chimaeras to global extinction. *Advances in Marine Biology* 56: 275-363.
 - Garrone Neto, D. 2010. Considerações sobre a reprodução de duas espécies de raiais (Myliobatiformes, Potamotrygonidae) na região do Alto Rio Paraná, Sudeste do Brasil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 5: 101-111.
 - Garrone Neto, D. y V. Haddad Jr. 2010. Arraiais em rios da região Sudeste do Brasil: locais de ocorrência e impactos sobre a população. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* 43: 82-88.
 - Garrone Neto, D. y V. S. Uieda. 2012. Activity and habitat use of two species of stingrays (Myliobatiformes: Potamotrygonidae) in the upper Paraná River basin, Southeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology* 10: 81-88.
 - Garrone Neto, D., V. Haddad Jr., M. J. A. Vilela y V. S. Uieda. 2007. Registro de ocorrência de duas espécies de potamotrygonídeos na região do Alto Rio Paraná e algumas considerações sobre sua biologia. *Biota Neotropica* 7: bn00707012007.
 - Hutchings, J. A., R. A. Myers, V. B. García, L. O. Lucifora y A. Kuparinen. 2012. Life-history correlates of extinction risk and recovery potential. *Ecological Applications* 22: 1061-1067.
 - Júlio Júnior, H. F., C. D. Tós, A. A. Agostinho y C. S. Pavanelli. 2009. A massive invasion of fish species after eliminating a natural barrier in the upper rio Paraná basin. *Neotropical Ichthyology* 7: 709-718.
 - Loboda, T. S. 2010. Revisão taxonômica e morfológica de *Potamotrygon motoro* (Müller y Henle, 1841) na bacia Amazônica (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Potamotrygonidae). Tesis de Maestría, Universidade de São Paulo. 306 pp.
 - Loboda, T. S. y M. R. de Carvalho. 2013. Systematic revision of the *Potamotrygon motoro* (Müller y Henle, 1841) species complex in the Paraná-Paraguay basin, with description of two new ocellated species (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Potamotrygonidae). *Neotropical Ichthyology* 11: 693-737.
 - Lonardoní, A. P., E. Goulart, E. F. de Oliveira y M. C. F. Abelha. 2006. Hábitos alimentares e sobreposição trófica das raiais *Potamotrygon falkneri* e *Potamotrygon motoro* (Chondrichthyes, Potamotrygonidae) na planície alagável do alto rio Paraná, Brasil. *Acta Scientiarum Biological Sciences* 28: 195-202.
 - Loureiro, M., M. Zarucki, I. González, N. Vidal y G. Fabiano. 2013. Peces continentales. Pp. 91-112. *En*: Soutullo, A., C. Clavijo y J. A. Martínez-Lanfranco (Eds.). Especies prioritarias para la conservación en Uruguay. Vertebrados, Moluscos Continentales y Plantas Vasculares. Sistema Nacional de Áreas Protegidas, Montevideo.
 - Lucifora, L. O., S. A. Barbini, S. Llamazares Vegh, P. A. Scarabotti, F. Vargas, A. Solari, E. Mabragna y J. M. Díaz de Astarloa. 2016. Geographic distribution of the short-tailed river stingray (*Potamotrygon brachyura*): assessing habitat loss and fishing as threats to the world's largest obligate freshwater elasmobranch. *Marine and Freshwater Research* 67: 1463-1478.
 - Martínez Achenbach, G. y S. Valentinis de Martínez Achenbach. 1976. Notas acerca de algunas especies de "raya fluvial" (Batoidei, Potamotrygonidae), que frecuentan el sistema hidrográfico del río Paraná medio en el Departamento La Capital (Santa Fe-Argentina). *Comunicaciones del Museo Provincial de Ciencias Naturales "Florentino Ameghino"* 8: 1-34.
 - Menni, R. C. 2004. Peces y ambientes en la Argentina continental. *Monografías del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 5: 1-316.
 - Monasterio de Gonzo, G. 2003. Peces de los ríos Bermejo, Juramento y cuencas endorreicas de la Provincia de Salta. Museo de Ciencias Naturales y Consejo de Investigación Universidad Nacional de Salta, Salta. 243 pp.
 - Neris, N., F. Villalba, D. Kamada y S. Viré. 2010. Guía de peces del Paraguay. Zamphipolos, Asunción. 299 pp.
 - Ng, H. H., H. H. Tan, D. C. J. Yeo y P. K. L. Ng. 2010. Stingers in a strange land: South American freshwater stingrays (Potamotrygonidae) in Singapore. *Biological Invasions* 12: 2385-2388.
 - Oddone, M. C., G. Velasco y P. Charvet. 2012. Record of the freshwater stingrays *Potamotrygon brachyura* and *P. motoro* (Chondrichthyes, Potamotrygonidae) in the lower Uruguay River, South America. *Acta Amazonica* 42: 299-304.
 - Oddone, M. C., G. Velasco y G. Rincon. 2008. Occurrence of freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) in the Uruguay River and its tributaries, Uruguay, South America. *Aqua* 14: 69-76.
 - Peteán, J. 2009. Aspectos biológicos. Pp. 15-46. *En*: Capatto, J. y A. Yanosky. (Eds.). Uso sostenible de peces en la Cuenca del Plata. Evaluación subregional del estado de amenaza, Argentina y Paraguay. UICN, Gland.
 - Piola, J. C. 2000. Accidentes por rayas en Rosario, 1990-1999. *Apuntes y Monografías, Servicio Toxicológico del Sanatorio de Niños de Rosario*. (<http://www.sertox.com.ar/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=254>).
 - Regidor, H. A. 2006. Sustentabilidad de la pesquería artesanal del río Bermejo. *Pro-Biota, Serie Documentos* 4: 1-90.
 - Rosa, R. S. 1985. A systematic revision of the South American freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). Tesis Doctoral, College of William and Mary. 523 pp.
 - Rosa, R. S., P. Charvet-Almeida y C. C. D. Quijada. 2010. Biology of the South American potamotrygonid stingrays. Pp. 241-281. *En*: Carrier, J. C., J. A. Musick y M. R. Heithaus. (Eds.). Sharks and their Relatives II: Biodiversity, Adaptive Physiology and Conservation. CRC Press, Boca Raton.
 - Serra, S., J. Bessonart, F. Teixeira de Mello, A. Duarte, L. Malabarba y M. Loureiro. 2014. Peces del Río Negro. Dirección Nacional de Recursos Acuáticos, Montevideo. 208 pp.
 - Silva, T. S. y V. S. Uieda. 2007. Preliminary data on the feeding habits of the freshwater stingrays *Potamotrygon falkneri* and *Potamotrygon motoro* (Potamotrygonidae) from the Upper Paraná River basin, Brazil. *Biota Neotropica* 7: bn02007012007.
 - Soto, J. M. R., P. Charvet-Almeida y M. P. de Almeida. 2009. *Potamotrygon hystrix*. The IUCN Red List of Threatened Species

RAYAS DE LA CUENCA DEL PLATA

2009: e.T161657A5474126. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2009-2.RLTS.T161657A5474126>.

- Teixeira de Mello, F., I. González-Bergonzoni y M. Loureiro. 2011a. Peces de agua dulce del Uruguay. Proyecto Producción Responsable - Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Montevideo. 188 pp.
- Teixeira de Mello, F., S. Serra, N. Vidal, I. González-Bergonzoni, A. D'Anatro, M. Loureiro, M.C. Oddone, G. Velasco, P. Charvet y W. Norbis. 2011b. New records of the giant freshwater stingray *Potamotrygon brachyura* (Günther, 1880) (Myliobatoidei: Potamotrygonidae) in the lower Uruguay River (Uruguay). *En: Resumos do VII Encontro da Sociedade Brasileira para o Estudo de Elasmobrânquios*. Rio Grande, Brasil.
- White, W. T. y P. R. Last. 2012. A review of the taxonomy of chondrichthyan fishes: a modern perspective. *Journal of Fish Biology* 80: 901-917.





Potamotrygon brachyura del delta del Paraná. Foto: S. Bogan.

H. Castello



7. LA RAYA GIGANTE O RAYA BOBA, *Potamotrygon brachyura* (GÜNTHER 1880) DEL RÍO PARANÁ MEDIO Y OTROS RÍOS DEL CONO SUR

Hugo Patricio Castello y Mark Jones

Resumen

La raya gigante o raya boba, *Potamotrygon brachyura*, está ampliamente distribuida en los ríos Paraná y Uruguay Medio, los ríos Cuiabá (Brasil), Paraguay, y con menor frecuencia en los ríos Bermejo y La Plata. Es conocida fundamentalmente gracias a las capturas de los pescadores artesanales y deportivos. Alcanza 220 kg y un ancho disco superior a 1,5 m, siendo la raya de agua dulce más grande en el mundo. De más de 100 registros conocidos, sólo nueve especímenes fueron registrados con pesos entre 150 y 220 kg. Su carne es altamente apreciada por las poblaciones locales del río y entre los pescadores deportivos. Existen dos firmas comerciales en los puertos de Rosario y Bella Vista a lo largo del río Paraná dedicadas a la promoción de su pesca recreativa. Las hembras gestantes han sido reportadas en febrero, pudiendo parir entre 8 y 30 crías. Se describe el polimorfismo y policromía en esta especie, especialmente a lo largo del río Uruguay inferior y medio, áreas que

deben ser prospectadas en búsqueda de posibles nuevas variaciones geográficas y/o especies. Las cataratas de Moconá en el río Uruguay y las presas hidroeléctricas de Itaipú, junto con las presas de Salto Grande y Yacyretá representan serios obstáculos para su dispersión. La especie es objeto de comercial ilegal por su carne.

Palabras clave. Pesca deportiva. Policromía. Polimorfismo. Recurso pesquero.

Introducción

La raya gigante o raya boba es una especie endémica de los ríos Paraná, Uruguay, de La Plata, Bermejo, Paraguay y Cuiabá (Brasil), donde es relativamente común pero poco estudiada. También se conoce con el nombre de chucho o raya fina, y en guaraní como, Yaveyih, Yabebí y Yavevy. Sus grandes dimensiones y peso corporal elevado han contribuido a que los especímenes de gran porte no sean conservados en las colecciones científicas de los museos provinciales, nacionales o internacionales, y que

RAYA GIGANTE O BOBA

a su vez que no haya podido ser estudiada por los ictiólogos. En comparación con la raya de ocelos, *Potamotrygon motoro*, que es más abundante y alcanza tamaños y pesos menores, la biología de *P. brachyura* permanece casi desconocida para los científicos y aficionados a la pesca deportiva. A ello se suma el hecho de que muchos pescadores deportivos que consumen su carne fresca al pescarla en forma inesperada y al no poder disponer de balanzas y de cinta métrica para pesarla y medirla correctamente, los datos de tamaño y peso que mencionan o reseñan posteriormente en diferentes medios, no son los apropiados. Los autores del presente capítulo, intuyen que salvo algunas excepciones, gran parte de la información sobre talla y pesos mencionadas para esta especie y que está disponible en los periódicos de noticias que publican las fotos de las rayas capturadas por pescadores deportivos, o bien adolece de tallas o se trata de meras estimaciones, siendo por lo general exageradas.

Ya desde la época de la colonización española existían numerosos relatos sobre la raya de río, su espina venenosa y las heridas que causaba, en especial en los ríos de la actual República del Paraguay (Castex 1963). Uno de los autores tuvo oportunidad de observar hace cuatro décadas un ejemplar "empajado" de 1,1 m de ancho de disco-AD (Castello obs. pers.), exhibido en el actual Museo de Ciencias Naturales de Asunción del Paraguay.

El estudio de las rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) del río Paraná tuvo un impulso considerable con los numerosos estudios llevados a cabo por el Dr. Mariano N. Castex durante el período 1961-1972, quien publicó más de 35 artículos científicos sobre las rayas de agua dulce (López y Ponte 2013). Desde entonces los estudios

de especies de rayas de los ríos Paraná, del Plata y Uruguay no fueron retomados, salvo los trabajos recientes de Lucifora *et al.* (2016), y en particular, la raya boba o raya gigante, *Potamotrygon brachyura*, no ha sido colectada ni estudiada en detalle a pesar de tratarse de una especie comúnmente capturada por los pescadores deportivos y artesanales de los ríos Paraná medio y Uruguay.

Aspectos taxonómicos

Holotipo

Localidad típica: Río de la Plata, frente a la ciudad de Buenos Aires. Está depositado en la colección del British Museum (Natural History), bajo el número 1879 2.12.4. Fue descrito por Günther (1880) en base a una hembra de 25,4 cm LD; 30,5 cm AD y una cola de 22 cm, colectada en 1879 por Mr. E. White en la costa del Río de la Plata, frente a la ciudad de Buenos Aires. En la radiografía del tipo (Figura 1) se puede observar que el filamento caudal detrás de la púa venenosa aun persiste, lo que permite pensar que el holotipo es un ejemplar recién nacido o abortado.

Castex (com. pers.) manifiesta su duda sobre la designación en latín de la especie, ya que *Potamotrygon* si es femenino postula el nombre *brachyura* y si es masculino *brachyurus* (a no ser que se la considere dentro de la cuarta declinación). Mariano Castex aconsejaría atenerse a la misma, ya que Günther, el creador de la especie, la describió como *Trygon brachyurus*.

Potamotrygon brumi (Devincenzi y Teague 1942) del río Uruguay medio, fue descrita sin que el autor revisara el holotipo de la colección del British Museum of Natural History. El ejemplar tiene la típica coloración de *P. brachyurus* y un disco casi cilíndrico (Figura 2).



V. Flores

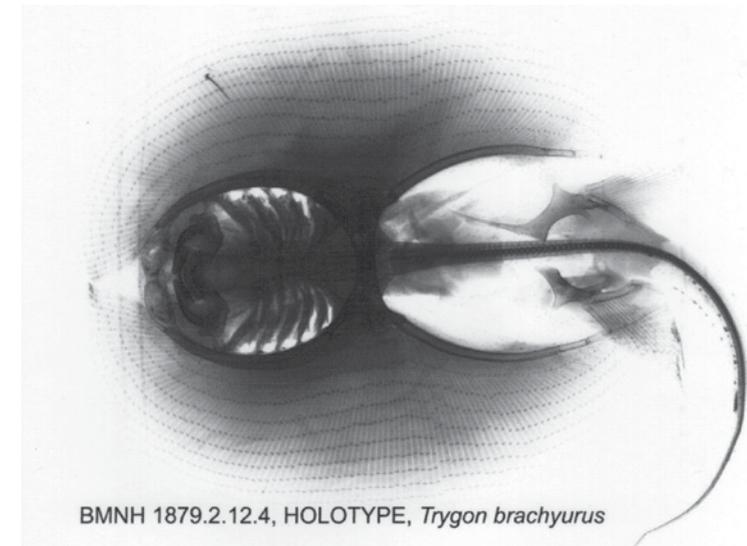


Figura 1. Radiografía del holotipo (1879.2.12.4) de *Trygon brachyurus* de la colección del British Natural History Museum. Fuente: B.M.N.H. Data portal.

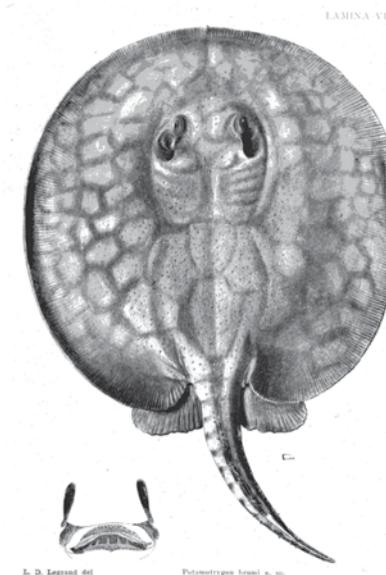


Figura 2. Ejemplar tipo de *Potamotrygon brumi*. Fuente: Devincenzi y Teague (1942).

Castex y Maciel (1965a) al lograr fotografiar el holotipo de Günther y compararlo con dos ejemplares que habían colectado en el arroyo Luciano y el río Colastiné, frente al puerto de Santa Fé, Paraná medio, pasaron *P. brumi* a la sinonimia de *P. brachyura*. De esta especie se dibujaron las formaciones estelares de denticulos dérmicos y se publicó un diseño en acuarela (Figura 3) que se reproduce en Castex (1967a), quien también presentó un dibujo con la frecuencia con que se presentan en un cuadrado de 25 cm².

También describió y fotografió las placas dentarias de machos y hembras de esta especie como planos, perfectamente aislados y con forma circular u oval, constituyendo un conjunto armonioso y equilibrado (Castex 1967b). Anteriormente los había descrito como dispuestos en pavimento, iguales en el maxilar inferior pero

RAYA GIGANTE O BOBA

desigual a los lados en el maxilar superior, franqueado, no siempre, a los lados por una doble hilera de dientes de mayor tamaño (Castex 1966).

Distribución geográfica

Es endémica de las cuencas de los ríos del Plata, Paraná bajo y medio, Uruguay bajo y medio, Bermejo (NE de Argentina) y del río Paraguay en la región central del Paraguay hasta Cuiabá, alcanzando el Pantanal de Mato Grosso del Sur (Brasil) (Lucifora *et al.* 2016). También está presente en el Uruguay inferior y medio (Estado de Río Grande do Sul, Brasil). En los meses de primavera y verano se la puede pescar en la región costera del Río de la Plata. En este capítulo se añaden tres registros a su distribución conocida en el río Bermejo (Provincia-Pcia. de Salta) y otros para el río Uruguay medio por debajo de los Saltos del Moconá, Yucuma (Brasil).



Figura 3. Acuarela del denticulo dermico de *P. brachyura* macho. Fuente: Castex (1967a).

Policromatismo y polimorfismo

Los ejemplares frescos de raya gigante del río Paraná medio fotografiados por los pescadores deportivos se caracterizan por presentar una coloración consistente en una malla de anillos hexagonales o tetraedros que varían en tamaño, disposición y cantidad.

El color de fondo del disco varía entre pardo grisáceo, amarillo grisáceo, marrón claro, a veces ocre u oliváceo, sobre el que se distingue el patrón reticular o de mallas de hexágonos grandes y negruzcos, que delimitan figuras poligonales, hexagonales y a veces tetraédricas de halo negro-oliváceo, que se asemejan a los eslabones de una cadena, distribuidos sobre el dorso, y más o menos distanciados entre sí con alta variabilidad en el tamaño y número. En pocos ejemplares se convierten en ocelos de forma irregular. Los hexágonos de la malla se organizan en forma compacta con más o menos precisión formando siete circuitos concéntricos, siendo los de mayor tamaño y menor número los internos. El vientre es de color blanco anacarado salpicado con manchas grisáceas y con una orla marginal grisácea a negra de 10 a 12 cm de ancho, más acentuada en la mitad inferior del disco y de bordes más oscuros, siendo en cada ejemplar diferente y que podría ser de utilidad para una posible identificación individual.

Se observan grandes diferencias en la forma, cantidad y tamaño de los hexágonos o tetraedros entre algunos ejemplares de la cuenca del Paraná y los del Uruguay medio (Figura 4).

Aspectos bioecológicos**Talla y peso**

El peso record registrado en *P. brachyura* hasta hace poco tiempo atrás en Bella

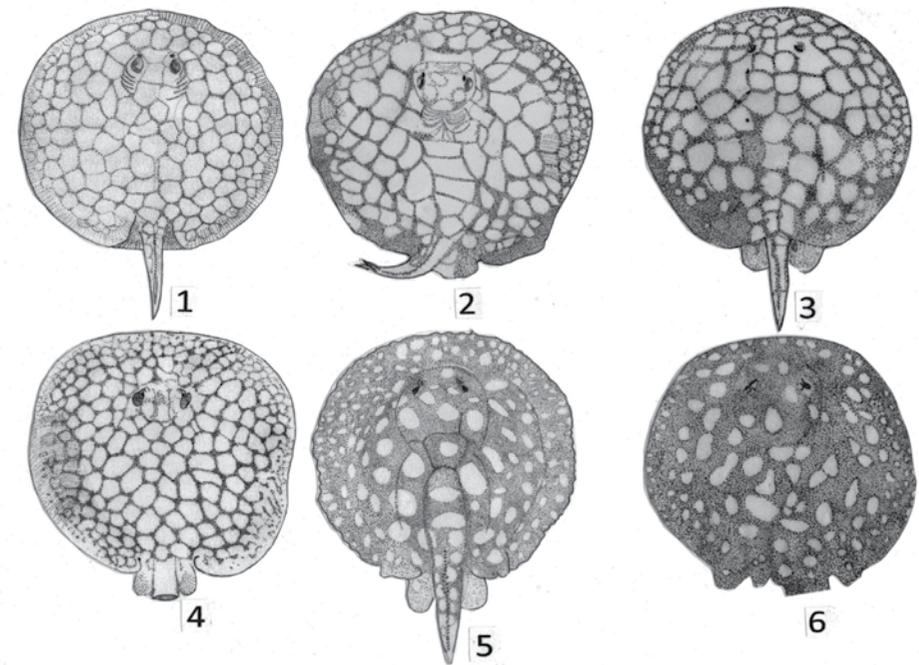


Figura 4. Policromatismo y polimorfismo en *P. brachyura*. 1) Coloración típica de esta especie, Paraná medio, disco casi circular. Adaptado de un dibujo original de Lidia López (1970), Colección M. N. Castex. 2) Adulto pescado por Mark Jones, AD: 1,37 m, río Paraná medio, Bella Vista, Pcia de Corrientes. 3) Río Paraná, 155 kg, circa 1970 (LT: 1,68 m; AD: 1,23 m; LD: 1,23 m). 4) Bajo río Uruguay, 114 kg, macho adulto, cerca de la ciudad de Paysandú. 5) Río Uruguay, Puerto de Concepción, 72 kg (12/01/2013), cuerpo ovoide, con ocelos ovalados muy separados entre sí, color de fondo ocre claro. 6) Río Uruguay Tres Bocas, Porto Mauá, (R. S., Brasil) (7/03/2013), LT: 1 m, 64 kg, ocelos irregulares, fondo ocre muy oscuro.

Vista, Pcia. de Corrientes (28/3/2007) era de 208 kg con 1,5 m AD. No obstante, existen datos que permiten afirmar que la longitud total (disco + aleta caudal) llega a 1,5 m o más (Wiki. *Fishbase.org*) y un peso de 220 kg (Jones obs. pers.) (Figura 5). Aunque son pocos los registros exactos conocidos, recientemente se mencionó otro de 222 kg. Este último registro la convierte

en el potamotrigónido de mayor peso y tamaño en Suramérica.

Hábitat y ecología

Charvet-Almeida *et al.* (2009) consideran que el área de mayor concentración para esta especie es aparentemente el río Uruguay en la parte baja. Sin embargo, como se muestra en el presente capítulo, es el río



V. Flores

RAYA GIGANTE O BOBA



Figura 5. Ejemplar de *Potamotrygon brachyura* peso record de 220 kg (AD: 1,76 m), pescado en el Paraná medio. Foto: M. Jones.

Paraná medio, el área donde se ha registrado la mayor cantidad de capturas y donde se encontraría entonces la población más numerosa. Castex y Maciel (1965b) observaron esta especie en aguas someras, obteniendo la mayoría de los ejemplares en aguas quietas de las lagunas marginales del río Paraná medio, al igual que en arroyos y riachuelos de la Pcia. de Santa Fé. Estas observaciones fueron hechas durante agosto y septiembre de 1962, cuando el río alcanzaba la bajante máxima, pero también entre marzo y abril de 1963 cuando el nivel de las aguas comenzaba a subir. También mencionaron que al inicio del otoño, cuando la temperatura de las aguas comenzaba a bajar, era la última especie que aun permanecía en esos ambientes. No obstante, según Jones (obs. pers.) de acuerdo a los datos recogidos sobre la pesca deportiva, pareciera que el hábitat preferido de la raya es donde los pequeños ríos o canales descargan al Paraná en zonas de hasta 8 m de profundidad.

Achenbach y Achenbach (1976) determinaron en la misma región del Paraná, entre octubre y mediados de noviembre, que *P. brachyura* era la segunda especie

más abundante. Durante las inundaciones estacionales del río, las rayas pudieron ser observadas descansando sobre la vegetación acuática, lo que fue aprovechado por los pescadores artesanales para arponearlas.

En el Río de la Plata como consecuencia de la muy baja profundidad del río en toda su extensión estuarina, sus aguas se comienzan a calentar recién a fines de la primavera hasta el mes de abril. En la costa del río durante ese período, se ha detectado la presencia de más de 100 especies diferentes de peces que migran desde el Paraná medio y luego al llegar el invierno retornan cauce arriba (Castello obs. pers.), posiblemente esta especie haga una migración térmica hacia aguas más cálidas.

Reproducción

Se observaron hembras grávidas por encima de los 0,4 m AD. El mayor número de nacimientos (Figura 6) se produce durante noviembre y diciembre. Pueden parir hasta 19 crías completamente desarrolladas por evento reproductivo (Achembach y Achembach 1976).

Sólo el ovario izquierdo parece ser funcional y según Castex (com. pers.), una hembra habría abortado hasta 30 crías. Se desconoce la duración del proceso de gestación en esta especie, aunque hay información sobre dos hembras grávidas pescadas en febrero 2003 en Diamante, Prov. de E. Ríos, que medían 0,75 m AD y 50 kg, y de una tercera de 1,2 m AD y 150 kg de peso. Hay también registros de hembras grávidas en enero.

En un breve video de 2'16" de duración en YouTube ("*raya pariendo*") se observa a una hembra de esta especie pescada en el río Uruguay, ciudad de Alvear (Pcia. de



Figura 6. Crías recién nacidas de *P. brachyura*, con 75 mm AD y con su apéndice caudal completo. Foto: M. N. Castex.

Corrientes, (29°03'S-56°32'O) pariendo dos crías. La primera tarda 20" en ser parida y la segunda 1'25", luego de un intervalo de 25". La coloración del dorso permite identificar la especie como *P. brachyura*, donde ambas nacen vivas bien desarrolladas, sin vitelo visible y con el apéndice caudal completo.

Alimentación

Es carnívora-bentónica. Las crías después del nacimiento se alimentan de zooplankton; los juveniles han sido vistos en las zonas marginales de poca profundidad del Paraná medio consumiendo pequeños moluscos (lamelibranquios y gasterópodos), crustáceos, larvas de insectos acuáticos y pequeños peces como "viejas" (Loricariidae), "mojarras" (*Astyanax spp*) y bagrecitos (*Pimelodella gracilis*.) El hecho de que los adultos sean pescados en forma

recreativa con peces como carnada, estaría indicando que esta especie también se alimenta de peces de fondo en los ríos y sus pozones. Un análisis estomacal (n=4) reveló caracoles pulmonados (Ampullariidae) y peces de la familia Cichlidae (Castello 1976).

Teratología

El primer caso descrito de teratología en rayas de agua dulce fue descubierto en el río San Javier (Pcia. de Santa Fé) en enero de 1998, donde se capturaron dos ejemplares de la raya boba. Una hembra de 45 kg abortó doce crías, once con caracteres normales y una teratológica. Este último ejemplar presentó dos regiones cefálicas fusionadas entre sí a la altura de la inserción interna de las aletas pectorales no desarrolladas y un disco sumamente reducido. Mientras un ejemplar normal, con



V. Flores

RAYA GIGANTE O BOBA

su aleta caudal completa medía 27 cm, el ejemplar anormal midió 8 cm, de los cuales 3,2 cm correspondían a la aleta caudal (Chemes y Tabeni 2001). Posteriormente se publicó un caso teratológico diferente en una *P. motoro* mantenida en acuario con dos regiones cefálicas, a la que se denominó “raya Batman” y en la que se supone que el disco falló en fusionarse enfrente de la cabeza durante el desarrollo embrionario (Olfield 2005).

Aspectos pesqueros

Registros de *P. brachyura* en los ríos de la cuenca del Plata (Pantanal de Mato Grosso, ríos Paraguay, Bermejo, Paraná, Uruguay y de La Plata): análisis histórico

Ríos del Pantanal de Mato Grosso

Existen 13 registros para seis localidades del Pantanal del Mato Grosso y ríos afluentes en Brasil, que corresponden a los más septentrionales.

Estado de Mato Grosso do Sul

Bahía de Baguaí, río Piquiri, afluente del Cuiabá (LT: 1,14 m, AD: 1,42 m, 60 kg); otro ejemplar pescado en junio de 2013 y un tercero en la Baía das Piranhas (7/05/2015) (Aguirre 1945). Pousada del río Piquiri (18°33'S-55°12'O) (4/4/2011) LT: 1 m (2); laguna Cha Mariana, Río Cuiabá (Condado de Barao de Melgaco) (16°50'S-56°40'O) 8 ejemplares depositados en la colección MZUSP (N° 14819; 124224-30), existen otros dos registros (N° 127277-8) para el mismo río (3); río Mutúm, zona de Mimoso, margen de la ciudad de Santo Antonio do Leverger (15°51'56"-56°04'36"O), (21/10/2009), LT: 1,5 m; AD: 1 m; 100 kg (Figura 7) (4).

Otro ejemplar de 20 kg fue pescado en el canal del Taruma que une la bahía de Sia



Figura 7. Raya con caudal cortada luego de ser subida al bote en el río Mutúm. LT: 1,5 m; AD: 1 m; 100 kg. Foto: www.rd-news.com.br.



Figura 8. Raya del Cuiabá, Pantanal del Mato Grosso. Foto: www.folhamax.com.br

Mariana con el río Piquiri, afluente del río Cuiabá, (26/4/2014), por un pescador local, quien le cortó la caudal en el borde del río y la retornaron viva al río (Figura 8) (5). Hay un último registro para el río Manso, río y embalse afluente del Cuiabá (14°32"S,-54°40'O), situado aguas arriba del Pantanal del Brasil (6).

Referencias de los registros: 1) Aguirre (1945); 2) YouTube, tres videos; 3) Britski (com. pers.); 4) RD News, 21/10/2009; 5) Folhamax (22/04/2014); 6) Verissimo *et al.* (2005).

Río Paraguay en la margen paraguaya y provincia de Formosa (Argentina)

El primer registro científico lo hizo Miranda-Ribeiro en 1907. Se trató de un ejemplar de ± 1 m AD (1). También ha sido capturada en el Lago San Bernardino (25°31'S-57°29'O) que descarga en el Salado y éste en el Paraguay, como también en cercanías de la ciudad de Asunción del Paraguay (25°28'19"S-57°38'06"O) (2); Puerto de Formosa (25°08'S-57°59'36"), un ejemplar de 130 kg (3); Lodazal en Puntaí, cercano a la boca del arroyo Calaverita, a 1 km del puerto de Concepción (22/2/2008), 150 kg, boca del río Ypané (23°28'34"S-57°26'10"O) (1998), un ejemplar de 200 kg; boca del riacho Bretona (23°18'54"S-57°33'54O), a 15 km al norte del puerto de Concepción (4). Una raya de 140 kg en la Boca del arroyo Aguaray con el Tebicuary (22°26 S-64°13'O), margen izquierda del Paraguay, a 150 km. de Asunción (12/1/2006), la cual fue despelejada previamente a su consumo (5).

Referencias de los registros: 1) Miranda-Ribeiro 1907; 2) Castex (com. pers.), 3) registro periodístico; 4) Diario ABC 2008 (<http://www.abc.com.py/edicion-impresa/locales/>



V. Flores

capturan-rama-de-150-kilos-en-concepcion-1046296.html); 5) Diario ABC (12/1/2006).

Río Bermejo

En esta cuenca hidrográfica los registros son escasos, posiblemente debido a la baja densidad poblacional y por lo tanto de pescadores deportivos o artesanales.

Los registros científicos corresponden a dos ejemplares pequeños depositados en la colección del Museo de Ciencias Naturales de Salta. El primero proviene del paraje Manuel Elordi (23°16'0"S-64°8'0"O), sobre la margen de ese río, aproximadamente a unos 400 km de la ciudad de Salta y a unos pocos kilómetros de Embarcación (departamento de Orán, Salta, Argentina). El segundo del Fortín Belgrano, (24°07'23"S-62°20'16"O) prácticamente en el límite con la provincia de Chaco (1).

Existen otros tres registros de ejemplares de gran tamaño, el primero corresponde a una raya pescada por cuatro deportistas luego de cuatro horas de lucha en el paraje Alto Verde (26°35' 33"S-63°12'O), a 400 km al NE de la capital salteña (LT: 3 m; AD: 2 m y 165 kg) (3). El segundo fue un ejemplar de 109 kg, que había sido capturado por uno de los pescadores diez años antes (3). El tercero fue en 1998 y provino del paraje La Soledad (23°23'33 "S-64°31'O). En 1998 un grupo de cuatro pescadores pescó con caña (hilo del 90), una raya de LT: 1,8 m, AD: 1,40 m y 118 kg, sólo la cola pesaba 3 kg (3).

Referencias de los registros: 1) Gonzo (2003, 2015 Com. Pers.); 2) La Razón (28/11/1982); 3) Anónimo 2012.

Río Paraná

Sobre un total de 54 registros en este río, la raya boba muestra el menor número de

RAYA GIGANTE O BOBA

capturas en las provincias de Buenos Aires (3), Misiones (3), la margen paraguaya (3) y el mayor número en la provincia de Santa Fe (26) (Figura 9), seguido por la provincia de Corrientes (10), y por último Entre Ríos (9). En el anexo 1 se listan los registros históricos en el río Paraná, discriminado por provincias.

Referencias de registros: 3) El Clarín (31/12/1970); 9) Fotos + video Jeremy Wade (07/9/2011); 10) Facebook, Argentina Fishing Adventures. (10/2013); (26) El Litoral (31/03/2011).

Río de la Plata

Además del ejemplar tipo de la especie (hembra pescada frente a la ciudad de Buenos Aires: LT: 0,25 m; AD: 0,3 m; L caudal: 0,225 m) (1), sólo existen seis registros de esta especie en el Río de la Plata entre las localidades costeras de Punta Chica y Punta Lara (Pcia. de Buenos Aires).

El más cercano al Delta del Paraná, corresponde a las Barrancas de Punta Chica, (34°28'0"S-58°31'0"O) en la costa con juncales del río Luján, afluente del Río de la Plata, sede del Club Social y de Fomento Victoria (2/4/1965) 70 kg (2); Espigón del Club de Pesca de Buenos Aires, frente al aeroparque "J. Newbery", Río de la Plata (34°57'S, 58°37' 02"O) (25/2/1994) (3).

Para la zona de Punta Lara (35°22'17"S-58°28'33'O) existen tres registros filmicos y uno fotográfico de pequeños ejemplares (4), los más australes de la especie (20/11/2007, 5/02/2008 30/10/08, 26/11/2008) (3) (Figura 10). El más grande ellos era de 70 kg. Las capturas en la costa del Río de La Plata tuvieron lugar en octubre (2), noviembre (1), febrero (2) y abril (1). Recientemente ha sido citada para la fauna ribereña de la Reserva Natural de Punta Lara en el canal Baldovinos (verano del 2007) (5).



Figura 9. Raya del Saladillo, cerca de Cayastá, provincia de Santa Fé (9/11/2015), peso estimado en 120 kg. Foto:www.elonce.com.



Figura 10. Raya pescada en Punta Lara, Río de la Plata, localidad más austral (6/11/2008). Foto: labarrac88.blogspot.com.ar.

Referencias de los registros: 1) Günther (1880); 2) La Prensa (2/4/1965); 3) Castello obs. pers.; 4) Youtube (20/11/2007, 30/10/08, 26/11/2008); 5) Llompert *et al.* (2012).

Río Uruguay

Se conocen 18 registros de esta especie para el río Uruguay inferior y medio, siendo Devincenzi y Teague (1942) (1), quienes la citan por vez primera bajo otro nombre (*P. brumi*). En la información recopilada que a continuación se muestra se puede apreciar la gran disparidad de datos publicados hasta ahora en relación a los pesos y la longitud y/o diámetro del disco.

1) Arroyo San Francisco en su desembocadura al Uruguay, cerca de la ciudad de



V. Flores

Paysandú (32°20'S-57°48') (1934), AD: 1,5 m y 120 kg. 2) En la boca del Arroyo San Francisco y el Uruguay, (32°14'25"S-58°05'54"O), AD: 1,03 m, 50 kg (17/10/1998). 3) Arroyo Carabaazo frente a la ciudad de Paysandú, en la ribera argentina (32°14'06"S-58°07'28"O), AD: 1,04 m y 114 kg, macho adulto (01/2001). 3) Río Negro, en Queguay Grande, al Sur de Paysandú (32°27'40"S-58°07'49"O), hembra, LT: 0,95 m, AD: 0,8 m, 11 kg, igual localidad de donde provino el holotipo de *Potamotrygon brumi* (26/10/2004).

4) Puerto de Nuevo Berlín, cerca de la desembocadura del Río Negro sobre el río Uruguay (~32°58'42"S-58°03'O), macho subadulto, AD: 0,42 m, 3 kg (28/2/2009) (2). 5) Cercanías de la ciudad de Paso de los Libres, Pcia. de Corrientes (3). 6) Cerca de Canelones a 160 km aguas arriba de la ciudad de Colonia del Sacramento, en el Río de la Plata (4). 7) Frente al Faro Stella Maris, en cercanías del Puerto de Concepción del Uruguay (16-17/08/1968 base de datos Castello). 8) Río Arapey (afluente del Uruguay), Salto Termas de Arapey (Dto. de Salto) (30°56'3"S-57°31'40"O), Colección Museu Oceanográfico do Vale do Itajaí, S. C. (Br) (5). 9-12) Porto Xavier (27°54'8"S-55°7'59"O), cuatro ejemplares en la Colección ictiológica del Museu de Zoología de Sao Paulo (6). 13) Ejemplar pescado en Fray Bentos (33°10'S-58°15'O) R. O. del Uruguay (4/02/2015), LT: 1,5 m sin la caudal, 123 kg (balanza eléctrica) a 1 km de la costa del Balneario "Las Cañas", en el cauce del río Uruguay (7). 14) Un ejemplar de El Soberbio (27°03'S-54°22'07"O) proviene de un sitio a 30 km, al sur de las cataratas de Moconá (8). 15) Ribera de la Isla Queguay Grande, cerca de Paysandú, (32°09'S58°09'O) (Ringuelet *et al.* 1967) (9); Embalse de la represa de Salto Grande Salto Grande

RAYA GIGANTE O BOBA

(32°22'07"S-58°33'33" (Prenski *et al.* 1986) (10) y López *et al.* (1984) (11). Los tres ejemplares, *Potamotrygon cf. brachyura*, que se mencionan a continuación se destacan por su coloración y morfología atípica (ver sección inicial sobre polimorfismo y policromatismo: 4, 5 y 6) y son descritos con detalle: 16) Cercanías de Paysandú, (32°14'06"S-58°07'28"O), AD: 1,5 m, 114 kg (Figura 11) (2, 12).

Es conocida solamente a través de una excelente foto color en la que se aprecia un denso patrón reticular de hexágonos y tetraedros negruzcos relativamente pequeños y muy numerosos, más pequeños que todos los observados hasta ahora (+137). El disco es aplanado, no circular, pareciera rectangular (ver apartado de polimorfismo y policromatismo: 4). Las mallas son aproximadamente 13 en un corte transversal, sin contar otros indefinidos



Figura 11. Macho adulto del río Paysandú, Uruguay inferior. Foto: www.cromo.com.uy.

en los bordes de las aletas. Es el ejemplar con mayor cantidad de tetraedros pequeños identificado hasta el presente.

17) Arroyo La Virgen, que se conecta directamente con el Embalse de la represa hidroeléctrica de Salto Grande, es cercano a la ciudad de Federación (31°S-57°09'O) (Pcia. de Entre Ríos), (12/01/2013) (Figura 12) (13).

El ejemplar de 72 kg presenta un cuerpo ovoide, con ocelos ovalados (+61) muy separados entre si, sobre fondo ocre claro (Figura 12). Por la separación existente entre los ocelos ovalados, se asemeja en algo al siguiente ejemplar de Tres Bocas, si bien su cuerpo está muy bien delineado y aparenta ser voluminoso en la región central del disco ovoide, el más acentuado en este aspecto observado hasta el presente (ver apartado de polimorfismo y policromatismo: 5).

18) Río Uruguay medio en Tres Bocas, Puerto Mauá, (R. S.) (27°34'31"S-54°40'05"O) Brasil (Figura 13) frente a la localidad argentina de Alba Pose, Misiones, LT: 1,2 m, 64 kg, (7/03/2013) (Figura



Figura 12. Ejemplar del Arroyo "La Virgen" (Federación), Provincia de Entre Ríos. Foto: www.extremolitoral.com.ar.

13). Es sólo conocido por medio de fotos de baja calidad (ver apartado de polimorfismo y policromatismo: 6) es de cuerpo macizo, musculoso, grueso y el contorno algo ovoidal, con coloración atípica, fondo ocre muy oscuro, una reducida cantidad de ocelos hexagonales, grandes, muy irregulares y escasos (+ 55) de tamaño variable con mucha separación entre ellos, no estando conectados entre sí. Es el ejemplar más disímil de todos los analizados. Se diferencia claramente de los ejemplares del río Paraná o del bajo Uruguay. Los bordes laterales de su vientre muestran una orla oscura y una región central del cuerpo más clara (14).

Tanto Porto Mauá como Porto Xavier son localidades al sur de los saltos del Moconá

(Yucumã en el Brasil) (27°09'S-53°54'O) en el Uruguay Medio. Se considera que dichos saltos con 10 m de altura, constituyen una barrera geográfica efectiva que impide la distribución de los potamotrigónidos hacia la cabecera del río Uruguay (Uruguai en Brasil). No se ha colectado ésta u otras especie de rayas aguas arriba de los saltos (11).

Referencias de los registros: 1) Devincenzi y Teague 1942; 2) Oddone *et al.* 2008 y 2012; 3 y 4) Castex com. pers.; 5) Soto (2004); 6) Britski 2015 com. pers.; 7) Roberto Esser dos Reis 2015. com. pers.; 8) MACN Col. Ictiol MACN (dado de baja); 9) Ringuelet *et al.* (1967); 10) Prenski *et al.* (1986); 11) López *et al.* (1984); 12) El Telégrafo, 2011 y Proyecto Potamo <http://>



Figura 13. Ejemplar de Porto Mauá (R. S., Brasil). Foto: :www.jornaldasmissoes.com.br.



V. Flores

RAYA GIGANTE O BOBA



V. Flores

www.cromo.com.uy/2012/06/proyecto-potamo-pasando-rama/?print=1.); 13) extremolitoral (12/01/2013) [http://www.extremolitoral.com.ar/noticias/pesca-deportiva/federacion-\(entre-ríos\)-raya-de-72-kg/ref-2008.html](http://www.extremolitoral.com.ar/noticias/pesca-deportiva/federacion-(entre-ríos)-raya-de-72-kg/ref-2008.html); 14) <http://www.jornaldasmissoes.com.br/noticias/geral/id/2770/arraia-gigante-e-pescada-no-rio-uruguai.html>; 12) El país (4/02/2015).

Época de capturas en el río Paraná Medio

De un total de 56 capturas deportivas o artesanales con fecha conocida, 27 (48%) ocurrieron entre enero y abril; 9 (16%) entre mayo y septiembre y 20 (35%) entre octubre y diciembre. Los meses con las mayores capturas fueron abril con 10 capturas (17%), seguido por noviembre con 9 (16%). Para la pesca recreativa de rayas el mejor momento del año en el Paraná medio en Bella Vista, Pcia. de Corrientes, es entre septiembre y marzo, siendo noviembre y marzo meses excepcionalmente buenos. Se ha intentado capturarlos cuando el clima es frío sin suerte alguna (Jones obs. pers.).

Pesca recreativa o deportiva de la raya gigante

La pesca recreativa o deportiva de la raya gigante es un hecho relativamente nuevo.

El interés personal de uno de los autores (M. J.) en la pesca recreativa de las rayas comenzó hace alrededor de dieciséis años, periodo durante el cual pudo desarrollar técnicas en asociación con los pescadores locales de la localidad de Bella Vista, Pcia. de Corrientes a la vera del río Paraná, para encontrar y capturar muchos de estos peces. De acuerdo a esto, hasta hace poco tiempo, la raya fluvial nunca había sido blanco intencional de los pescadores deportivos de Argentina, Paraguay o Brasil. Años atrás no era considerada como un pez deportivo, aunque a menudo era

capturada incidentalmente cuando se estaba procurando capturar otras especies de peces. Cuando eso ocurría era liberada del anzuelo, pero generalmente moría.

Sin embargo, pareciera que la gran cantidad de fotos publicadas de rayas gigantes capturadas y muertas, demostraría que muchos pescadores orgullosos de sus capturas de gran tamaño, deseaban poder mostrar sus ejemplares y de paso aprovechar para comer su carne. Así, unas 50 fotos publicadas en medios de prensa dan testimonio de esta situación.

En Argentina operan dos empresas dedicadas a la captura deportiva de rayas de gran tamaño, una en la ciudad de Rosario y la que opera en el río Paraná a la altura de la provincia de Corrientes, que se dedica a capturar específicamente este pez que resulta de gran interés recreativo para los pescadores serios fuera de América del Sur. A raíz de su conocimiento en el arte de la pesca de esta especie, uno de los autores (M. J.), ha convocado en los últimos años a grupos de pescadores de otros países como Nueva Zelanda, el Reino Unido, Estados Unidos, Alemania, Australia, Brasil y la República Checa para la pesca de rayas.

Las capturas de esta especie se lleva a cabo a bordo de lanchas de aluminio con motor fuera de borda, o desde la costa del río, lanzando el anzuelo con cebo hasta 10 metros de distancia. Para ello, se usan cañas de pesca con "reels" de distintos modelos y diferentes diseños (de acuerdo a la preferencia de los pescadores), dotadas de monofilamento de nylon resistente (100 kg), con anzuelo tamaño número nueve y con varias plomadas. El cebo preferido es el sábalo (*Prochilodus lineatus*), la boga (*Leporinus obtusidens*) y la anguila (*Synbranchus marmoratus*).

El tiempo que se le dedica a cada captura varía según la época del año, el clima y las condiciones del río, pero en promedio se estima que se puede tardar hasta dos semanas de pesca para capturar una raya más de 100 kg. Cuando la raya pica el anzuelo encarnado y se engancha, el pescador se percata de su presencia por los fuertes tirones y corridas en la línea de nylon. Comienza así una larga lucha que puede durar, según los relatos de pescadores a los medios de prensa, entre 2 y 7 horas hasta que el ejemplar pierde fuerza y es acercado tirando de la caña y con el reel hacia la costa. En ese instante se coloca sobre el fondo del río una red de malla de nylon y se la iza a la costa, de modo de poder extraerla del agua sin necesidad de tirar del hilo de nylon. Una vez extraída del agua, la raya es fotografiada y por lo general no es pesada. En el presente la política aplicada es retornar la raya intacta al agua, sin cortar la cola o las espinas venenosas. Se estima que la raya gigante no está en riesgo, aunque se está tratando de animar a la gente a no hacerles daño. Sin embargo, Lucifora *et al.* (2016), han advertido del riesgo que significa la sobrepesca de esta especie. También mencionan que por su aspecto general se puede deducir que las grandes rayas son muy viejas, pero para proporcionar más evidencia de esta hipótesis se tendría que hacer un estudio científico más detallado. Hasta el presente y de acuerdo con las capturas recreativas llevadas a cabo en la zona de Bella Vista, el porcentual de captura para cada especie es *P. motoro* (50%), *P. brachyura* (40%), *P. falkneri* (5%) y *Potamotrygon* sp (5%). En promedio se captura una raya de más de 150 kg cada año, y una raya de más de 200 kg cada cinco años. Recientemente en la ciudad de Rosario, Pcia. de Santa Fe, ha surgido "Rosario Pesca", una empresa dedicada al mercado de la pesca deportiva. En su página Web muestra

numerosas fotos de *P. brachyura* pescadas por sus clientes que embarcan en salidas de un día de duración en sus lanchas con motor fuera de borda. La empresa provee de cañas de pesca con reeles para tiburones (tiburoneros) dotados con monofilamento de nylon 1 y anzuelos N° 10, encarnados con pequeños sábalo. Al partir de Rosario salen al río Paraná y navegan aguas arriba hasta un lugar determinado (pesquero), que el guía ha descubierto como lugar, que en el pasado ha provisto de rayas de gran tamaño (<http://rosariopesca.com/es/PESCA>). Aparentemente la política de la empresa es que la raya debe ser retornada viva al agua. Sin embargo, en su página Web publican fotos de ejemplares de gran tamaño muertos. En un único relato existente de una excursión de pesca organizada por esta empresa, el ejemplar es muerto y partido en trozos. Tres son los pescadores que participan de la captura de un ejemplar de 1,66 m de AD. Uno de ellos narra que, después de haber soportado corridas de la línea de pesca de unos 20 m, con intervalos de periodos de varios minutos en que la raya permanecía inmutable en el fondo, éste volvía a moverse luego de tensar la caña al máximo durante un tiempo. Al arrastrar a la raya hacia un fondo plano, el guía sin poder visualizarla, la arponeó con una "fija" (chuza o lanza) atada con una soga gruesa a la lancha. Mas tarde al acercarla más a la costa se usaron "bicheros" (maderas cortas con ganchos de metal) y fue remolcada a la costa. Como consecuencia de las heridas recibidas por la "chuza" y los "bicheros" el animal murió. El guía enseñó a los pescadores como "cucrearla" con una tenaza y a separar la carne del cartilago para poder comer su carne a la "milanesa". La cola de gran tamaño fue cortada y su cuerpo partido en seis partes, dando un peso total de 222 kg.

RAYA GIGANTE O BOBA

Carnadas usadas más frecuentemente

En la provincia de Corrientes se usa la morena (*Gymnotus* spp), la anguila (*Synbranchus marmoratus*), sábalo (*Prochilodus lineatus*), mojarra (*Astyanax* spp), viejas de agua (*Loricaria* spp o *Hypostomus* spp), cascarudo (*Callichthys callichthys*), lombriz y tripas de gallina como carnada para los anzuelos de pesca. En el río Uruguay se usó como cebo una mezcla de pasta de maíz, corazón de pollo, hígado y pequeños peces.

Dificultades para el pesaje de rayas de gran porte

En la mayoría de las fotos de rayas de gran porte examinadas, se observa que el ejemplar no está colgado de una balanza de resorte o de un dispositivo que permita obtener el peso con precisión. En un único caso se observa una raya de más de 1,7 m de LT que cuelga de una balanza pero desafortunadamente no se consigna el peso. En otro caso, un ejemplar de 127,3 kg capturado en el río Uruguay (ribera uruguaya), fue pesado sobre una balanza industrial de una verdulería. Para poder pesar otra raya fue trozada en seis grandes porciones y la sumatoria de todas ellas arrojó el record de 222 kg.

En el 99% de las fotos examinadas de rayas de gran porte se observa que la raya, al ser llevada a la costa del río y fotografiada, es izada en forma rudimentaria, haciendo pasar una cuerda de gran grosor insertada por ambos espiráculos y atada por ambos extremos a un árbol. Otras veces una varilla de metal es insertada en forma transversal pasando por los espiráculos y es elevada por dos individuos colocados ambos lados del ejemplar. En todas las fotos se observa la ausencia de una balanza. De ahí que se crea que los pesos mencionados

en los artículos periodísticos constituyen estimaciones groseras del peso. No así la longitud o ancho del ejemplar, ya que hemos observado que en ciertos casos el ejemplar es medido con una cinta métrica. La ausencia de una balanza de resortes en el equipo de pesca de la mayoría de los pescadores, se debe a que el pesaje es un hecho fortuito, no intencional y que el pescador no está preparado para esta contingencia.

Consumo de carne de raya

En pocos registros se menciona el consumo de carne de raya gigante. Esta es preparada como “milanesa” y ocasionalmente asada, por parte de los pescadores afortunados. Ocasionalmente se la usa como relleno para empanadas.

Una raya pescada en el río San Javier (Pcia. de Santa Fé) (12/1/2013) fue cortada en siete grandes trozos, descartándose cabeza y la columna vertebral (Figura 14). La forma más tradicional de preparar la raya gigante y otras especies más pequeñas consiste, una vez cortada la “chuzá” o espina venenosa para evitar ser “picado”, en eviscerarla, sangrarla y luego cortar su cuerpo con ayuda de un cuchillo filoso, descartando el disco central (Figura 14).

La carne enfriada en hielo es luego usada para la preparación de “milanesa de raya” en reemplazo de la tradicional “milanesa de carne vacuna”, que es mucho más costosa en la cocina argentina. La “milanesa” es un filete fino de carne de raya pasado por huevo batido y luego espolvoreado con pan rallado, que se cocina frito o (menos comúnmente) al horno.

Uno de los autores (M. J.) ha comido en Bella Vista, Pcia. de Corrientes, su carne en muchas oportunidades, desangrándola previamente y preparándola como



Figura 14. Raya gigante de 140 kg para el consumo, partida en siete trozos para descartar la parte central del disco. Foto: H. P. Castello.

“milanesa”, la cual es deliciosa. Nunca se ha visto la raya a la venta en mercados de pescado en Corrientes, aunque hay muchas personas que disfrutan de su carne. En cambio, en las ciudades de Encarnación y Asunción del río Paraguay (Paraguay) la carne de raya gigante suele cotizarse comercialmente en los mercados locales de venta de pescado fresco.

En unos pocos artículos periodísticos se menciona el precio del kilo de carne de raya en la moneda local, “guaraníes”. Se desconoce que su carne se venda en las ciudades costeras de la Argentina o del Uruguay. En Concepción, Paraguay, la carne de raya se vendió el 21/2/2008 a razón

de 10 mil guaraníes el kilo. La raya de 120 kg rindió 75 kilos de carne, lo que permitió obtener una ganancia cerca de 750.000 guaraníes.

El 20/04/2009, la carne de raya se cotizaba en Paraguay a 8.000 guaraníes el kilo, con lo que el ejemplar rindió 1.200.000 guaraníes (unos \$ 840 en Argentina en el año 2009).

En muchos casos se menciona que una raya de aproximadamente 150 kg de peso, rinde unos 80 a 90 kilos de aletas frescas que se destinan para consumo como “milanesa de raya”.

Un ejemplar 140 kg capturado de en el río Aguaray, afluente del Tebicuary (12/1/2006) (Paraguay) fue “despellejado” a cuchillo, mientras el ejemplar permanecía colgado y su carne fue usada para preparar empanadas, milanesas y croquetas (www.abc.py, 12/1/2006). El “despellejado” o “cuereado” de la raya antes del consumo de su carne es también una práctica conocida en la región de Rosario, Pcia. de Santa Fé. Algunos pescadores afirman que la pulpa de raya es exquisita y mencionan que se sirve como “bastones de raya” en los mejores restaurantes de pescado de río de la Mesopotamia, Argentina.

Comercio ilegal de la carne de raya

Se ha realizado la confiscación de 320 kg de aletas de raya en la ciudad de San Javier, Provincia de Santa Fé. La Dirección de Seguridad Rural santafesina del Grupo policial especial “Los Pumas” llevó a cabo un procedimiento de confiscación de 320 kg de carne de aletas de raya, que eran transportadas por la ruta a bordo de un camioneta dirigida por un habitante de la ciudad de Esperanza (8/12/2015). La



V. Flores

RAYA GIGANTE O BOBA

carne fue decomisada y desnaturalizada (Figura 15) por no encontrarse apta para consumo, labrándose un acta por infracción a la ley Provincial 12.212, habiéndose dado conocimiento e intervención a la Secretaría de Recursos Hídricos, Forestal y Minero, del Ministerio de la Producción.

Se pueden visualizar las aletas de raya de gran tamaño envueltas en bolsas de nylon, sin hielo (Figura 15), por lo que se estima, casi sin lugar a dudas, que la carne proviene de por lo menos dos o más ejemplares de raya gigante y otras especies de menor tamaño, pescadas en la zona de San Javier, en la margen del río Paraná. Se trata del primer caso conocido de captura

deliberada de carne rayas para su comercio en pescaderías o restaurantes (www.esperanzaiaxdia.com.ar).

Artes de pesca de la raya gigante

Red de trasmallo. Muy ocasionalmente alguna raya es atrapada por error en redes de trasmallo o espera, colocadas a una profundidad media y a poca distancia de la orilla del río. Hay un registro de tamaño mediano del río Arapey, Uruguay.

Línea de pesca. Generalmente se usan los tradicionales espineles de pesca, en algunos casos de hasta 100 m de longitud, con

múltiples anzuelos encarnados y una o más plumadas, que son las preferidas por los pescadores de bajos recursos del Paraná y del río Paraguay. En un caso (Arroyo el Sombrero, Esquina, Pcia. de Corrientes, 6/3/2011), se ultimó la raya con un disparo de escopeta para que no ejerciera resistencia o succión en el fondo, lo que dificultaba enormemente su captura.

Espinel rayero. Ocasionalmente los pescadores artesanales usan un “espinel rayero”, en playas y ambientes sin obstáculos en el fondo. Existe un único registro (p. e. de Victoria, 3/12/2012) en el que se menciona el uso de este aparejo de pesca, lo que indicaría que existe una pesca artesanal dirigida. Diseñado para pescar rayas, consta de dos pesos o “muertos” pesados para que la línea de pesca quede en el fondo y de ese hilo madre se desprenden hilos secundarios con 20 o más anzuelos, espaciados para que no se enreden entre sí. Se lanza desde una embarcación y no queda atado a la misma ni a la costa. A raíz de los “muertos” se fija al fondo y al extremo más alejado se le agrega una boya para marcar su posición en el río. Cada anzuelo puede ser encarnado con cola de “vieja de agua” (*Hypostomus* spp y/o *Loricaria* spp) que es una carnada resistente. La pesca se complica y mucho, si se prenden dos grandes rayas en el espinel que lo pueden llevar de arrastre.

Caña de pesca con reel. En los clubes de pesca del río Paraná medio, los pescadores deportivos prefieren entre otras, a la caña de pesca “Omoto black magic”, con reel (“Okuma” o “Altima 250”) e hilo de nylon “Raylon” desde 0,4 hasta 1 mm de grosor, con plumada y anzuelos de gran tamaño (N° 10), encarnando a veces con una pasta, mezcla de harina de maíz, tripas de pollo y peces triturados o con peces enteros. La

empresa “Rosario Pesca” usa reeles para captura de tiburones con monofilamento de nylon 1 mm y anzuelos tamaño N° 10.

Pica o chuza. En las lagunas marginales del Paraná medio, al vadear el agua tibia o cálida del borde con cierta transparencia, los ejemplares pequeños descansan a poca profundidad (Castello 1975) y al ser detectados visualmente se las captura por medio de un arpón (lanza, chuza o pica) que atraviesa el cuerpo de la raya. La vara de madera (2 a 2,5 m) en su extremo inferior cuenta con una punta de hierro afilada, atada con soga. La “chuza” era usada con frecuencia en las márgenes poco profundas de la Laguna Setubal, Pcia. de Santa Fé, para capturar la raya de ocelos, *Pomotrygon motoro* (Castello 1975) (Figuras 16 y 17).

Amenazas y conservación

Además de la pesca incidental, dirigida y/o mal realizada (malas prácticas de la pesca deportiva), existen otras amenazas.

Durante el repunte del nivel del agua en El Pantanal (Mato Grosso, Brasil) (21/03/2001) se observó una mortandad masiva de peces flotando en la superficie: javeví (raya gigante), pacú, manguruyú, surubí y otras especies en las costas de Bahía Negra y Fuerte Olimpo. Algunas personas lo atribuyeron al arrastre de agroquímicos que se produce durante la creciente de los ríos, otros presumen que fue debido a quemazones que se produjeron durante la sequía, y después de intensas lluvias hicieron que los desechos tóxicos fueran lavados hacia el río. Lo concreto es que el fenómeno ocurrió al aumentar el nivel de las aguas (<http://www.concepcion-py.com/2011/03/peces-mueren-en-el-norte-del-rio.html>).



Figura 15. Carne de rayas decomisada (320 kg) en la localidad de San Javier, río Paraná, una de las localidades donde es frecuente la captura de la raya “boba”. Foto: www.esperanzaiaxdia.com.ar.



V. Flores

RAYA GIGANTE O BOBA

Potamotrygon motoro y *P. brachyura* figuran actualmente en la Lista Roja de la UICN de especies amenazadas como Datos Insuficientes (Drioli y Chiaramonte 2005), Charvet-Almeida *et al.* 2009).



Figura 16. Captura de una raya con “pica” en al Laguna Setubal, Provincia de Santa Fé, año 1970. Foto: M. N. Castex.



Figura 17. Laguna Setubal que periódicamente durante las crecidas se comunica con el río Paraná Medio, Provincia de Santa Fé. Foto: H. P. Castello.

No se capturan rayas para su comercio en la industria del acuarismo local o de exportación. En Argentina se carece de legislación que prohíba su captura o exportación, pero hasta el presente no existen datos de que esta especie haya sido criada en acuarios, a diferencia de *P. motoro* y otra especies de menor tamaño.

Entre algunos pescadores deportivos existe la creencia de que las rayas se comen todo lo que “haya en el río” y que son más dañinas que las carpas y las palometas, lo que de algún modo justifica su captura y muerte.

No estaría probado aún que la pesca deportiva o artesanal de esta especie la ponga en riesgo, salvo que aumente significativamente la cantidad de pescadores deportivos o de empresas turísticas dedicadas a su captura sin devolución de los ejemplares vivos al agua.

De acuerdo a este estudio solamente se ha registrado en total nueve capturas en los últimos años, de ejemplares que aparentemente superan los 150 kg.

Por último, es imperante señalar que las represas de Itaipú, Yaciretá y Salto Grande constituyen barreras para los desplazamientos de esta especie y contribuirían al aislamiento genético de los “stocks”.

Conclusiones y recomendaciones

Lucifora *et al.* (2016) han tratado de desarrollar un modelo para predecir la distribución de *P. brachyura*, lo que a criterio de los presentes autores no contó con el suficiente trabajo de campo para determinar hábitats probables y comportamiento de esta especie. Dicho trabajo está basado exclusivamente en registros periodísticos

de pesca deportiva de la cuenca del Plata. Se ha afirmado que la especie corre peligro a raíz de la sobrepesca y pérdida del hábitat. Uno de los autores que ha capturado y examinado cerca de 1.000 ejemplares de esta especie (M. J.) durante un período de 16 años y estima que el 80% de la población de esta especie se distribuye a lo largo de un tramo del Paraná medio con una extensión de 731 km en el que se encuentra aproximadamente el 80% de la población de esta especie. Está se distribuiría en el área entre los puentes “Gral. Belgrano” (Resistencia-Corrientes) y el puente “Nuestra Sra. del Rosario” (Rosario-Victoria). Dicha observación coincide con los datos de este trabajo en el que 40 de los 48 registros (83%) sobre el río Paraná, corresponden a este tramo del río. Hay que mencionar que en él existe la Represa de Yaciretá (27°30’S-56 °42’O) y su embalse de igual nombre (1.600 km²), que ha significado un impedimento parcial a la migración de los peces, ya que no todas las especies son atraídas hacia los dos elevadores de peces existentes al pie de la presa. En el caso de las rayas del género *Potamotrygon* es posible suponer que las poblaciones puedan haber quedado genéticamente aisladas y lo mismo ocurriría en la represa de Salto Grande.

Las capturas en el Paraná disminuyen hacia el norte, desde la ciudad de Corrientes hasta el pie de la represa de Itaipú (25°40’S-54°59’O), si bien en el pasado la especie llegaba hasta los Saltos de Apipé. A lo largo del río Paraguay se han registrado unas pocas capturas hasta la ciudad de Concepción (Paraguay), lo que coincide con lo observado por uno de los autores (M. J.). Las capturas se incrementan en la zona del Pantanal de Mato Grosso (Brasil), siendo relativamente bajo en los ríos Bermejo, Uruguay y de la Plata.

Los ejemplares del Paraná y otros ríos presentan una coloración dorsal consistente en una red de malla con anillos relativamente parejos y un cuerpo de contorno circular que con la edad avanzada de algunos ejemplares se deforma especialmente en la periferia (ver sección inicial de policromatismo, N° 1-3). En la cuenca del río Uruguay medio, sobre las costas argentina, uruguaya y brasileña, se han capturado tres ejemplares que difieren en la forma del disco y coloración, de aquellos existentes en el Paraná medio, debiendo prestársele mucha atención a esta región geográfica por la posible existencia de una o más especies nuevas de raya gigante. Las áreas geográficas donde se capturaron las tres rayas de coloración y morfología atípica (Paysandú, Federación y Porto Mauá, ver sección inicial de policromatismo, N° 4-6), deben ser estudiadas a profundidad para establecer si existen otros ejemplares de iguales características a las descritas en este capítulo y establecer su correcta posición sistemática.

Para discernir si los tres ejemplares de rara morfología y coloración atípica del río Uruguay son una o más especies aun no descritas, habría que prestar atención al patrón de coloración que puede fundamentarse mejor si se hiciera histología de la piel (tarea difícil para cortes histológicos por las espículas que la recubren), ya que las células pigmentarias -sobre todo melanocíticas- deben delinear tal patrón (Castex com. pers.) o estudios genéticos (Lasso com. pers.).

Del análisis de los numerosos registros fotográficos y de la escasa información anexa a ellos, resulta arriesgado inferir si la raya gigante es una especie costera o no. La casi totalidad de los ejemplares fueron pescadas desde la costa o desde



V. Flores

RAYA GIGANTE O BOBA



V. Flores

embarcaciones de poco calado ancladas a escasa distancia de la ribera del río. En un único caso en el río Uruguay se afirma haber pescado un ejemplar de gran porte a 1 km de la costa. No se cree que la especie sólo tenga distribución netamente costera como lo afirman Lucifora *et al.* (2016). Hay que tener presente que los pescadores deportivos y artesanales no frecuentan el cauce principal de los ríos donde la corriente es más fuerte y circulan navíos de gran porte y calado.

Sobre un total de 58 ejemplares cuyos pesos fueron estimados o registrados, 20 ejemplares habrían pesado entre 3 y 99 kg, 29 entre 100 y 150 kg, 5 entre 151 y 199 kg y sólo 4 entre 200 y 222 kg. Los ejemplares de gran porte (150-222 kg) representan sólo el 15% del total de las capturas deportivas, no siendo posible afirmar por el momento, que la pesca deportiva pueda haber puesto en riesgo la supervivencia de la especie.

Los registros escasos de esta especie en la ribera argentina del río de la Plata durante el período de primavera/verano, se deberían probablemente a la baja profundidad del estuario en toda su extensión y al hecho que la raya boba quizás prefiera los pozones que se producen en la zona de desembocadura de arroyos a ríos tributarios del Paraná bajo y medio y el Delta.

Por estas razones, se recomienda un control urgente de las pesquerías regionales del Paraná medio y Uruguay bajo y medio, en conjunto con los programas de muestreo con el fin de recopilar datos sobre su distribución y abundancia.

Por último, se recomienda también profundizar los estudios de alimentación y reproducción de los ejemplares adultos de

esta especie en la cuenca del Paraná, aprovechando las capturas deportivas.

Bibliografía

- Achenbach, G. M. y S. V. M. Achenbach, 1976. Notas acerca de algunas especies de raya fluvial (Batoidei, Potamotrygonidae) que frecuentan el sistema hidrográfico del Paraná Medio en el Departamento La Capital (Santa Fe - Argentina). *Comunicación Museo Provincial Ciencias Naturales "F. Ameghino"* 8: 1-34.
- Aguirre, A. 1945. A caça e a pesca no pantanal de Mato Grosso. Río de Janeiro, Ministerio da Agricultura. Servicio de Informação Agrícola. 47 pp.
- Almirón, A., J. Casciotta, L. Ciotek y P. Giorgis. 2015. Guía de los peces del Parque Nacional Pre-Delta. Administración de Parques Nacionales. Buenos Aires. 216 pp.
- Anónimo. 2012. La raya que pesó 118 kg. El Tribuno de Salta. Ed. 15/8/2012.
- Araujo, M. L. G., P. Charvet-Almeida y P. M. Pereira. 2004. Fresh water stingrays (Potamotrygonidae): status, conservation and management challenges. Information Document AC20: 8-1-6.
- Castello, H. P. 1975. Hunting for freshwater stingrays. *Tropical Fish Hobbyist* 23 (12): 19, 22, 24-26, 28-30, 34, USA.
- Castello, H. P. 1976. Stingrays of the Paraná River. *Wildlife* 18 (4): 175.
- Castex, M. N. 1963. La raya fluvial; notas histórico-geográficas. Publicación del Depto. de Ciencias Colegio de la Inmaculada Concepción. Santa Fe. Librería y Editorial Castellví S. A. 120 pp.
- Castex, M. N., J. Meyer y M. Murphy. 1963. Observaciones sobre un lote de *Potamotrygon brumi* obtenido en aguas santafesinas. Pp. 49-51. *En*: Castex, M. N. (Ed.). El género *Potamotrygon* en el Paraná Medio. *Anales Museo Provincial Ciencias Naturales "F. Ameghino"*.
- Castex, M. N. 1964. Estado actual de los estudios sobre la raya fluvial neotropical. *Revista Museo Provincial Ciencias Natuales "F. Ameghino"*, Número extraordinario del cincuentenario: 9-49.
- Castex, M. N. 1966. Observaciones en torno al género *Elipesus* Schomburg, 1842 y una nueva sinonimia de *Potamotrygon brachyurus* (Günther, 1880) (Chondrichthyes, Potamotrygonidae). *Physis* 26 (71): 33-38.
- Castex, M. N. 1967a. Observaciones en torno a las formaciones estelares que recubren el dorso de algunas especies de rayas de agua dulce. (Chondrichthyes, Potamotrygonidae). *Physis* 26 (73): 485-491.
- Castex, M. N. 1967b. Notas sobre los dientes de las especies del género *Potamotrygon* Garman, 1877. (Chondrichthyes, Potamotrygonidae). *Physis* 26 (73): 493-496.
- Castex, M. N. y I. Maciel. 1965a. Breves consideraciones ecológicas e intento de una distribución geográfica de la familia Potamotrygonidae (Garman) 1913, en las grandes cuencas sudamericanas. *Dirección Recursos Naturales Provincia Santa Fé Publicación Técnica* 14: 5-15.
- Castex, M. N. y I. Maciel. 1965b. Hallazgo de *Potamotrygon brumi* (Devincenzi y Teague 1942), en aguas de Santa Fe (Argentina). *Dirección Recursos Naturales Provincia Santa Fé Publicación Técnica* 14: 17-20.
- Cazenave, J. y C. Bacchetta. 2001. Catálogo de peces argentinos de agua dulce del Museo Provincial de Ciencias Naturales Florentino Ameghino. Museo Provincial de Ciencias Naturales. Santa Fe. Serie Catálogo N° 10.
- Cordiviola, E., D. del Barco, M. Campana y A. Trógo. 2007. Los peces del sitio Ramsar Jaaukanigás, río Paraná Medio, Santa Fé, Argentina. Nuevos datos. *Revista FABICIB* 11: 41-50.
- Charvet-Almeida, P. 2006. Natural history and conservation of freshwater stingrays Chondrichthyes: Potamotrygonidae in Xingu River, influence area of the hydroelectric Project of Belo Monte (Pará, Brasil). Tese de doutorado, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 475 pp.
- Charvet-Almeida, P., J. M. R. Soto y M. Pinto de Almeida. 2009. *Potamotrygon brachyura*. The IUCN Red List of Threatened Species 2009: e.T161687A5480430. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2009-2.RLTS.T161687A5480430.en>. Downloaded Acceso en 17/06/10.
- Chemes, S. B y M. S. Tabeni. 2001. Un caso teratológico de *Potamotrygon brachyurus* en el río San Javier (Provincia de Santa Fé -Argentina). *Natura Neotropicalis* 32 (1): 65-69.
- Devincenzi, G. J. y G. W. Teague. 1942. Ictiofauna del río Uruguay medio. *Anales Museo Historia Natural Montevideo*, 2ª. Sección 5 (4): 1-104.
- Drioli, M. y G. Chiaramonte. 2005. *Potamotrygon motoro*. The IUCN Red List of Threatened Species 2005: e.T39404A10226461. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2005.RLTS.T39404A10226461.en>. Downloaded on 07 June 2016.
- Gonzo, G. M. 2003. Peces de los ríos Bermejo, Juramento, y cuencas endorreicas de la Pcia. de Salta. Publicación del Museo. Ciencias Naturales, CONICET y Universidad. de Salta. 243 pp.
- Günther, A. 1880. A contribution to the knowledge of the fish fauna of the Rio de la Plata. *Annals and Magazine of Natural History* (5) 6: 7-13.
- Liotta, J., B. Giacosa y M. Wagner. 1995. Lista comentada de la ictiofauna del delta del río Paraná. *Revista de Ictiología* 4 (1-2): 23-32
- López, H. L., J. R. Casciotta, A. M. Miquelarena y R. C. Menni. 1984. Nuevas localidades para peces de agua dulce de la Argentina. IV. Uruguay y afluentes. *Studia Neotropical Fauna and Environment* 19 (2): 73-87.
- López, H. y J. Ponte. 2013. Ictiólogos de la Argentina: Mariano Narciso Antonio José Castex. *ProBiota, Serie Técnica y Didáctica* 14 (42): 1-30.
- Lucifora, L. O., S. Barbini, S. Llamazares, P. A. Scarabotti, F. Vargas, A. Solari, E. Mabragna y J. M. Díaz de Astarloa. 2016. Geographic distribution of the short tailed river stingray, *Potamotrygon brachyura*: assessing habitat loss and fishing as threats to the world's largest obligate freshwater elasmobranch. *Marine and Freshwater Research* 67: 1463-1478.
- Llompert, F., A. Paracampo, P. Solimano y I. García. 2012. Peces de la Reserva Natural Punta Lara. Pp. 57-70. *En*: Roesler, I. y M. G. Agostini (Eds.). Inventario de los verte-

RAYA GIGANTE O BOBA



V. Flores

- brados de la Reserva Natural Punta Lara, provincia de Buenos Aires, Argentina. Temas de naturaleza y conservación. Monografía de Aves Argentinas No 8. Buenos Aires, Argentina.
- Martínez Achembach, G. y S. V. M. Achembach. 1976. Notas acerca de algunas especies de raya fluvial (Batoidei, Potamotrygonidae) que frecuentan el sistema hidrográfico del Paraná medio en el Depo. La Capital (Santa Fe - Argentina). *Comunicaciones. Museo Provincial Ciencias. Naturales* 8: 3-34.
 - Menni, R. C. 2004. Peces y ambientes en la Argentina continental. *Mongrafía Museo Argentino Ciencias Naturales* 5: 1-316.
 - Miranda Ribeiro, A. de. 1907. *Comm. Linhas Telegr. Estratégicas do Mato Grosso ao Amazonas* (920) LVIII (5): 4.
 - Oddone, M. C., G. Velasco y G. Rincon. 2008. Occurrence of freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) in the Uruguay River and its tributaries, Uruguay, South America. *Aqua* 14 (2): 69-75.
 - Oddone, M. C., G. Velasco y P. Charvet. 2012. Records of freshwater stingrays, *Potamotrygon brachyura* and *P. motoro* in the lower Uruguay river, South America. *Acta Amazonica* 42 (2): 299-304.
 - Oldfield, R. G. 2005. Biology, husbandry and reproduction of freshwater stingrays. I, II. *Tropical Fish Hobbyist* .53 (12): 114-116; 54 (1) 112-114.
 - Prenske, L. B. y C. Baigún. 1986. Resultados de la prospección pesquera en el embalse de Salto Grande (Febrero 1980 - Febrero 1981). *Revista Investigación Desarrollo Pesquero* 6: 77-102.
 - Quintana, R. D., R. F. Bo, J. A. Merler, P. G. Minotti y A. I. Malvárez. 1992. Situación y uso de la fauna silvestre en la región del bajo Delta del río Paraná, Argentina. *Iheringia, Serie Zoología* 73: 13-33.
 - Ringuelet, R. A., R. Arámburu y A. A. de Arámburu. 1967. Los peces argentinos de agua dulce. Comisión de Investigaciones Científicas. Provincia de Buenos Aires (CIC) La Plata. 602 pp.
 - Roa, B. H. y E. D. Permingeat. 1999. Composición y abundancia de la fauna íctica en dos estaciones de muestreo del embalse de Yacyretá, Argentina. *Revista de Ictiología* 7: 49-57.
 - Soto, J. M. R. y M. M. Mincarone. 2004. Collections of the Museu Oceanográfico do Vale do Itajaí. I. Catalog of cartilaginous fishes (Myxini, Cephalaspidomorphi, Elasmobranchii, Holocephali). *Mare Magnum* 2 (1-2): 1-125.
 - Verissimo, S., C. S. Pavanelli, H. A. Britski e M. M. M. Mareira. 2005. Fish, Manso Reservoir region of influence, Rio Paraguay Basin, Mato Grosso State, Brazil. Check list. *Paraguay Basin, Mato Grosso State, Brazil* 1 (1): 4.
- Anexo 1.** Registros de raya gigante *Potamotrygon brachyura* en ambas márgenes del río Paraná
- Pcia. de Misiones:** Frente a Posadas, (27°19'S-55°53'O), LT: 1,50 m; 80 kg y otro debajo del Puente Gral., Belgrano (1); Nemesio Parma, cerca de Posadas (27°21'23"S-56°01'02"O) (2); Club Pesca Pirá Pytá, Posadas (27°19'S-55°53'O) LT: 1,5 m; 80 kg (3).
- República del Paraguay:** Isla Tronco, frente al Puerto de Ayolas (27°24 'S-56° 54'O) 90 kg (4); ciudad de Encarnación, Puerto (27°25S-56°31'O) (5); Encarnación (27°33'S-55°09'O), LT: 1,7 m, AD: 1,35 m, 150 kg (5').
- Pcia. de Corrientes:** El Sombrero (27°07S-59°17'17"O) (150 kg) (6); Paso de la Patria, confluencia río Paraguay (27°32'07"S-58°58'33"O), 80 kg (7); Empedrado, (28°00'S- 58°46'O) LT: 0,96 m, 35 kg (8); Bella Vista (28°33'S-9°00'O), 125 kg (9); Bella Vista (28°33'S-59°00'O), 120 kg, y varias rayas (10); entre el Puente y Pirá Ñaró, Bella Vista (28°33'S-59°00'O), 208 kg (11); aguas abajo de Goya (29°10'S-59°10'O) (12); arroyo Soto, afluente del río Paraná, cercanías de Goya (29°10'S-59°10'O) 120 kg (13); Goya (29°10'S-59°10'O) 100 kg (14); río Corrientes (30°21'S-59°33'21"O) (15).
- Pcia. de Santa Fé:** río Correntoso, sitio Ramsar Jaaulkanigás (28°50'12"S-59°26'45"O) (16); arroyo Correntosito, afluente Paraná, frente a Pto. Reconquista (29°23'33"S-60°O) 115 kg (17); arroyo Ramadillo, Pto. Reconquista (29°23'33"S-60°O) 155 kg (18); región costera del Paraná, AD: 1,5 m aprox. (19); Pan Dulce, desembocadura río Guaycurú, cerca de Esquina (30°00'S-59°53'33"O) AD: 1,2 m, 15 kg aprox. (20); Esquina (30°01'S-59°53'O) (21); Esquina (30°01'S-59°53'O) 120 kg (22); arroyo San Pedro, cerca de Vera y Pintado (30°15"S-60°35'O) (23); San Javier en Alejandra (30°30'S-60°23'33"O) 115 kg (24); San Javier en Alejandra (30°30'S-60°33'O) 80 kg aprox. (25); San Javier en Varillar de Bieri, Islas del Distrito (30°34'S-59°56'O), AD: 1,3 m, 130 kg (26); San Javier en Colonia California (30°35'00'S-59°57'O), 140 kg (27); San Javier frente a Colonia California (30°45'33"S-60°40'35"O) (28); arroyo Las Francesitas, afluente del río Paraná (31°15'S-60°33'33"O), 130 kg, y otras cinco rayas (29); San Javier (31°15'S-60°33'33"O), LT: 1,7 m, AD: 1,17 m, 168 kg (30); San Javier (31°15'S-60°33'33"O) (31); frente a ciudad de Sta. Fé (31°35'S-60°41'O) (32); frente al club de pesca deportiva El Pacú, Alto Verde, en la Isla Sirgadero, frente a la ciudad de Sta. Fé, 70 kg (33); laguna Setubal, marginal al Paraná cerca ciudad de Sta. Fé (31°35'S-60°41'O) (34); Colastiné, afluente del río Paraná medio cercanías de la ciudad de Sta. Fé (31°35'S-60°41'O), LT: 1,157m, AD: 0,85 m, 29,5 kg (35); arroyo El Luciano, río Colastiné, afluente del río Paraná (31°40'S-60°36'O) (36); islas del Paraná, Colonia San José, Distrito San Javier (31°43'S-61°3'O), 144 kg (37); Coronda, frente a elevadores de Grano (31°58'S-60°56'O), AD: 1 m, 47 kg (38); Isla de San Javier (32°01'2"S-59°06'23"O), > 100 kg (39); San Javier (32°01'2"S-59°06'23"O) 167 kg (40); desembocadura arroyo San Lorenzo (32°32'07"S-61°13'33"O), > 100 kg (41).
- Pcia. de Entre Ríos:** Ciudad de La Paz (31°15S-60°05'O) (42); Ciudad de La Paz (31°15'S-60°05'O), AD: 1,5 m, 196 kg (43); frente a ciudad de Santa Elena (31°35'S-60°41'O), LT: 1,5 m, AD: 1,23 m, 158 kg (44); arroyo Paranacito en Las

RAYA GIGANTE O BOBA

Cuevas (32°38'33"S-47°17'O), 130 kg (45); delta del Paraná Inferior (3°07'07"S-59°05'O) (46); Pto. Los Topler, Diamante (32°06'44"S-61°02'05'O), dos rayas: 50 y 150 kg c/u (47); confluencia arroyo Barrancoso y La Camiseta, en Victoria (33°01'S-60°15'48"O), 150 kg (48); Paraná Guazú en Pasaje Talavera, Isla del Sauce (34°18'33"S-59°32'07'O), LT: 1,2 m, > 100 kg (49); Parque Nacional Pre-Delta (arroyos La Azotea, La Jaula, Tapera de Chano, Los Dorados, Las Mangas y otros cercanos (32°07'S-60°37'O) (50).

Prov. de Buenos Aires: Paraná Guazú en San Nicolás (33°19'47"S-60°13'47"O) (51); arroyo Las Piedras Paraná Bravo (34°35'53"S-58°54'27"O) (52), canal Rompani, primera sección de las islas del Delta Tigre (34°23'54"S-58° 34'12"O) hembra (07/02/16) (53).

Referencias de los registros: 1) El Clarín (sin fecha) y Castex com. pers.; 2) Roa y Permingeat (1999); 3) El Clarín (31/12/1970); 4) sin datos (30/09/2007); 5) www.tierradepperiodistas.com/index.php?op=noticia&id=4304; 5') misionesonline (20/04/2009); 6) Radio Sudamericana (06/03/2011); 7) Art. periodístico sin fecha; 8) foto col. H.P.C (02/1976); 9) Fotos + video Jeremy Wade (07/9/2011); 10) Facebook, Arg. Fish. Adv. (10/2013); 11) WEB (29/03/2007); 12) sin datos (30/11/2012);

13) Radio Sudamericana (9/12/2011); 14) Diario Época (17/03/2011); 15) Menni (2004); 16) Cordiviola *et al.* (2007); 17) sin datos (7/11/2013); 18) Reconquista Hoy (07/11/2013); 19) El Litoral (04/01/2002); 20) Portal del Sur (13/07/2006); 21) sin datos (22/08/2012); 22) Diario Sport (07/09/2012); 23) Rev. Camping (10/1971); 24) Sin Mordaza (20/04/2011); 25) Blog fmvida (23/04/2013); 26) El Litoral (31/03/2011); 27) Sanjavierinos (14/01/2013); 28) sin datos (12/01/2013); 29) sanjavierenreflejos (28/11/2012); 30) Blog Pescalandia (14/04/2011); 31) sin datos (31/03/2011); 32) unoentrierios (15/04/2013); 33) Diario La Prensa (20/11/1964); 34) MACN Ictilog. No. 9088; 35) Castex (com. pers.); 36) Cazenave y Bacchetta (2001); 37) Blog sanjavierinos y extremolitoral (09/10/2008); 38) El Litoral (30/01/1967); 39) El Litoral (31/10/2011); 40) entremolitoral (09/04/2011); 41) ¿La Razón? sin foto (22/9/1972); 42) sin datos (10/10/2013); 43) unoentrierios (15/04/2013); 44) Radio Power (09/11/2012); 45) elonce (02/04/2011); 46) Rev. Camping (10/1971); 47) El Supremo (25/02/2003); 48) elentrierios y Diario Hoy (03/12/2012); 49) La Razón (5/12/1968); 50) Almirón *et al.* 2015; 51) Liotta *et al.* (1995); 52) Semanario pescador (17/11/2005); 53) CFA-IC-6175 (Bogan, com. pers.).





8. DIVERSIDAD, USO Y CONSERVACIÓN DE LAS RAYAS (MYLIOBATIFORMES: POTAMOTRYGONIDAE) EN BOLIVIA

Jaime Sarmiento, Fernando M. Carvajal-Vallejos, Soraya Barrera, Dennis Lizarro, Guido Miranda-Chumacero, Gustavo Álvarez, Hailin Calderón, Leslie Córdova, América J. Zeballos Fernández y Karina Osinaga

Resumen

En el presente capítulo se presenta una síntesis del conocimiento actual sobre la composición, distribución y principales aspectos de la ecología de las rayas (Myliobatiformes: Potamotrygonidae) de Bolivia. Tomando como referencia especímenes depositados en colecciones de peces y registros realizados en el marco de proyectos sobre ictiofauna y pesquerías, se registraron cinco especies (*Paratrygon aiereba*, *Potamotrygon falkneri*, *P. motoro*, *P. orbignyi* y *P. tatiánae*). Todas las especies fueron registradas en la cuenca amazónica del país y se conocen registros de dos especies (*P. falkneri* y *P. motoro*) en la cuenca del Paraguay-Paraná en Bolivia. La mayor parte de las especies se alimentan de macroinvertebrados, incluyendo insectos, cangrejos y camarones y, en menor proporción, de peces. La reproducción se concentra en los meses de aguas altas (noviembre a febrero-marzo). Las especies son vivíparas y presentan baja fecundidad. Aunque no existen especies en las listas de espe-

cies amenazadas de Bolivia, en los últimos años se ha incrementado el uso comercial de algunas especies. A pesar del incremento notable del conocimiento sobre la fauna de peces de las tierras bajas de Bolivia, se requiere profundizar el estudio de la ecología y pesquerías de las especies de rayas, y el desarrollo actual de las pesquerías.

Palabras clave. Alimentación. Cuenca alta del Madera. Distribución. Reproducción.

Introducción

Situada en la parte central de Suramérica, Bolivia forma parte, además de la cuenca del Altiplano hacia el oeste en la que no existen registros de rayas, de las cuencas del Amazonas, al norte y del Paraguay-Paraná, hacia el sur, las dos más importantes y de mayor superficie en Suramérica. Esta conjunción está asociada a una extraordinaria diversidad de sistemas acuáticos, que favorece la presencia de una gran riqueza de especies de peces. Transgresiones

RAYAS BOLIVIA



W. A. Montaña

marinas ocurridas durante diferentes fases de la historia de Suramérica, han contribuido a la configuración ictiogeográfica de la región y, probablemente, favorecieron la penetración profunda de algunos grupos de origen marino, particularmente las rayas de la familia Potamotrygonidae, que caracterizan a los ríos de Suramérica (Carvalho *et al.* 2004). Actualmente se conocen registros de cinco especies de rayas en los ríos de las cuencas del Amazonas y del Paraguay-Paraná en Bolivia. En el presente capítulo, se presenta de manera breve y concisa información sobre la riqueza y distribución de especies en Bolivia, datos sobre los principales aspectos de su ecología, las interacciones entre las poblaciones humanas y las rayas, y los principales problemas de conservación.

Ámbito geográfico

Las tierras bajas de Bolivia forman parte de las cuencas del Amazonas al norte y del Paraguay-Paraná, al sur (Figura 1). Incluye toda la red hidrográfica de la llanura amazónica, la cuenca alta del río Madera en Bolivia, con el río Madre de Dios que se origina en el sureste del Perú; el río Beni que nace en las estribaciones orientales de la Cordillera Real al noroeste de Bolivia en los departamentos de La Paz y Cochabamba, y el río Grande-Mamoré que se origina en la parte central de Bolivia entre los departamentos de Cochabamba y Chuquisaca. Más hacia el este se encuentra el río Iténez (o Guaporé) que se origina en las serranías del escudo pre-Cámbrico entre Bolivia y Brasil.

La cuenca del Paraguay-Paraná por su parte, está representada por dos ríos de origen andino: el Pilcomayo que nace en la vertiente oriental andina entre los departamentos de Potosí, Chuquisaca y Ta-

rija en el sur de Bolivia y el río Bermejo que nace en serranías y cordilleras del departamento de Tarija en el sur de Bolivia y norte de la Argentina. La cuenca, en su extremo este incluye las nacientes del río Paraguay que forma parte del sistema de drenaje de la gran llanura de inundación del Pantanal entre Bolivia y Brasil (departamento de Santa Cruz).

La mayor parte de los ríos de ambas cuencas en Bolivia se caracterizan por su origen en la vertiente oriental andina, lo que da lugar, hacia el oeste, a la presencia de paisajes asociados a formaciones montañosas y submontañas en las laderas de los Andes, y ríos de llanura en las planicies chaco-benianas, hacia el este.

En la vertiente oriental andina, predominan ambientes fluviales de diferente orden que, en general se caracterizan por una alta velocidad de corriente, sustratos pedregosos y altos contenidos de oxígeno disuelto. En la región del piedemonte, que corresponde al límite altitudinal de la distribución de las rayas, los ríos adquieren grandes dimensiones con anchos de cauce que pueden superar los 500 m, altas velocidades de corriente, sustratos usualmente pedregosos, con presencia de arena y sustratos más finos en zonas de corriente lenta, y piedras grandes y bloques en zonas de rápidos.

Los ríos de llanura presentan generalmente cauce sinuoso a meandrónico, con marcados cambios de caudal durante el año, corrientes laminares y sustratos arenolimosos, en general finos a muy finos. Los ríos que nacen de la vertiente oriental andina corresponden a los denominados sistemas de aguas blancas de la clasificación de Sioli (1950), que se caracterizan por la coloración gris-lechosa de sus aguas,

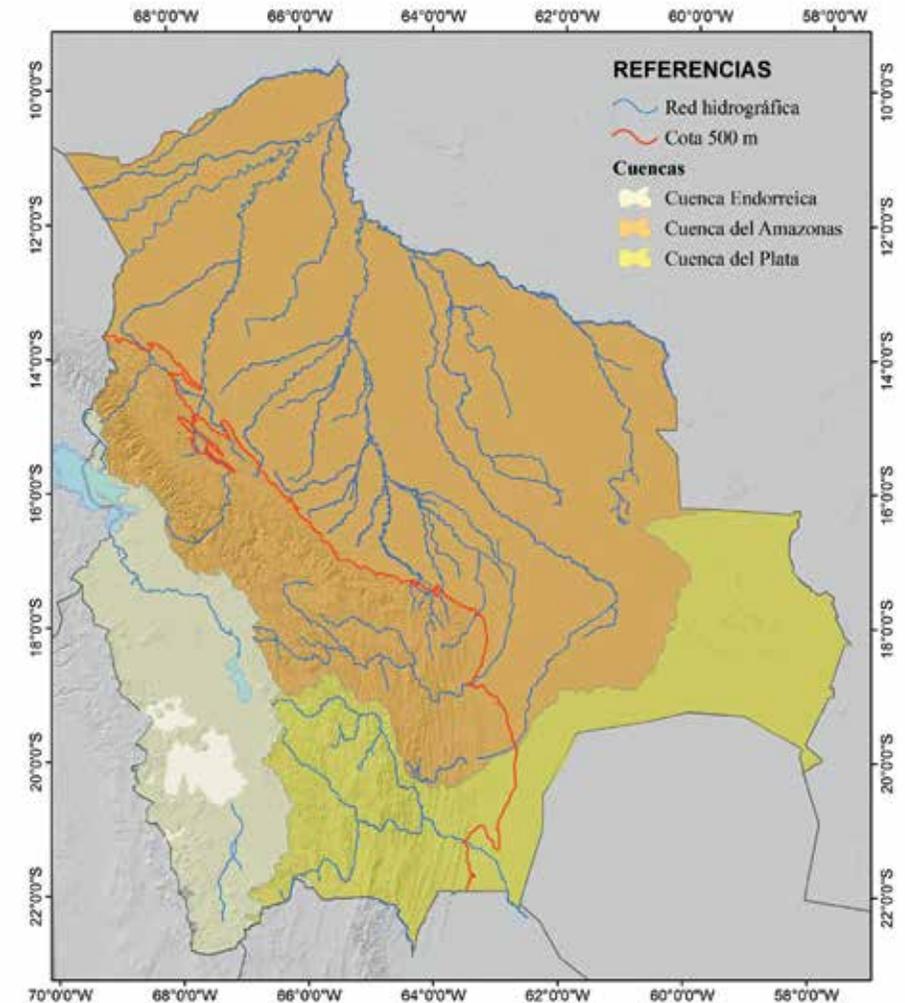


Figura 1. Mapa hidrográfico de Bolivia.

debida a la gran carga de sedimentos en suspensión, asociada a una muy baja penetración de luz, principalmente durante el período de aguas bajas. Por el contrario, los ríos que se originan en el escudo brasileño,

como el Iténez (cuenca del Madera) o el Paraguay de la cuenca del Paraguay-Paraná, se caracterizan por aguas claras con una baja carga de sedimentos. En la figura 2 se presentan ejemplos de sistemas acuáticos y hábitats donde fueron capturadas las diferentes especies de rayas.



W. A. Montaña



Figura 2. Sistemas acuáticos y hábitats donde se capturaron especies de rayas en Bolivia. a) Arroyo Chamaleo, cuenca alta del río Beni; b) río Hondo, afluente de la cuenca alta del río Beni; c) río Madre de Dios; d) laguna de várzea del río Beni; e) río Beni; f) río Madre de Dios. Fotos: S. Barrera (a), G. Miranda-Chumacero, WCS-Bolivia. (b), F. Carvajal-Vallejos (c-f).

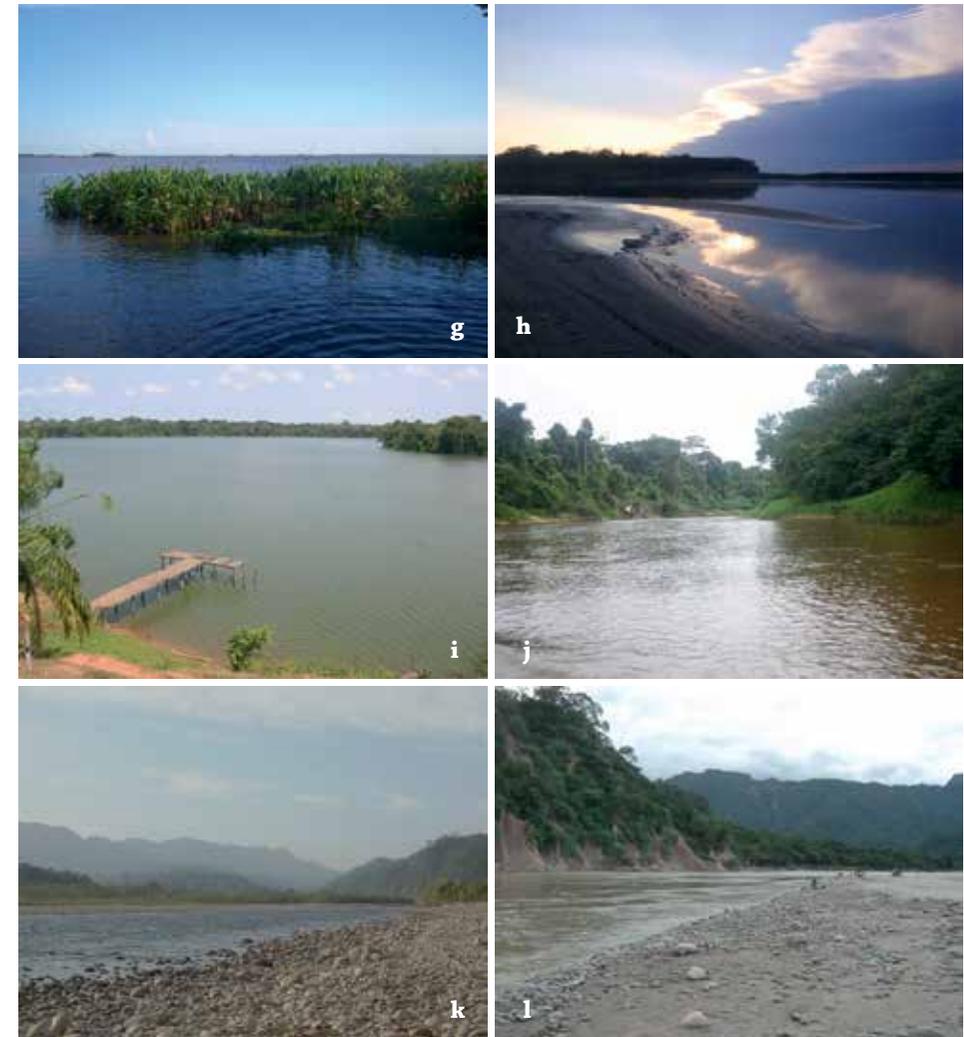


Figura 2. Continuación. g) Laguna Suárez, cuenca del río Mamoré; h) playas del río Mamoré; i) Lago Tumi Chucua, cuanca del río Beni; j) río Asunta, afluente del río Madre de Dios; k) río Bermejo, cuenca del Paraguay-Paraná en Bolivia; l) río Pilcomayo, cuenca del Paraguay-Paraná en Bolivia. Fotos: F. Moreno (g); D. Lizarro (h), G. Miranda-Chumacero, WCS-Bolivia. (i), G. Álvarez, WCS-Bolivia. (j), S. Barrera (k, l).

RAYAS BOLIVIA

Especies de rayas registradas en Bolivia: composición y distribución

No existen trabajos exhaustivos sobre las rayas de Bolivia. Las primeras referencias se encuentran en un trabajo, basado en una revisión bibliográfica, en el que se mencionan dos especies (Terrazas 1970). Posteriormente, Lauzanne *et al.* (1991) incluyeron cuatro taxones con determinaciones por confirmar o a nivel de género o familia en su lista de peces de la Amazonia boliviana. Varios años más tarde Pouilly *et al.* (2010) reportaron siete especies de rayas entre la fauna de peces de la Amazonia boliviana. La última lista publicada de peces de Bolivia, incluye cinco especies de rayas (Carvajal-Vallejos *et al.* 2014). En la

presente edición se considera la presencia confirmada de cinco especies de rayas en Bolivia: *Paratrygon aiereba* (Müller y Henle 1841), *Potamotrygon falkneri* Castex y Maciel 1963, *Potamotrygon motoro* (Müller y Henle 1841), *Potamotrygon orbignyi* (Castelnau 1855) y *Potamotrygon tatanai* Silva y Carvalho 2011.

***Paratrygon aiereba* (Müller y Henle, 1841)** (Figura 3)**Distribución**

Se conocen reportes de 18 especímenes provenientes de Bolivia. La especie ha sido registrada en el río Iténez en la frontera con Brasil, el Río Madre de Dios al oeste de Bolivia cerca a la frontera con el Perú,



Figura 3. *Paratrygon aiereba*. Espécimen capturado en el río Madre de Dios, norte de Bolivia. Foto: G. Álvarez, WCS-Bolivia.



W. A. Montaña

Tabla 1. Datos y relaciones morfométricas para neonatos (n=2), juveniles (n=2) y adultos (n=4) de *Paratrygon aiereba* de la cuenca alta del río Madera en Bolivia. AD: ancho del disco; LD: largo del disco.

Estadio de desarrollo	Intervalo (mm)		Promedio (mm)		% AD	
	AD	LD	AD	LD	AD	LD
Neonatos	112 - 150	123 - 165	131	144	100	109,9
Juveniles	206 - 231	223 - 253	218,5	238	100	108,9
Adultos	451 - 838	502 - 920	649,2	714,3	100	110

y el río Madidi, afluente del río Beni, lo que indicaría una amplia distribución en el norte de Bolivia. Las localidades se encuentran en los departamentos de Beni, Pando y La Paz (Figura 5a).

Talla y peso

Existen datos de ocho especímenes reportados para Bolivia, aunque solo tres se encuentran en colecciones bolivianas. Las tallas de los ejemplares registrados para Bolivia varían entre 11,2 y 83,8 cm de ancho del disco (Tabla 1), con pesos que varían entre 0,4 y 5,7 kg, aunque existen registros de hasta 42 kg en otras partes de la Amazonia (Lasso *et al.* 2013).

Alimentación

Se alimenta principalmente de cangrejos, insectos y peces (Sarmiento *et al.* 2014).

Reproducción

Es una especie que presenta una estación de reproducción larga, que se extiende principalmente durante el período de lluvias. El tiempo de gestación puede durar hasta nueve meses y presenta una fecundidad entre 1 y 9 embriones. Dos especímenes de 12,3 y 16,5 cm fueron registrados en los primeros días de octubre, en la cuenca del río Iténez, lo que indicaría que

en la cuenca alta del Madera en Bolivia, el parto se produciría entre el final de la época seca y el principio de la época de lluvias.

***Potamotrygon falkneri* Castex y Maciel, 1963** (Figura 4)**Distribución**

Existen reportes de 13 especímenes de *P. falkneri* en Bolivia, incluyendo ejemplares determinados como *P. castexi* Castello y Yagolkowski 1969, actualmente considerado como sinónimo de *P. falkneri* (Silva y Carvalho 2011). La mayor parte de los especímenes provienen de la cuenca del río Iténez o Guaporé (frontera con el Brasil) al norte del departamento de Beni. Además existen reportes de un individuo proveniente de la cuenca del Mamoré en la parte central del departamento del Beni, uno en el río Quiquibey, cuenca del río Beni, en el departamento de La Paz y dos especímenes capturados en la laguna Ventarrón en la cuenca del río Madre de Dios, oeste de Bolivia, cerca de la frontera con el Perú. También hay reportes fotográficos de esta especie en la cuenca del Río Grande de Tarija (departamento de Tarija), afluente del río Bermejo (cuenca del Paraguay-Paraná), en el departamento de Tarija al sur de Bolivia (Figura 5a).

RAYAS BOLIVIA



W. A. Montaña



Figura 4. *Potamotrygon falkneri*. Especímen proveniente del río Madidi, cuenca del río Beni oeste de Bolivia. Foto: J. Larsen Maher, WCS-Bolivia.

Tabla 2. Datos y relaciones morfométricas para neonatos (n=2), juveniles (n=2) y adultos (n=3) de *Potamotrygon falkneri* de la cuenca alta del Madera en Bolivia. AD: ancho del disco; LD: largo del disco.

Estadio de desarrollo	Intervalo (mm)		Promedio (mm)		% AD	
	AD	LD	AD	LD	AD	LD
Neonatos	97 - 113	105 - 122	105	113,5	100	108,1
Juveniles	288 - 340	282 - 378	314	330	100	105,1
Adultos	380 - 590	403 - 620	451,4	477,7	100	105,8

Talla y peso

Existen datos de siete individuos provenientes de Bolivia, incluyendo neonatos, juveniles y adultos. Las tallas varían entre 9,7 y 59 cm de ancho de disco (Tabla 2). Los pesos registrados varían entre 0,35 y

2,95 kg, para especímenes de 9,7 y 38,4 cm de ancho de disco, respectivamente.

Alimentación

Observaciones ocasionales muestran la presencia en el contenido estomacal de insectos adultos, cangrejos y peces.

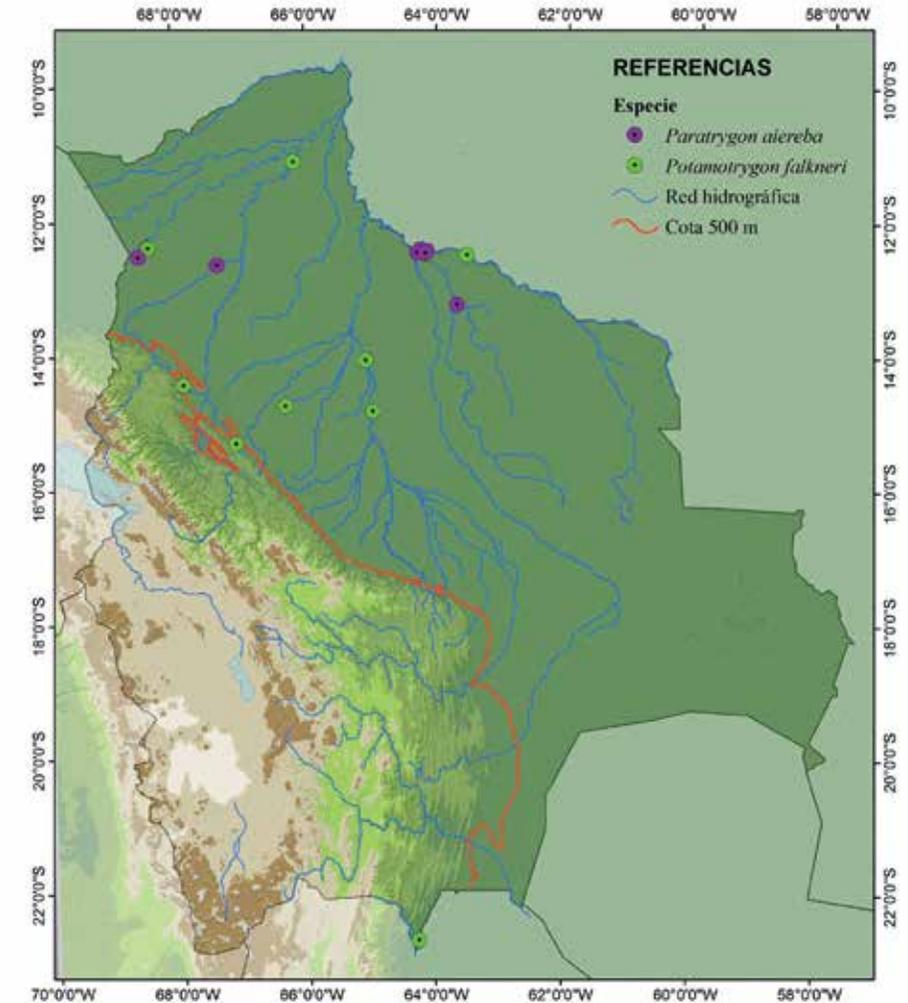


Figura 5. Mapa de distribución de las especies de Potamotrygonidae en Bolivia. a) *Paratrygon aiereba* (círculos morados); *Potamotrygon falkneri* (círculos verdes).

RAYAS BOLIVIA



W. A. Montaña

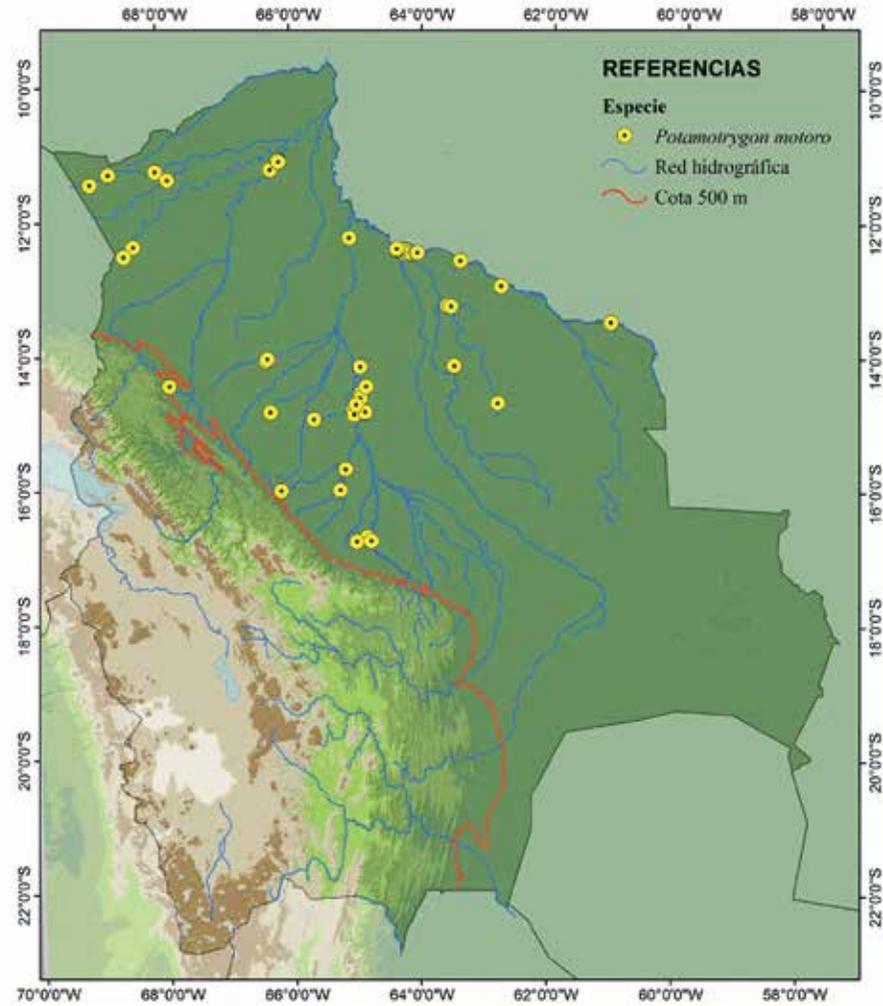


Figura 5 cont. Mapa de distribución de las especies de Potamotrygonidae en Bolivia. b) *Potamotrygon motoro* (círculos amarillos).

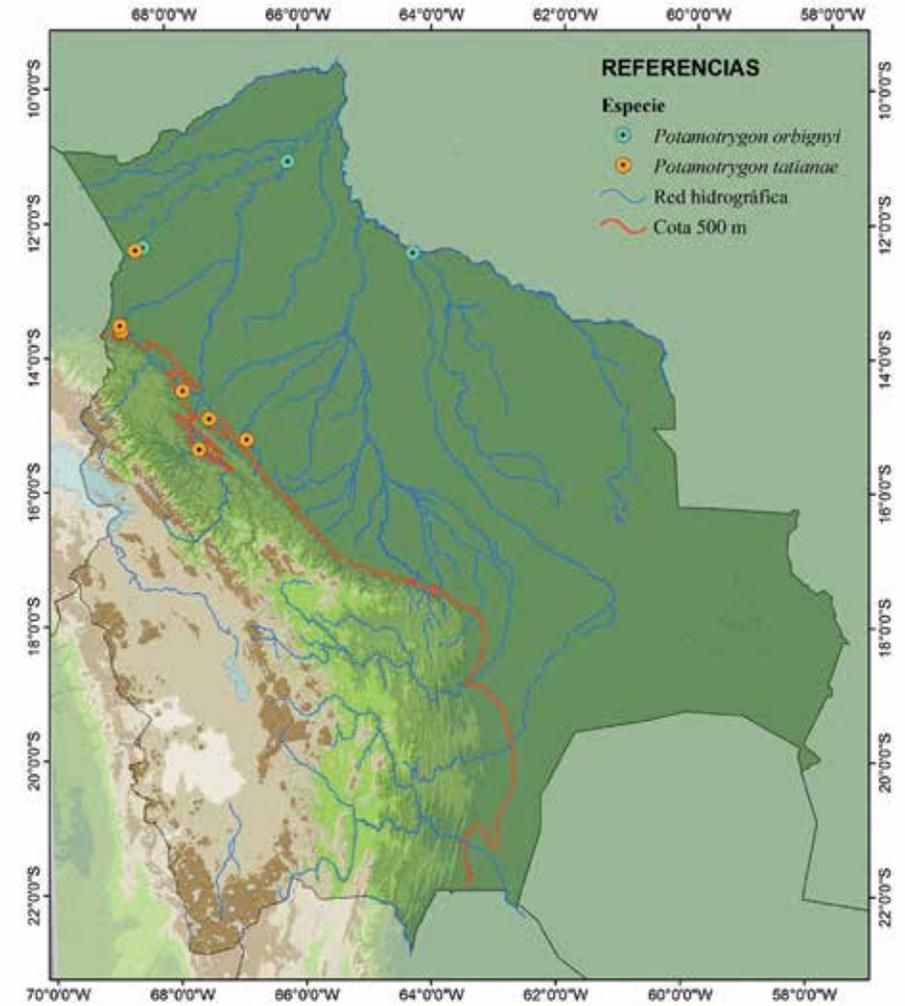


Figura 5 cont. Mapa de distribución de las especies de Potamotrygonidae en Bolivia. c) *Potamotrygon orbignyi* (círculos celeste); *Potamotrygon tatarianae* (círculos naranja).

RAYAS BOLIVIA

Reproducción

Un espécimen de 38,4 de ancho de disco fue registrado con dos neonatos (AD entre 9,7 y 11,3 cm), a principios de julio, lo que indicaría que el período de parto incluiría la época seca en Bolivia, aunque no hay datos sobre la duración.

Potamotrygon motoro (Müller y Henle, 1841) (Figura 6)**Distribución**

Ampliamente distribuida en Bolivia, en las subcuencas de los ríos Beni, Madre de Dios, Mamoré e Iténez. En la Amazonia los registros más australes corresponden a la cuenca de los ríos Isiboro-Sécure en el departamento de Cochabamba, el río Maniquí en el SO del departamento del Beni

y el río Tuichi en el departamento de La Paz. Aunque no se conocen colecciones de esta especie en las subcuencas de los ríos Pilcomayo y Río Grande de Tarija en el departamento de Tarija (sur de Bolivia), correspondientes a la cuenca del Paraguay-Paraná (Figura 5b).

Talla y peso

Se conocen datos de 28 especímenes de *P. motoro* de Bolivia (12H:16M), incluyendo seis neonatos, nueve juveniles y 13 adultos. El largo del disco varía entre 9 y 61 cm en especímenes conservados en colecciones (Tabla 3); sin embargo, existen reportes de individuos de más de 60 cm de AD y más de 12 kg de peso en la cuenca del río Yacuma, Beni central. Los neonatos



Figura 6. *Potamotrygon motoro*. Especímen proveniente de la cuenca del río Madre de Dios, norte de Bolivia. Foto: G. Álvarez, WCS-Bolivia.



W. A. Montaña

Tabla 3. Datos y relaciones morfométricas para neonatos (n=6), juveniles (n=9) y adultos (n=13) de *Potamotrygon motoro* de la cuenca alta del Madera en Bolivia. Abreviaturas: AD: ancho del disco; LD: largo del disco.

Estadio de desarrollo	Intervalo (mm)		Promedio (mm)		% AD	
	AD	LD	AD	LD	AD	LD
Neonatos	085 - 137	90 - 139	103,9	110	100	105,9
Juveniles	148 - 245	157 - 270	198,4	211,5	100	106,6
Adultos	263 - 540	255 - 610	318,5	343,6	100	107,9

Tabla 4. Variación del peso en tres grupos de edad de *Potamotrygon motoro* de la cuenca alta del Madera en Bolivia.

Estadio de desarrollo (n)	Peso mínimo [g]	Peso máximo [g]
Neonatos (6)	33	96
Juveniles (9)	145	850
Adultos (13)	800	6.000

registrados en Bolivia varían entre 8,5 y 13,7 cm de ancho de disco. El individuo de mayor tamaño es un macho de 54 cm de ancho de disco.

Los pesos varían entre 33 g de un neonato de 8,5 cm de ancho de disco, hasta los 6 kg de un individuo hembra de 54 cm de ancho de disco (Tabla 4, Figura 7). En el caso de los machos, se registró un ancho de disco máximo (AD) de 45 cm, correspondiente a un peso de 3,6 kg (Figura 7).

Alimentación

Es una especie básicamente carnívora que se alimenta de peces, moluscos, crustáceos e insectos bentónicos (Sarmiento *et al.* 2014). Sin embargo la dieta puede tener variaciones regionales, con un incremento en el consumo de insectos bentónicos, de acuerdo a la disponibilidad del recurso, en ríos del piedemonte.

Reproducción

La fecundación ocurre durante la época seca, la gestación dura aproximadamente seis meses y nacimientos tienen lugar durante la época de lluvias. Embriones tempranos fueron abortados por una hembra a fines del mes de octubre (principio de la época de lluvia) en el río Machupo, cuenca del río Iténez, y dos neonatos fueron reportados en el mes de diciembre, lo que indicaría que el parto ocurriría durante la época de lluvias, aunque no hay información sobre la duración. Los embriones tienen aproximadamente entre 1,5 y 2 cm de ancho de disco, presentan vellosidades que estarían asociadas al proceso de nutrición del embrión durante el desarrollo uterino (reproducción matrotrofica vivípara). La fecundidad registrada fue de 10 embriones. Las tallas de madurez sexual es de 40 cm de ancho de disco en machos y 44 cm en hembras.

RAYAS BOLIVIA



W. A. Montaña

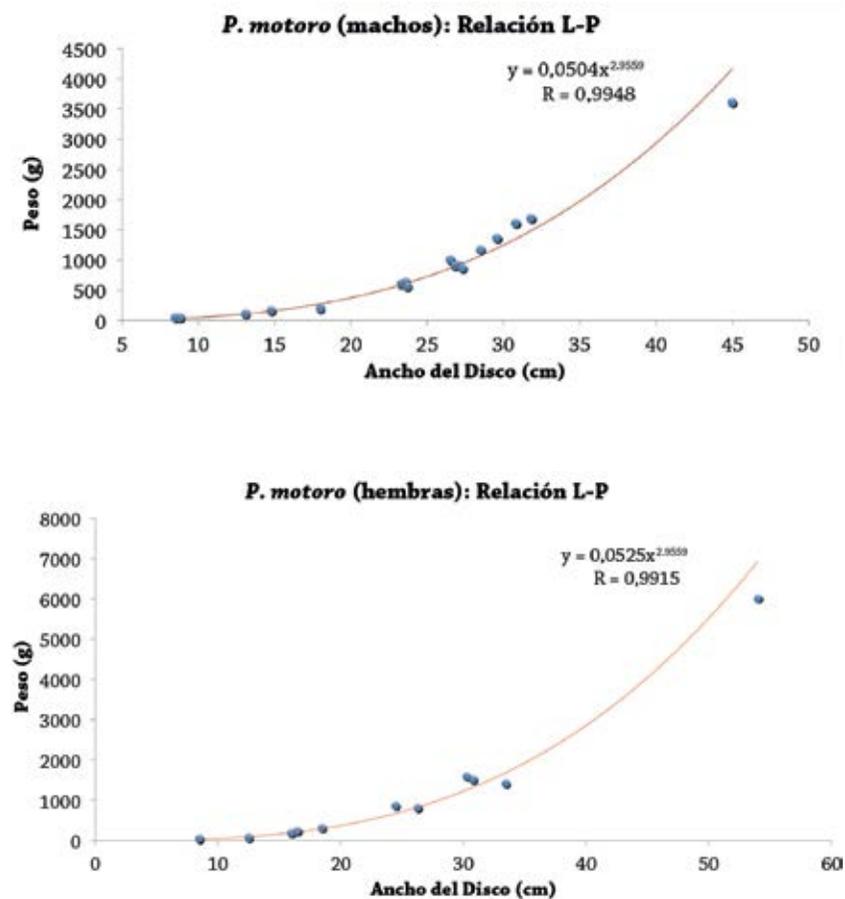


Figura 7. Relación talla (ancho del disco) - peso de *Potamotrygon motoro* en Bolivia, para machos (n=16) y hembras (n=12).

Movimientos migratorios

En general no existe información sobre eventuales movimientos migratorios de esta y otras especies de rayas. Sin embargo, se ha observado que *P. motoro*, puede realizar movimientos laterales hacia las llanuras de inundación durante la época de aguas altas.

Potamotrygon orbignyi (Castelnaud, 1855)

Distribución

Se conocen solo tres reportes de la especie en Bolivia, en la cuenca del río Iténez y en la cuenca del río Madre de Dios. De acuerdo a Rosa (1985) la especie se distribuye principalmente en el norte de Suraméri-

ca, por lo que los especímenes de Bolivia, registrados en el norte del país, probablemente representan la extensión más austral de la especie (Figura 5c).

Talla y peso

Solo se conocen datos de dos individuos juveniles de esta especie en Bolivia. El ancho de disco varía entre 13 y 25,7 cm. El individuo de mayor tamaño alcanza un peso de 0,91 kg.

No existen datos sobre la alimentación o reproducción de *P. orbignyi* en Bolivia.

Potamotrygon tatiana Silva y Carvalho, 2011 (Figura 8)

Distribución

La especie ha sido capturada en las cuencas de los ríos Madre de Dios, Beni y Mamoré

en el oeste de Bolivia. Tres individuos fueron capturados en la cuenca del río Madidi, afluente del río Beni, en una localidad próxima a la frontera con el Perú. Hay un ejemplar proveniente de la cuenca alta del río Yacuma (afluente del Mamoré) al SO del departamento del Beni. Los registros corresponden a los departamentos de Pando, Beni y La Paz (Figura 5c). La especie fue registrada hasta aproximadamente los 650 m de altitud, en la vertiente oriental andina.

Talla y peso

Existen datos de ocho especímenes (4M:4H) capturados en Bolivia, incluyendo cuatro juveniles y cuatro adultos. El ancho del disco varía entre 17 y 39,2 cm (Tabla 5), con pesos que varían entre 0,22 kg y 2,9 kg para individuos de 17 y 39,2 cm de ancho de disco.



Figura 8. *Potamotrygon tatiana*. Especimen proveniente del río Madidi, cuenca del río Beni, oeste de Bolivia. Foto: M. Spanowics, WCS-Bolivia.

RAYAS BOLIVIA



W. A. Montaña

Tabla 5. Datos y relaciones morfométricas para juveniles (n=4) y adultos (n=4) de *Potamotrygon tatiánae* de la cuenca alta del Madera en Bolivia. Abreviaturas: AD: ancho del disco; LD: largo del disco.

Estadio de desarrollo	Intervalo (mm)		Promedio (mm)		% AD	
	AD	LD	AD	LD	AD	LD
Juveniles	170 - 268	183 - 296	239,5	260,8	100	108,9
Adultos	323 - 392	357 - 441	367,8	406,8	100	110,6

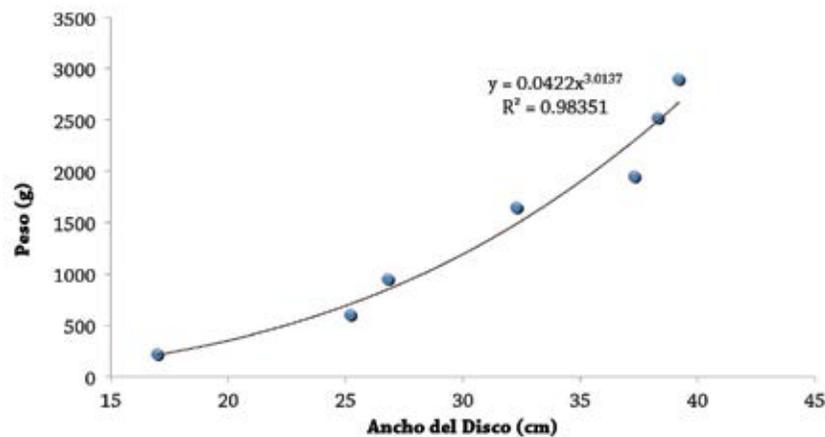


Figura 9. Relación talla (ancho del disco) - peso de *Potamotrygon tatiánae* en Bolivia (n=7).

La relación talla (ancho del disco) - peso para el total de individuos capturados en Bolivia muestra una relación que se caracteriza por un mayor incremento relativo del peso a medida que aumenta la talla (ancho del disco), con machos que alcanzan tallas y pesos mayores que las hembras (Figura 9).

Alimentación

No existe información sobre la alimentación en Bolivia.

Reproducción

Sin información. Sin embargo, existen reportes de un individuo juvenil (17 cm de

ancho de disco), capturado en el mes de enero, lo que permite deducir que el período de nacimiento ocurriría desde el final de la época seca.

Otras especies de rayas mencionadas en la literatura

Frecuentemente se menciona en la literatura boliviana la presencia de *Potamotrygon hystrix* (Müller y Henle 1841) entre las especies de rayas presentes en el país. En las referencias citadas más arriba, se considera la presencia de esta especie en la cuenca del Mamoré. De acuerdo al trabajo de Rosa (1985), *P. hystrix* es conocida

solamente de la parte baja del río Paraná en la Argentina y posiblemente su distribución se extendería a la cuenca del río Paraguay, distribución actualmente, confirmada. Consecuentemente se considera que, en el caso de los reportes de esta especie en la cuenca del Amazonas en Bolivia, se trataría de una identificación errónea o inclusiones en compilaciones generales basadas en el área de distribución de la especie propuesto por Müller y Henle (1841) y replicado por diferentes autores a partir de entonces.

En los últimos años, en base a una revisión de las especies del grupo “motoro” en la cuenca del Paraguay-Paraná, se han descrito dos nuevas especies pertenecientes a este círculo de especies: *Potamotrygon amandae* y *P. pantanensis*. Ambas especies se encuentran en la cuenca alta del río Paraguay en Brasil *P. amandae*, está ampliamente distribuidas en la cuenca del Paraguay-Paraná. De acuerdo a la información actualmente disponible, no existen referencias sobre la presencia de estas especies en Bolivia, aunque su distribución general podría incluir potencialmente sistemas acuáticos del pantanal boliviano.

Usos

Las rayas no tienen importancia en la pesquería comercial en Bolivia (van Damme *et al.* 2011). Sin embargo, en los últimos años se reportaron capturas incidentales en la zona de Puerto Villarroel (río Ichilo, cuenca alta del Mamoré), principalmente de la especie *Paratrygon aiereba*, que son aprovechadas para su comercialización en mercados de Santa Cruz. Los volúmenes de comercialización, aun incipientes, variaron entre 39 y 85 kg anuales entre 2013 y 2015, aunque pueden aumentar durante el período de Semana Santa, con reportes de hasta 161 kg para el 2014. Durante

este período los precios variaron entre 8 y 10 Bs/kg (aproximadamente 1,15 y 1,40 USD/kg) (datos inéditos - FAUNAGUA).

Tampoco son especies frecuentes en la pesca de subsistencia de pueblos originarios y pescadores mestizos; aunque algunos grupos indígenas como los Esse-Ejja de la cuenca baja del río Beni, las consumen ocasionalmente (Carvajal-Vallejos *obs. pers.*). Los individuos capturados incidentalmente, son usualmente mutilados (corte de la cola) y expuestos a la intemperie para que mueran (Figura 10). Debido al efecto de la picadura dolorosa, las rayas en general son consideradas como un elemento de infortunio. Se ha observado durante la pesca del grupo originario T’simane que es considerada como un elemento de mala suerte y en general despreciadas. Sin embargo, son usadas de manera tradicional para la extracción de la hiel o la grasa. La grasa se fríe para extraer el aceite o directamente se extrae este aceite del hígado, el cual es usado como remedio casero (puro o con miel de abeja) para afecciones respiratorias como gripes y neumonía.

Por último, las rayas han sido observadas ocasionalmente en los comercios de peces ornamentales, aunque no existe aún una cuantificación de esta actividad y menos aún de las especies que estén sujetas a este tipo de extracción, sus fuentes y destino final.

Estado de conservación de las rayas de Bolivia

Ninguna especie de raya se encuentra en la lista de especies amenazadas de Bolivia (van Damme *et al.* 2009). Sin embargo, están expuestas a los problemas de conservación generales considerados para la fauna de peces de Bolivia.

RAYAS BOLIVIA

Uno de los problemas principales está relacionado con las capturas incidentales durante operaciones de pesca. No existen datos sobre la magnitud de la pesca incidental, pero con cierta frecuencia las rayas pueden quedar enredadas en mallas agalleras o pueden ser atrapadas por la tarrafa (atarraya), que son los métodos más frecuentes de pesca en la Amazonia y Chaco bolivianos. Los individuos atrapados son usualmente mutilados y expuestos a la intemperie para que mueran (Figura 10). Ocasionalmente se recupera la grasa o hiel con fines medicinales.

Aunque no existen reportes sobre la magnitud de la actividad, existen referencias de capturas no controladas de individuos principalmente juveniles para su exportación en el comercio de especies ornamentales.

En los últimos años, se ha desarrollado de manera importante el ecoturismo, principalmente en la Amazonia boliviana. En el marco de esta actividad, frecuentemente en las zonas destinadas a actividades turísticas que implican el ingreso a los cuerpos de agua, se realizan actividades dirigidas a espantar la presencia de rayas. Este proceso, con frecuencia implica el sacrificio de las rayas encontradas en la zona, debido al riesgo de accidentes por la picadura, aunque no existen registros de su magnitud.

Además de manera general se deben considerar los problemas asociados con la destrucción y deterioro de hábitats. Desde este punto de vista algunos de los problemas principales están relacionados con la contaminación doméstica e industrial de las aguas. Además un aspecto que podría aumentar la amenaza sobre este grupo de especies en Bolivia en los próximos años,



Figura 10. Pesca incidental de especies de raya, *Potamotrygon tatariana* del arroyo Chamaleo, cuenca alta del río Beni, con la cola mutilada y en estado de putrefacción. Foto: S. Barrera.

es la construcción de represas y establecimiento de otro tipo de infraestructura, que podrían fragmentar los hábitats de las especies y el flujo genético de sus poblaciones.

Debido a la característica toxicidad asociada a la espina caudal y el riesgo para pescadores y bañistas, existe la percepción general de las rayas como animales peligrosos, principalmente por pobladores locales. Con frecuencia esto ha condicionado una conducta preventiva de eliminación de cualquier espécimen observado, muchas veces sin ninguna forma de aprovechamiento.

Bibliografía

- Carvalho, M. R., J. G. Maisey y L. Grande. 2004. Freshwater stingrays of the Green River formation of Wyoming (Early Eocene), with the description of a new genus and species and an analysis of its phylogenetic relationships (Chondrichthyes: Myliobatiformes). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 284: 1-136.
- Carvajal-Vallejos, F. M., A. J. Zeballos-Fernández, J. Sarmiento y R. Bigorne. 2014.

- Especies (de peces) registradas en Bolivia: lista preliminar. Pp. 183-193. En: Sarmiento, J., R. Bigirne, F. M. Carvajal-Vallejos, M. Maldonado, E. Leciak y T. Oberdorff (Eds.). *Peces de Bolivia*. IRD-Biofresh (EU), Plural Editores, Bolivia. 211 pp.
- Lasso, C. A., R. S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt y E. Agudelo-Córdoba (Editores). 2013. IX. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia. 368 pp.
- Lauzanne, L., G. Loubens, et B. Le Guennec. 1991. Liste commentée des poissons de l'Amazonie bolivienne. *Revue Hydrobiologie tropicale*. 24 (1): 61-76.
- Pouilly, M., M. Jégu, T. J. Camacho, P. M. Quintanilla, C. G. Miranda-Chumacero, Z. J. P. Zubieta y T. Yunoki. 2010. Lista actualizada y distribución de los peces en las tierras bajas de la Amazonia Boliviana. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental* 28: 73-97.
- Rosa, R. S. 1985. A systematic revision of the South American freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). PhD Thesis presented to the Faculty of the

School of Marine Sciences, College of William and Mary. Williamsburg – Virginia. 524 pp.

- Sarmiento, J., R. Bigorne, F. M. Carvajal-Vallejos, M. Maldonado, E. Leciak y T. Oberdorff (Eds.). 2014. *Peces de Bolivia / Bolivian Fishes*. IRD-BioFresh (EU), Plural editores, Bolivia. 211 pp.
- Silva, J. P. C. B. da y M. R. de Carvalho. 2011. A taxonomic and morphological redescription of *Potamotrygon falkneri* Castex y Maciel, 1963 (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Potamotrygonidae). *Neotropical Ichthyology* 9 (1): 209-232.
- Terrazas Urquidi, W. 1970. Lista de Peces Bolivianos. Academia Nacional de Ciencias de Bolivia, Publicación No. 24. La Paz - Bolivia.
- Sioli, H. 1950. Das Wasser im Amazonasgebiet. *Forsch Fortschr* 26: 274-280.
- Van Damme, P. A., F. M. Carvajal-Vallejos, J. Sarmiento, S. Barrera, K. Osinaga y G. Miranda Chumacero. 2009. *Peces*. Pp. 25-90. En: Ministerio de Medio Ambiente y Agua. Libro Rojo de la Fauna Silvestre de Vertebrados de Bolivia. La Paz, Bolivia.
- Van Damme, P. A., F. M. Carvajal-Vallejos, A. Rua, L. Córdova y P. Becerra. 2011. Pesca comercial en la cuenca amazónica boliviana. Pp. 247-291 En: Van Damme, P. A., F. M. Carvajal-Vallejos y J. Molina (Eds.). *Los peces y delfines de la Amazonia boliviana: hábitats, potencialidades y amenazas*. Ed. Inia, Cochabamba, Bolivia. 490 pp.

W. A. Montaña





9. RAIAS DO ALTO PARANÁ, BRASIL: HISTÓRICO DE OCORRÊNCIA, DISTRIBUIÇÃO ATUAL E CONSEQUÊNCIAS DO PROCESSO DE COLONIZAÇÃO DA BACIA

Domingos Garrone-Neto, Vidal Haddad Jr., Maria José Alencar Vilela, Otto Bismarck Fazzano Gadig e Virgínia Sanches Uieda

Resumo

O presente capítulo descreve a colonização do alto curso do rio Paraná por raias da família Potamotrygonidae, após a submersão das Sete-Quedas de Guaíra, barreira natural que delimitava a quarta província zoogeográfica do complexo Paraná-Paraguai, no Brasil. O texto aborda um caso singular envolvendo elasmobrânquios, no qual potamotrigonídeos passaram a ser registrados fora da sua área de ocorrência em função de modificações ambientais decorrentes da construção de usinas hidrelétricas. Informações sobre a história natural das espécies observadas são apresentadas, bem como aspectos relacionados aos impactos decorrentes do processo de colonização são discutidos. Com base em estudos bioecológicos e com o uso de marcação e recaptura, medidas de manejo e de mitigação de interações negativas entre raias e banhistas/pescadores nas áreas colonizadas são sugeridas.

Palavras-chave. Bacia Paraná-Paraguai. Espécies alienígenas. *Potamotrygon*. Potamotrygonidae. Sete-Quedas.

Resumen

En este capítulo se describe la colonización del curso superior del río Paraná por las rayas de la familia Potamotrygonidae, después de la inundación de las Sete-Quedas de Guaíra, barrera natural que delimitaba la cuarta provincia zoogeográfica del complejo Paraná-Paraguay en Brasil. El texto aborda un caso singular de los elasmobranquios, en que los potamotrigonidos pasaron a ser registrados fuera de su área de distribución, debido a los cambios ambientales resultantes de la construcción de centrales hidroeléctricas. Se presenta información sobre la historia natural de las especies observadas, así como se discuten aspectos relacionados con los impactos del proceso de colonización. Con base en estudios bioecológicos y mediante el uso de marcaje y recaptura, se sugieren medidas de gestión y mitigación de las interacciones negativas entre las rayas y los turistas (bañistas) / pescadores en las zonas colonizadas.

Palabras clave. Cuenca Paraná-Paraguay. Especies exóticas. *Potamotrygon*. Potamotrygonidae. Sete-Quedas.



D. Garrone-Neto

Introdução

As raias da família Potamotrygonidae são um grupo de elasmobrânquios com adaptações únicas para a vida em água doce (Thorson *et al.* 1978, Rosa 1985). Estão distribuídas pelos principais rios da América do Sul, provavelmente derivadas de ancestrais marinhos que conquistaram o ambiente dulcícola, há cerca de 40-50 milhões de anos atrás no Eoceno-Mioceno, durante o período de transgressões marinhas (Nishida 1990, Brooks 1992, Lovejoy 1997, Rosa e Lasso 2013).

A distribuição geográfica das cerca de 31 espécies válidas inclui diversos rios de países sul-americanos, especialmente do Brasil. Nesse último, sua ocorrência era conhecida para a bacia Amazônica, para o rio Parnaíba e mais alguns corpos d'água do Piauí e do Maranhão, para a bacia do rio Uruguai e grande parte da bacia Paraná-Paraguai (Rosa 1985, Carvalho *et al.* 2003, Lasso e Rosa 2013). No entanto, devido à destruição de barreiras naturais com a construção de barragens na região do alto rio Paraná, foi confirmada a presença de potamotrigonídeos nessa área, constituindo um dos poucos casos na literatura na qual espécies de elasmobrânquios são consideradas "alienígenas", fora da sua área de ocorrência natural.

Considerando a crescente preocupação das autoridades e instituições de pesquisa e conservação da biodiversidade em conhecer o *status* atual das espécies não nativas ao redor do mundo, adicionado ao fato da interação entre homens e raias de água doce poder se dar de forma negativa, a realização de pesquisas na área é de grande relevância. Levando-se em conta, ainda, que o rio Paraná e muitos dos seus tributários vêm sendo intensamente modificados pela ação do homem, o que provoca sérias alterações na composição original da fauna

e da flora, informações sobre o papel desempenhado por espécies não nativas são importantes para a administração destes ecossistemas.

Nesse contexto, o presente capítulo objetivou descrever o processo de colonização da região do alto rio Paraná por raias da família Potamotrygonidae, demonstrando sua atual situação e provável tendência, os impactos gerados e discutindo algumas ações de manejo e medidas mitigadoras. O texto traz também informações sobre a bioecologia das espécies observadas e sobre o histórico do processo de colonização da bacia, reconstituindo os principais fatos responsáveis pela chegada das raias em rios das regiões sul, sudeste e centro-oeste do Brasil.

O processo de colonização

A construção da Usina Hidrelétrica de Itaipu (UHE Itaipu), iniciada na década de 1970, e a instalação de outras usinas ao longo do rio Paraná e dos rios Tietê e Paranapanema, provocaram sérios impactos sobre a fauna de peixes das regiões sul, sudeste e centro-oeste do Brasil, incluindo a introdução de espécies não nativas. Após a formação do lago da UHE Itaipu, Agostinho *et al.* (1997) registraram pelo menos 17 espécies que não ocorriam à montante das Sete-Quedas. Algumas dessas espécies, como a piranha (*Serrasalmus marginatus*) e o tucunaré (*Cichla* spp.) passaram a desempenhar o papel de invasoras, provocando impactos negativos sobre a fauna aquática nativa (Agostinho e Júlio-Júnior 2002). Outras, como algumas espécies de raias da família Potamotrygonidae, embora raramente mencionadas em levantamentos e inventários ictiofaunísticos, também passaram a ocorrer na região do lago de Itaipu e nas demais áreas localizadas a montante. Os impactos desses animais sobre a

fauna aquática ainda não são conhecidos, mas interações negativas com a população ribeirinha e eventuais turistas têm sido observadas, com o registro de casos de acidentes em diversos municípios situados na região do rio alto Paraná (Haddad Jr. *et al.* 2004, Garrone Neto e Haddad Jr. 2010, Haddad Jr. *et al.* 2012, 2013).

O marco da colonização da região do alto Paraná por raias ocorreu durante o enchimento do reservatório da UHE Itaipu, iniciado em outubro de 1982. Nesse período, as cachoeiras de Sete-Quedas, que delimitavam a quarta província zoogeográfica do complexo Paraná-Paraguai (*sensu* Ringuelet 1975), foram submersas pelo reservatório que se formou, permitindo a conexão de faunas que estavam previamente isoladas (Bonetto 1986, Agostinho *et al.* 1992, 1997, Agostinho e Júlio-Júnior 2002, Luiz *et al.* 2004) (Figura 1). Dessa forma, diversas espécies de peixes cuja ocorrência estava restrita a jusante de Sete-Quedas, incluindo pelo menos quatro de raias – *Potamotrygon amandae* Loboda & Carvalho, 2013, *P. falkneri* Castex & Maciel, 1963, *P. motoro* (Müller & Henle, 1841) e *P. schumacheri* Castex, 1964 (Figura 2), colonizaram áreas a montante e se dispersaram ao longo do alto curso do rio Paraná (Garrone Neto *et al.* 2007, Júlio-Júnior *et al.* 2009, Garrone Neto e Haddad Jr. 2010, Loboda e Carvalho 2013). Posteriormente, outras usinas hidrelétricas foram construídas na bacia do alto Paraná ou sistemas de transposição de embarcações foram implantados nas barragens já existentes, favorecendo a dispersão das raias nas áreas colonizadas (Garrone-Neto *et al.* 2014a). Entre essas, destacam-se a Usina Hidrelétrica Engenheiro Souza Dias – UHE Jupuíá, da divisa entre os estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul, e a Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta – UHE Porto

Primavera, na divisa entre os estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Paraná, inauguradas nos anos de 1974 e 1998, respectivamente (Figura 3).

Informações obtidas junto a técnicos do setor de geração de energia e pescadores de municípios do alto rio Paraná, como Guaira no estado do Paraná, Bataguáçu, Brasilândia e Três Lagoas no estado de Mato Grosso do Sul, Rosana, Presidente Epitácio, Panorama, Paulicéia, Castilho, Itapura, Ilha Solteira e Avanhandava no estado de São Paulo, indicaram que as raias se instalaram na área há mais de quinze anos, tornando-se mais frequentes a partir do ano 2000. A partir deste período, casos de acidentes por raias passaram a ser registrados em unidades de saúde da região e também relatados por ribeirinhos, que muitas vezes não procuram por atendimento médico, permitindo a ocorrência silenciosa deste tipo de agravo (Haddad Jr. *et al.* 2004, 2012, 2013, Garrone Neto e Haddad Jr. 2010). O estigma conferido às raias, "cuja carne faz mal", segundo alguns ribeirinhos, atesta o desconhecimento de grande parte população local acerca desses animais, fato também observado entre profissionais de saúde dos municípios visitados que, quando indagados sobre as raias, desconhecem, em muitos casos, os procedimentos corretos de socorro a serem adotados em casos de acidentes e até mesmo sua ocorrência na bacia (Garrone Neto e Haddad Jr. 2010).

O registro de elasmobrânquios como espécies não nativas não é comum na literatura. Ng *et al.* (2009) confirmaram a presença de *P. motoro* em um reservatório de Singapura, na Ásia. Embora esses autores tenham confirmado a introdução de potamotrigonídeos em ambientes naturais

RAYAS PARANÁ



D. Garrone-Neto

fora da região Neotropical, este não representa o primeiro registro do grupo como “invasor”, uma vez que Agostinho *et al.* (1997), Garrone Neto *et al.* (2007) e Júlio-

Júnior *et al.* (2009) já haviam assinalado a ocorrência e o estabelecimento de raias de água doce fora da sua área de distribuição natural no sul, sudeste e no centro-oeste



Figura 1. Sete-Quedas ou Quedas de Guaíra-PR: a) antes e b) após o enchimento do reservatório da UHE Itaipu em outubro de 1982. Os círculos e as linhas indicam a posição dos agrupamentos dos saltos que isolavam o alto curso do rio Paraná dos sistemas a jusante. Foto: Iguatemy.

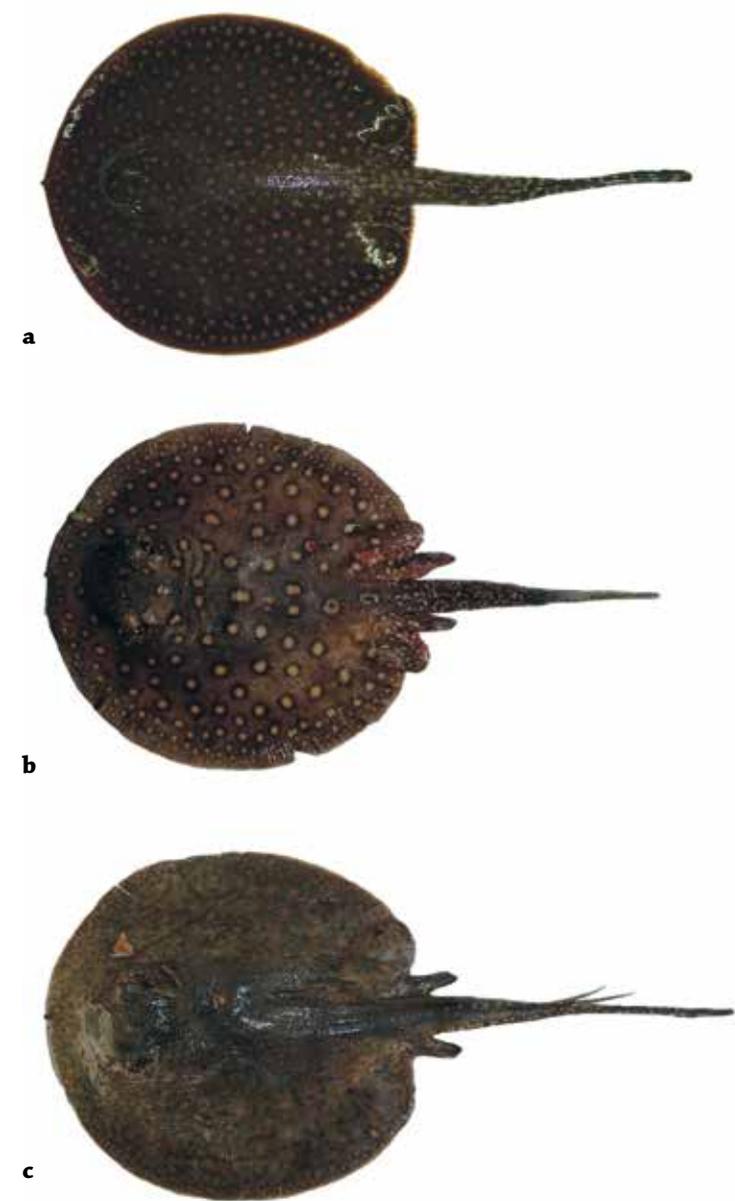


Figura 2. Três das quatro espécies de potamotrigonídeos registradas no alto rio Paraná: a) *Potamotrygon falkneri* Castex & Maciel, 1963; b) *P. motoro* (Müller & Henle, 1841); c) *P. schuhmacheri* Castex, 1964. Largura média do disco dos indivíduos: 300 mm. Fotos: D. Garrone-Neto.

RAYAS PARANÁ



D. Garrone-Neto

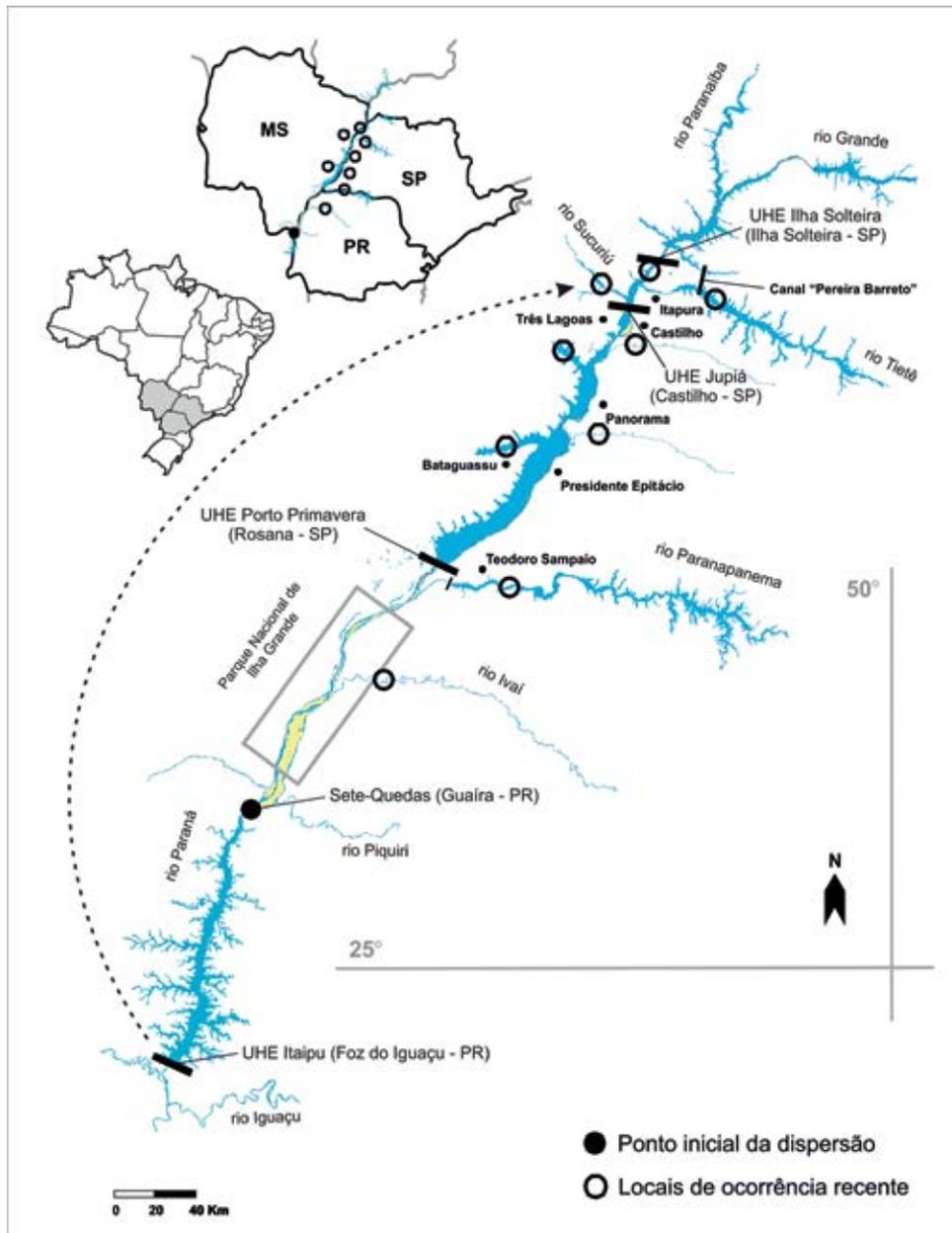


Figura 3. Região do alto rio Paraná, Brasil. São demonstrados o ponto inicial de dispersão das espécies de raias na bacia e seus locais de ocorrência recente, além dos principais rios da área de estudo e usinas hidrelétricas e eclusas instaladas ao longo de seus cursos.

do Brasil. Adicionalmente, de forma diferente à situação relatada por Ng *et al.* (2009), por pelo menos 15 anos potamotrigonídeos estão presentes no alto curso do rio Paraná, onde sua dispersão tem sido favorecida pelas eclusas existentes em algumas usinas hidrelétricas, com casos de acidentes envolvendo esses animais se tornando frequentes (Garrone-Neto *et al.* 2014a). Além disso, devido ao potencial de sobreposição de nicho entre raias e outras espécies carnívoras com hábitos predominantemente bentônicos, ações de manejo podem ser importantes para controlar os movimentos desses animais através de eclusas e minimizar eventuais impactos na fauna aquática nativa. Entre essas, destaca-se o uso de barreiras elétricas combinadas com barreiras sonoras e pesca seletiva nas eclusas, dispositivos que podem reduzir a dispersão das raias na bacia, especialmente nos pontos mais ao norte das áreas colonizadas, como na região do baixo rio Tietê e do canal de Pereira Barreto, no estado de São Paulo, e nos baixos cursos dos rios Verde e Sucuriú, no estado do Mato Grosso do Sul.

A vida das raias no alto Paraná

Dentre as quatro espécies com ocorrência confirmada para a região do alto Paraná, duas tiveram alguns dos seus aspectos bioecológicos bem estudados: *P. falkneri* e *P. motoro*. *Potamotrygon amandae* é deficiente de dados, especialmente por sua descrição ser recente. No entanto, *P. amandae* é abundante no alto Paraná e ocorre em simpatria com *P. motoro*, o que, devido à semelhança entre as duas espécies e a exemplo de outros casos envolvendo potamotrigonídeos, pode levar a determinações equivocadas e, portanto, à publicação de dados com problemas quando não há depósito de material em coleção e/ou a determinação de espécies por especialis-

tas. *Potamotrygon schuhmacheri* também é deficiente de dados. Contudo, esta espécie é apontada por alguns autores como sinônimo júnior de *P. histrix*, com o agravante de possuir poucos exemplares depositados em coleções e distribuição mais restrita do que as demais espécies na região do alto rio Paraná. A seguir, serão sumarizadas as informações referentes aos aspectos bioecológicos de *P. falkneri* e *P. motoro* no alto curso do rio Paraná, com ênfase em sua alimentação e reprodução.

Alimentação

O espectro alimentar de *P. falkneri* e *P. motoro* é amplo, com o consumo de mais de 20 itens animais, entre larvas de insetos aquáticos, moluscos gastrópodes, crustáceos e peixes – incluindo descartes oriundos das pescarias comerciais e amadoras, o que demonstra o hábito alimentar oportunista desses animais (Tabela 1).

Em ambas as espécies há predominância da ingestão de larvas de insetos, tanto em diversidade quanto em abundância, fato observado preliminarmente por Silva e Uieda (2007) na mesma área de estudo. Larvas de Ephemeroptera (Baetidae) e Trichoptera (Leptoceridae) constituem itens importantes da dieta de *P. motoro* e *P. falkneri* e, nessa última espécie, Trichoptera (Hydropsychidae) também ocorre em grande quantidade. Moluscos gastrópodes estão presentes na dieta das duas espécies, com destaque para Ampullariidae tanto para *P. motoro* quanto para *P. falkneri*, Planorbidae para *P. motoro* e Hydrobiidae para *P. falkneri*.

Bivalves não foram encontrados nos conteúdos estomacais analisados. No entanto, Lonardon *et al.* (2006) e Silva e Uieda (2007) identificaram vestígios de bivalves no conteúdo gástrico de indivíduos de *P.*

RAYAS PARANÁ



D. Garrone-Neto

Tabela 1. Frequências numérica (FN) e de ocorrência (% FO), volume (% V) e índice alimentar obtidos para os itens alimentares ingeridos por *P. motoro* e *P. falkneri* na região do alto rio Paraná, Brasil. Fonte: Garrone Neto (2009).

Espécie	<i>P. motoro</i>				<i>P. falkneri</i>			
	FN	FO (%)	V (%)	IA (%)	FN	FO (%)	V (%)	IA (%)
GASTROPODA								
Ampullariidae	12	8,7	51,0	27,5	11	6,4	5,2	6,13
Hydrobiidae	5	3,6	29,0	6,5	13	7,6	5,1	7,19
Physidae	1	0,7	7,0	0,3	1	0,6	0,1	0,01
Planorbidae	6	4,3	40,5	10,9	4	2,3	1,5	0,65
MALACOSTRACA								
Decapoda								
Palemonidae	5	3,6	12,0	2,7	7	4,1	9,6	7,28
Trichodactylidae	0	0,0	0,0	0,0	2	1,2	1,1	0,23
INSECTA								
Diptera								
Chironomidae	9	6,5	0,53	0,2	2	1,2	1,8	0,39
Culicidae	1	0,7	0,05	0,0	0	0,0	0,0	0,00
Tabanidae	1	0,7	0,50	0,0	1	0,6	0,3	0,03
Ephemeroptera								
Baetidae	25	18,1	14,55	16,3	21	12,3	6,6	14,84
Leptohyphidae	6	4,3	3,50	0,9	3	1,8	3,5	1,13
Heteroptera								
Naucoridae	2	1,4	5,00	0,4	9	5,3	3,5	3,44
Hymenoptera								
Formicidae	1	0,7	0,30	0,0	0	0,0	0,0	0,00
Lepidoptera								
Pyralidae	6	4,3	8,00	2,2	9	5,3	3,3	3,21
Odonata								
Cordullidae	3	2,2	1,00	0,1	0	0,0	0,0	0,00
Libellulidae	1	0,7	1,00	0,0	2	1,2	0,5	0,11
Gomphidae	10	7,2	11,25	5,1	6	3,5	2,3	1,47
Trichoptera								
Hydropsychidae	4	2,9	3,70	0,7	16	9,4	6,4	11,09
Hydroptilidae	1	0,7	0,15	0,0	0	0,0	0,0	0,00
Leptoceridae	16	11,6	11,87	8,5	28	16,4	6,5	19,74
Odontoceridae	0	0,0	0,00	0,0	10	5,8	2,1	2,28
ACTINOPTERYGII								
Characiformes								

Tabela 1. Continuação.

Espécie	<i>P. motoro</i>				<i>P. falkneri</i>			
	FN	FO (%)	V (%)	IA (%)	FN	FO (%)	V (%)	IA (%)
Characidae	3	2,2	38,0	5,1	1	0,6	6,6	0,72
Synbranchiformes								
Synbranchidae	0	0,0	0,00	0,0	1	0,6	2,2	0,24
Fragmentos de conchas	-	7,2	14,10	6,3	-	1,2	1,4	0,29
Partes de insetos	-	5,1	16,70	5,2	-	7,6	6,6	9,30
Pedaços de peixes	-	0,0	0,00	0,0	-	2,3	22,6	9,75
Fragmentos vegetais*	-	2,9	4,75	0,9	-	2,3	1,1	0,48
Nº total de raias	64				72			
Nº de estômagos vazios	12				16			

*Itens ingeridos acidentalmente junto com outros detritos, em função das táticas de caça utilizadas pelas espécies estudadas.

falkneri e *P. motoro* provenientes do alto curso do rio Paraná. Como nessa região duas espécies de bivalves exóticos, *Corbicula fluminea* e *Limnoperna fortunei*, são abundantes, era de se esperar que estes fossem encontrados nos estômagos das raias estudadas, uma vez que *P. falkneri* e *P. motoro* são especuladoras de substrato (Garrone-Neto e Sazima 2009a). *Corbicula fluminea* vive enterrada na areia e durante um estudo sobre o comportamento alimentar de *P. falkneri* e *P. motoro* no alto Paraná, sua ingestão foi observada, com as raias triturando a carapaça dos animais e separando os moluscos das conchas ao expelir, pelos espiráculos e fendas branquiais, os fragmentos junto com jatos de areia (Garrone-Neto e Sazima 2009a). *Limnoperna fortunei* vive fortemente aderida a substratos variados, incluindo o corpo de outros animais. Sua ingestão pelas raias estudadas foi citada por Lonardon et al. (2006), mas seu estágio de vida e

modo de captura não foram mencionados. Contudo, por possuir conchas muito afiadas e ser difícil de remover das superfícies aderidas, *L. fortunei* deve ter sido ingerido de forma acidental e, assim como observado no presente estudo, não deve integrar a lista de itens que compõem a dieta de *P. falkneri* e *P. motoro*. Já *C. fluminea* deve compor a lista de itens ingeridos por *P. falkneri* e *P. motoro* no alto Paraná e sua ausência nos conteúdos gástricos analisados deve se tratar de subamostragem.

Crustáceos estão presentes na dieta de *P. falkneri* e *P. motoro*, especialmente camarões do gênero *Macrobrachium* (Palaeomonidae). Esses animais também são abundantes na área de estudo e sua ingestão tende a ocorrer em raias com largura de disco (LD) superior a 200 mm, tornando-se mais frequentes em indivíduos com LD a partir a 300 mm. Caranguejos (*Trichodactylidae*) são ingeridos em menor

RAYAS PARANÁ



D. Garrone-Neto



Figura 4. Principais áreas de forrageamento de *P. falkneri* e *P. motoro* no curso do rio alto Paraná: a) margem rochosa, com eventual presença de algas e substrato pedregoso; b) margem com vegetação ciliar, presença de troncos e macrófitas aquáticas e substrato predominantemente lodoso; c) margem arenosa, com presença de vegetação ciliar rasteira e substrato arenoso. Fotos: D. Garrone-Neto.

quantidade do que camarões, tendo sido observados apenas em dois indivíduos de *P. falkneri*, o que não descarta a possibilidade desse item ser consumido por *P. motoro*, já que ambas as espécies partilham os mesmos ambientes e recursos na área de estudo.

A presença de peixes na dieta de *P. falkneri* e *P. motoro* parece não ser tão expressiva como observado em outras áreas e também em outras espécies. Lonardoní *et al.* (2006), estudando a dieta de ambas as espécies nas proximidades do Parque Nacional de Ilha Grande, no rio Paraná, citaram a ingestão de diferentes espécies de peixes por *P. falkneri* e *P. motoro*, sobretudo de cascudos (Loricariidae). Achenbach e Achenbach (1976) também observaram situação semelhante para *P. falkneri* e *P. motoro* na região de Santa Fé, Argentina, assim como Shibatta e Dias (2006) definiram o hábito alimentar das espécies em questão como piscívoro, provavelmente com base na análise de animais cativos, oriundos do rio Paraná. Esse fato reforça a habilidade das espécies em explorar os recursos disponíveis, sendo por isso difícil definir um padrão para a dieta de potamotrygonídeos, ainda que em uma mesma bacia hidrográfica.

O hábito alimentar carnívoro de *P. falkneri* e *P. motoro* sofre discretas alterações ao longo do ano e também sofre variações em função do tipo de estrutura ambiental existente, demonstrando que generalizações envolvendo a ecologia trófica de potamotrygonídeos devem ser evitadas, uma vez que a composição das margens e dos substratos pode influenciar consideravelmente a diversidade de itens presentes na dieta de *P. falkneri* e *P. motoro* (Figura 4). O comportamento alimentar das espécies estudadas é versátil e composto por pelo

menos três táticas de caça, que variam de acordo com o estágio de desenvolvimento e de acordo com o tipo de presa envolvida (Garrone-Neto e Sazima 2009a). O fato de *P. falkneri* e *P. motoro* serem simpátricas, ocuparem o mesmo nicho ecológico, consumirem itens muito parecidos e apresentarem flexibilidade no seu comportamento de forrageio, indica que as espécies partilham recursos e estão ajustadas ao tipo de condição ambiental existente na região do alto rio Paraná, minimizando prejuízos decorrentes de eventuais sobreposições alimentares e favorecendo a sua dispersão nas áreas recentemente colonizadas.

Variações intraespecíficas na alimentação de *P. falkneri* e *P. motoro* não foram observadas quanto ao sexo. No entanto, variações ontogenéticas puderam ser observadas na dieta de ambas as espécies, com neonatos (LD < 200 mm) se alimentando predominantemente de insetos aquáticos, sobretudo larvas de Ephemeroptera (Baetidae), indivíduos com LD entre 200-400 mm ingerindo diversas ordens de insetos aquáticos, com destaque para Trichoptera (Leptoceridae), além de moluscos gastrópodes e crustáceos, e raias de maior porte (LD > 400 mm) capturando especialmente caramujos (Ampullariidae), camarões (Palemonidae) e pequenos peixes (Characidae) (Figuras 5 e 6). Essa variação possivelmente está relacionada com a distribuição espacial e formas de uso do habitat destes indivíduos, já que na área de estudo existe segregação espacial das raias em função do seu tamanho, da profundidade e do período do dia (Garrone Neto e Uieda 2012). As táticas de caça empregadas pelas espécies em foco também apresentaram relação com o estágio de desenvolvimento das raias, possuindo estreita relação com o tipo de presa capturada (Garrone-Neto



D. Garrone-Neto

RAYAS PARANÁ

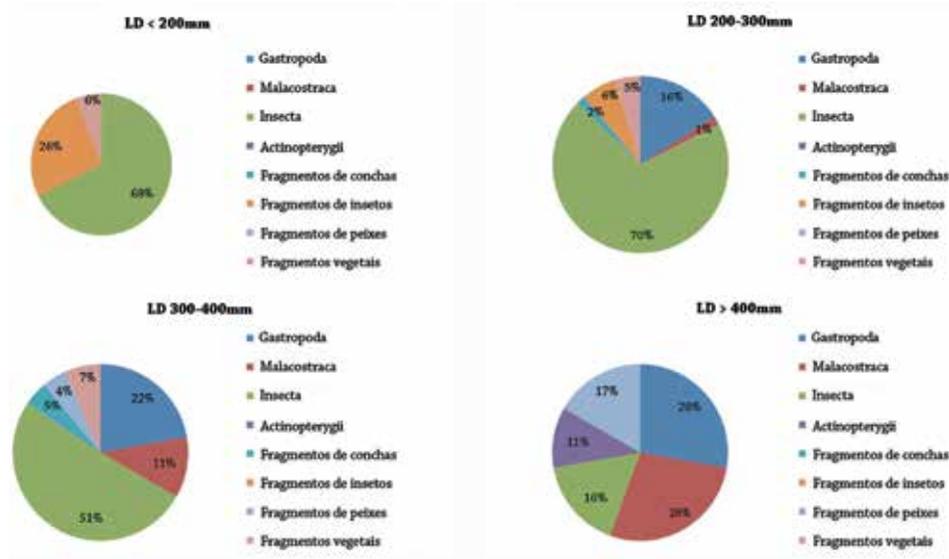


Figura 5. Variação ontogenética na alimentação de *Potamotrygon motoro* na região do alto rio Paraná. Insetos são itens importantes ao longo de toda a vida da espécie, mas seu consumo diminui à medida que as raias se desenvolvem e passam a incluir moluscos, crustáceos e peixes em sua dieta.

e Sazima 2009a) e, proporcionando, em alguns casos, outras interações interespecíficas como associação alimentar e simbiose de limpeza (Garrone-Neto e Sazima 2009b, Garrone-Neto et al. 2014b).

Reprodução

Razão sexual, tamanho e maturidade

No total, 126 indivíduos basearam esta análise do padrão reprodutivo (ver detalhes em Garrone Neto 2009, 2010), dos quais 62 foram identificados como *P. motoro* (machos = 25; fêmeas = 37) e 64 como *P. falkneri* (machos = 18; fêmeas = 46). A proporção geral entre machos e fêmeas foi de 0,7:1 para *P. motoro* e de 0,4:1 para *P. falkneri*. Já a proporção sexual para jovens e adultos foi de 1,7:1 e 0,3:1 para *P. motoro*

e de 0,9:1 e 0,5:1 para *P. falkneri*. Em ambos os casos, os resultados não foram estatisticamente significativos por não serem diferentes da proporção sexual de 1:1, normalmente considerada neste tipo de estudo. Desse total, 13 indivíduos foram considerados neonatos, dos quais nove eram fêmeas (*P. motoro* = 03; *P. falkneri* = 06) e quatro machos (*P. motoro* = 02; *P. falkneri* = 02), porém, pela baixa captura de indivíduos desta classe de tamanho, testes estatísticos não foram realizados.

Fêmeas atingiram os maiores tamanhos e pesos em ambas as espécies, com larguras de disco e pesos máximos de 570 mm e 13,6 kg para *P. motoro* e 710 mm e 18,3 kg para *P. falkneri*. Neonatos estiveram entre os indivíduos que apresentaram os meno-

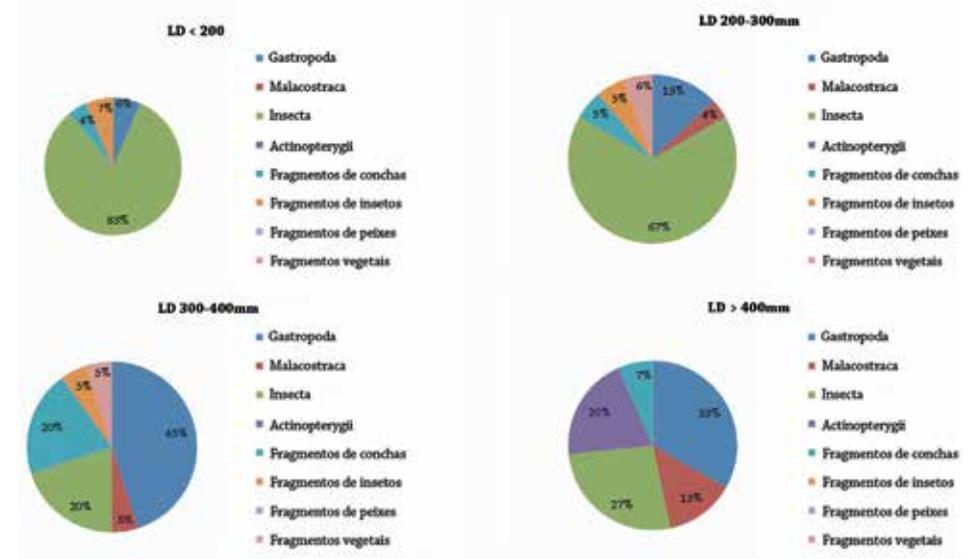


Figura 6. Variação ontogenética na alimentação de *Potamotrygon falkneri* na região do alto rio Paraná. Assim como observado para *P. motoro*, a dieta predominantemente insetívora é gradativamente substituída pela ingestão de moluscos, crustáceos e peixes à medida que os animais se desenvolvem, embora insetos continuem a ser consumidos ao longo de toda a vida das raias.

res tamanhos, com o registro de 116 mm para *P. motoro* e 118 mm para *P. falkneri*. Na literatura, apenas tamanhos máximos são referidos para as espécies citadas, com 500 mm para *P. motoro* e 470 mm para *P. falkneri* (Carvalho et al. 2003).

Machos com cláspes calcificados e com a presença de sêmen nas vesículas seminais, revelada pela ejaculação induzida pelos pesquisadores em campo, foram observados em indivíduos com largura de disco igual ou superior a 271 mm em *P. motoro* (n=14) e 262 mm em *P. falkneri* (n=08). O tamanho dos cláspes entre indivíduos destes tamanhos variou de 54 a 67 mm em *P. motoro* e de 36 a 52 mm em *P. falkneri*. Fêmeas com folículos vitelogênicos de tamanho superior a dez milímetros e/

ou com a presença de embriões nos úteros, revelada apenas nos casos de abortos, apresentaram tamanho mínimo de largura de disco de 334 mm em *P. motoro* (n=2 prenhes; n=9 com folículos) e 326 mm em *P. falkneri* (n=4 prenhes; n=12 com folículos). O número de folículos vitelogênicos variou de três a onze em *P. motoro* e de dois a nove em *P. falkneri*, com diâmetros entre 13 e 26 mm. Já a fecundidade média das fêmeas oscilou entre um e três embriões e, em todos os casos observados, não foi acompanhada da presença de folículos vitelogênicos com tamanho superior a 10 mm de diâmetro.

Tanto machos de *P. motoro* como de *P. falkneri* apresentaram variações nos tamanhos dos seus cláspes, indicando que

RAYAS PARANÁ



D. Garrone-Neto

seu crescimento é possivelmente muito assimétrico quando comparado ao crescimento do seu corpo e relativamente mais intenso após atingirem sua maturidade sexual. Machos tenderam a apresentar menores tamanhos do que as fêmeas, fato também observado em espécies de potamotrigonídeos orinoquenses e amazônicos (Lasso *et al.* 1996, Charvet-Almeida *et al.* 2005), possivelmente pelas fêmeas necessitarem de maior espaço na cavidade abdominal para a reserva de energia e acondicionamento dos filhotes. A maturidade sexual dos machos ocorreu em indivíduos com tamanho médio inferior ao das fêmeas, situação recorrente entre diversas espécies de raias de água doce.

Castex (1963) e Achenbach e Achenbach (1976), em estudos sobre raias da porção argentina do rio Paraná, estimaram a maturidade sexual de *P. motoro* em anos e não com base na largura do seu disco, sugerindo que machos e fêmeas se tornam capazes de se reproduzir ao atingirem seu segundo (Castex 1963) ou terceiro (Achenbach e Achenbach 1976) anos de vida. Para as espécies de raias da região do alto rio Paraná, com exceção da recém-descrita *P. amandae* e da pouco conhecida *P. schuhmacheri*, a maturidade sexual foi correlacionada com a largura do disco de machos e fêmeas férteis, já que o crescimento e a maturação dos indivíduos podem ser eventualmente influenciados por fatores ambientais e individuais, como temperatura, disponibilidade e capacidade de obtenção de alimento, infestação por parasitas ou infecções bacterianas e fúngicas, entre outros.

Agregações e/ou migrações reprodutivas, descritas para algumas espécies de raias, não foram observadas. Embora Achenbach e Achenbach (1976) tenham citado a existência de comportamento parental em fêmeas de espécies de raias da bacia

Paraná-Paraguai, esse fato também não foi registrado. Contudo, pescadores relataram notar comportamentos agressivos de fêmeas acompanhadas por neonatos, ao se aproximarem das margens de lagoas marginais para observarem a presença de filhotes junto das mães, mas esse fato precisa de investigação para sua confirmação.

Recrutamento, cópula e parto

Do total de indivíduos analisados, apenas 13 indivíduos (*P. motoro* = 5; *P. falkneri* = 8) com largura de disco inferior a 150 milímetros foram observados. Sua captura e observação subaquática ocorreram nos meses de agosto (n=4), setembro (n=6) e outubro (n=3), sugerindo que possíveis períodos de ingresso de novos indivíduos à população estudada possam ocorrer cerca de quatro ou cinco meses antes do início deste período. Observações subaquáticas e coletas complementares possibilitaram o registro de mais onze indivíduos (*P. motoro* = 03; *P. falkneri* = 08) situados na classe de tamanho inferior a 150 mm, contribuindo com a explicação provisória supracitada, já que os registros também foram realizados predominantemente durante os meses de setembro (n=4) e outubro (n=2). No entanto, por indivíduos com largura de disco inferior a 150 mm também terem sido capturados nos meses de abril (n=3) e maio (n=2), é oportuno salientar que pelo fato da pesca subaquática com o uso de puçá ter sido o principal método de coleta adotado no estudo, vieses amostrais podem ter ocorrido uma vez que esse tipo de captura é seriamente comprometido durante as cheias (dezembro a março) na região do alto rio Paraná.

Por conta da transparência da água dos rios e lagoas marginais diminuir drasticamente na estação chuvosa, impossibilitando a captura de raias ou permitindo

apenas a visualização de animais maiores, não camuflados no substrato, neonatos podem não ter sido capturados nos meses de cheia. A utilização conjunta de outros métodos de coleta poderia diminuir esse eventual viés amostral. Contudo, espinhéis normalmente não capturam indivíduos de pequeno porte, principalmente devido ao seu comportamento alimentar, cuja dieta neste estágio de desenvolvimento é predominantemente insetívora. De modo semelhante, a utilização de redes e tarrafas, apesar de poder eventualmente capturar indivíduos de menor porte, também não é eficiente por conta da distribuição espacial dos neonatos na área de estudo normalmente incluir locais rasos, com presença de vegetação aquática, galhadas e afins.

Rituais de corte e acasalamento ainda permanecem desconhecidos quando tratamos de raias de água doce observadas em ambiente natural. Em outubro de 2006, um macho de *P. motoro* foi observado cortejando uma fêmea da mesma espécie no rio Paraná (Figura 7). Entretanto, após aproximadamente 40 minutos de observação, a cópula não ocorreu. Ainda assim, foi possível notar certa convergência no comportamento de corte do indivíduo observado com o repertório comportamental apresentado por algumas espécies de raias marinhas, onde o(s) macho(s) nada(m) sobre uma fêmea, desferindo mordidas, na tentativa de obter apoio para a posterior inserção dos cláspes.

Diferenças na dentição entre machos e fêmeas e entre jovens e adultos de ambas as espécies foram aqui observadas (Figura 8), sendo descritas na extensa revisão taxonômica feita por Rosa (1985). Tanto em *P. falkneri* como em *P. motoro*, machos férteis (LD ~ 260-270 mm) apresentaram

dentição diferente das fêmeas e de machos que não haviam atingido sua maturidade sexual. Os dentes destes indivíduos não possuíam o formato predominantemente trapezoidal, sem cúspides proeminentes, observado em fêmeas de diferentes tamanhos e em machos subadultos. Seus dentes apresentavam formato triangular, monocúspide, possivelmente associado ao comportamento de corte e acasalamento. Assim como observado na dieta (Garrone Neto 2009), distribuição espacial e formas de uso do habitat de *P. falkneri* e *P. motoro* (Garrone Neto e Uieda 2012), esse fato indica que existem variações ontogenéticas, provavelmente com a dentição dos machos relacionada a seu estágio de maturação gonadal (Garrone Neto 2009, 2010).

Em virtude de boa parte da região do alto rio Paraná estar sob a influência de usinas hidrelétricas, o que altera drasticamente a paisagem e toda a sua dinâmica ambiental, períodos de parto não puderam ser precisamente identificados. No entanto, fêmeas prenhes foram capturadas somente em dezembro, janeiro e fevereiro, meses que coincidem com o verão austral e o período de chuvas nas regiões sul, sudeste e centro-oeste do Brasil (Figura 9). O tamanho dos embriões variou de 45 a 114 mm e seu peso de nove a 30 gramas. Das fêmeas analisadas, um único exemplar de *P. falkneri* (LD=392 mm) continha três embriões. As demais fêmeas, cujo tamanho variou de 326 a 410 mm de LD, continham entre um e dois embriões, permitindo uma estimativa de fecundidade média de 1,3 filhotes por gestação.

Ciclos hidrológicos possuem estreita relação com a reprodução de potamotrigonídeos orinoquenses e amazônicos (Charvet-Almeida *et al.* 2005, Lasso *et al.* 2013) e, apesar do histórico de antropização na

RAYAS PARANÁ



D. Garrone-Neto



Figura 7. Macho de *Potamotrygon motoro* cortejando fêmea da mesma espécie no rio Paraná. a) O macho se aproxima da fêmea, b) nadando ao seu lado e se aproximando do seu dorso. O evento acima foi acompanhado durante cerca de 40 minutos, durante a estiagem, a uma distância de aproximadamente oito metros, mas não culminou em cópula, por falta de receptividade da fêmea ou por eventual interferência do observador. Fotos: D. Garrone-Neto.

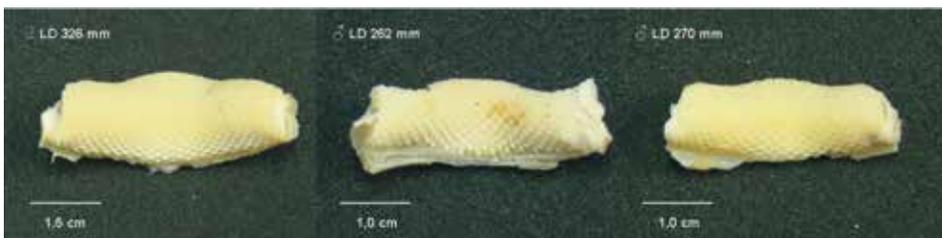


Figura 8. Placas dentárias de *Potamotrygon falkneri*, demonstrando as diferenças existentes entre a dentição superior de fêmeas (esquerda), machos adultos (centro) e jovens (direita) provenientes do rio Paraná. Os dentes da arcada inferior também apresentaram o mesmo padrão, provavelmente relacionado ao sexo e ao estágio de maturação gonadal dos indivíduos. O tipo de dentição de *P. motoro* foi muito semelhante ao observado em *P. falkneri*, com pequenas diferenças relacionadas ao número e disposição dos dentes, inerentes às variações existentes entre as espécies. Fotos: D. Garrone-Neto.

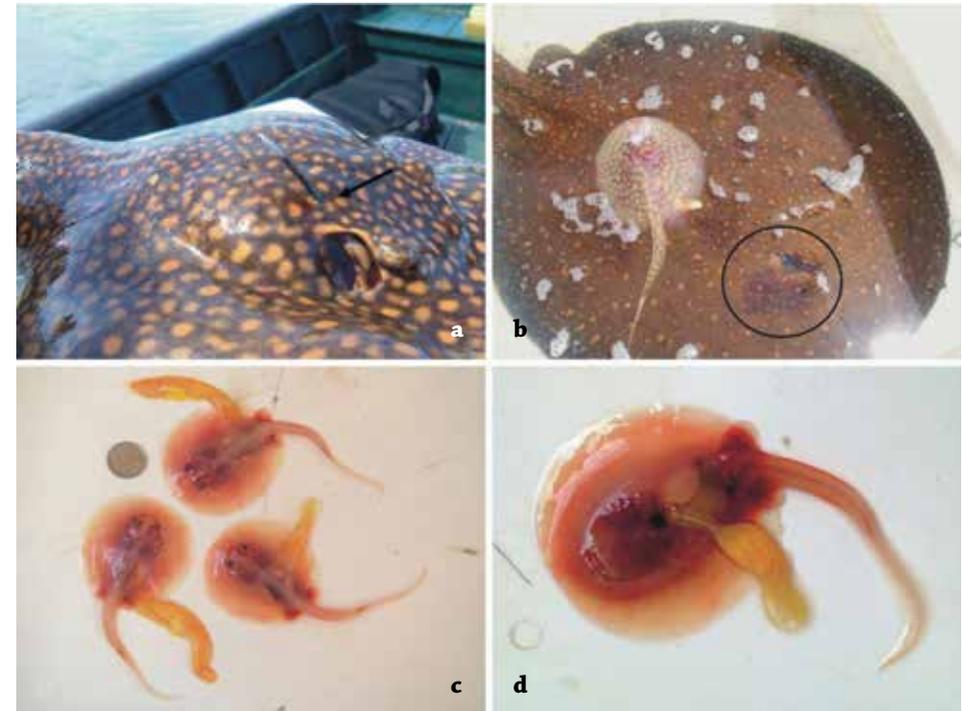


Figura 9. Fêmea (*Potamotrygon falkneri*) prenhe e embriões abortados após a sua captura. a) Vemos um ferrão inserido próximo à abertura opercular direita da raia e b) um embrião recém-abortado, logo depois da mãe receber uma ferroada na face anterior do disco de outra raia. c) O número de embriões na área de estudo variou de um a três, (d) sendo possível notar a reserva de vitelo responsável pela sua nutrição durante as primeiras semanas de vida extrauterina. Fotos: D. Garrone-Neto.

área de estudo, é possível que *P. falkneri* e *P. motoro* tendam a parir suas crias durante as cheias na região do alto rio Paraná. Isso pode ocorrer por conta da transparência da água ser muito reduzida nesse período, o que poderia diminuir a taxa de predação sobre os filhotes por predadores visualmente orientados. Lagoas marginais e locais rasos de remanso com presença de vegetação marginal poderiam servir como áreas de parto, em função da sua estrutura ambiental, com menor correnteza e maior

disponibilidade de abrigos e alimento. Filhotes com cerca de 120 mm seriam então paridos entre fevereiro e março e permaneceriam nesses ambientes até esgotarem suas reservas de energia, entre três e quatro semanas após o parto, quando passariam a caçar ativamente larvas de insetos aquáticos em áreas com substrato predominantemente arenoso. Apesar de ainda necessitar de maiores investigações, esse fato atesta a capacidade de *P. falkneri* e *P. motoro* se reproduzirem no alto curso do

RAYAS PARANÁ

rio Paraná, o que pode contribuir com o sucesso do processo de colonização da área e indicar o estabelecimento de populações de ambas as espécies na região.

Impactos decorrentes do processo de colonização

A ampliação da área de ocorrência dos potamotrigonídeos no alto rio Paraná possui estreita relação com a construção de usinas hidrelétricas na bacia. Consideradas “suas” pela população ribeirinha, a percepção das pessoas sobre as raias é negativa nas áreas colonizadas, distorcida pelo fato desses animais não fazerem parte da fauna aquática nativa e por estarem envolvidos em acidentes com banhistas e pescadores (Garrone Neto 2009).

Nas áreas recentemente colonizadas as raias se estabeleceram e continuam ampliando a sua área de distribuição na bacia, favorecidas pelas eclusas das usinas hidrelétricas e outros dispositivos construídos para o trânsito de embarcações. No entanto, as raias não possuem importância econômica no alto curso do rio Paraná, não estando entre as espécies comercializadas por pescadores e/ou peixarias. Sua captura normalmente é acidental, sendo mais frequente nos espinhéis armados durante a noite. Capturas de raias com canções e linhas de mão não são raros e seu aprisionamento em redes é conhecido. O consumo da carne de raia também é restrito entre os moradores ribeirinhos da região do alto Paraná, em virtude do já mencionado estigma conferido a esses animais, que apresentam características muito diferentes dos peixes capturados na região. O único uso bem conhecido da carne de raia, ou melhor, do fígado desses animais (“banha de raia”), é na medicina popular, onde o material é utilizado em preparados que supostamente aliviam o

desconforto provocado por casos de reumatismo e asma. Contudo, de forma geral, existe uma tendência da população do alto rio Paraná a descartar raias durante as pescarias. Neste caso, não é raro observar o hábito de pescadores em amputar a cauda, retirar os ferrões ou mesmo provocar ferimentos fatais nas raias.

Esse cenário de subutilização de raias na região do alto Paraná é agravado pelo desconhecimento da população em geral sobre esses animais e pela observação cada vez mais frequente de interações negativas entre pescadores, banhistas e raias, como nos casos de acidentes. Apesar de subdimensionado no Brasil, esse tipo de agravo é comumente observado em moradores e turistas de municípios ribeirinhos do interior das regiões norte e centro-oeste, onde os acidentes por raias constituem um importante problema de saúde pública por sua elevada frequência e morbidade (ver revisão sobre o assunto em Haddad Jr. *et al.* 2013). Em áreas onde não havia o registro desses animais, como o alto curso do rio Paraná e diversos de seus tributários, é de se esperar que a interação entre seres humanos e as raias se intensifique, provocando alterações importantes nos perfis epidemiológicos dos acidentes por animais peçonhentos ocorridos em municípios ribeirinhos situados na região do alto curso do rio Paraná, no Brasil (Garrone Neto e Haddad Jr. 2010).

Nesse cenário, ações educativas em diferentes níveis, com o objetivo de informar a população sobre aspectos relacionados aos potamotrigonídeos e desmistificar questões envolvendo esses animais, além de projetos de prevenção de acidentes por raias em áreas como balneários fluviais, despontam como as principais medidas para minimizar os impactos decorrentes

do processo de colonização. Adicionalmente, pelo fato das raias estarem ampliando a área de distribuição no rio Paraná e em diversos tributários (incluindo o rio Tietê, no estado de São Paulo), em uma região densamente povoada, é necessário que medidas de mitigação e de manejo sejam adotadas por agências governamentais e empresas ligadas à geração de energia hidrelétrica, com vistas ao impedimento da transposição de eclusas por raias e o controle populacional das espécies observadas.

Bibliografía

- Achenbach, G. M. e S. V. M. Achenbach. 1976. Notas acerca de algumas espécies de “raya fluvial” (Batoidei, Potamotrygonidae) que frequentan El sistema hidrográfico del rio Paraná médio en el departamento La Capital (Santa Fé – Argentina). *Comunicaciones del Museo Provincial de Ciencias Naturales* 8: 1-34.
- Agostinho, A. A., H. F. Júlio-Júnior e J. R. Borghetti. 1992. Considerações sobre os impactos dos represamentos sobre a ictiofauna e medidas para sua atenuação. Um estudo de caso: Reservatório de Itaípu. *Revista UNIMAR* 14 (suppl.): 89-107.
- Agostinho, A. A., H. F. Júlio-Júnior, L. C. Gomes, L. M. Bni e C. S. Agostinho. 1997. Composição, abundância e distribuição espaço-temporal da ictiofauna. Pp. 179-208. *En: Vazzoler, A. E. A. M., A. A. Agostinho e N. S. Hahn (Eds.). A planície de inundação do alto rio Paraná - aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos.* EDUEM, Maringá, Brasil.
- Agostinho, C. S. e H. F. Júlio Júnior. 2002. Observation of an invasion of the piranha *Serrasalmus marginatus* Valenciennes, 1847 (Osteichthyes, Serrasalminae) into the Upper Paraná River, Brazil. *Acta Scientiarum* 24: 391-395.
- Bonetto, A. A. 1986. The Paraná river system. Pp. 541-555. *En: Davies, B. R. e K. F. Walker (Eds.). The ecology of river systems.* Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, Netherlands.



D. Garrone-Neto

- Brooks, D. R. 1992. Origins, diversification, and historical structure of the helminth fauna inhabiting Neotropical freshwater stingrays (Potamotrygonidae). *Journal of Parasitology* 78: 588-595.
- Carvalho, M. R., N. R. Lovejoy e R. S. Rosa. 2003. Family Potamotrygonidae (river stingrays). Pp. 22-28. *En: Reis, R. E., S. O. Kullander e C. J. Ferraris Jr. (Eds.). Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America.* EDIPUCRS, Porto Alegre, Brasil.
- Castex, M. N. 1963. La Raya Fluvial – Notas Histórico-Geográficas. Librería y Editorial Castellví S. A., Santa Fé, Argentina. 119 pp.
- Charvet-Almeida, P., M. L. G. Araújo e M. P. Almeida. 2005. Reproductive aspects of freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) in the Brazilian Amazon Basin. *Journal of the Northwest Atlantic Fisheries Science* 35: 165-171.
- Garrone Neto, D. 2009. História natural, diversidade e distribuição de raias na região do Alto Rio Paraná, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 204 pp.
- Garrone Neto, D. 2010. Considerações sobre a reprodução de duas espécies de raias (Myliobatiformes, Potamotrygonidae) na região do Alto Rio Paraná, Sudeste do Brasil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 5 (1): 101-111.
- Garrone Neto, D., V. Haddad Jr., M. J. A. Vilela e V. S. Uieda. 2007. Registro de ocorrência de duas espécies de potamotrigonídeos na região do Alto Rio Paraná e algumas considerações sobre sua biologia. *Biota Neotropica* 7 (1): <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032007000100023>.
- Garrone-Neto D. e I. Sazima. 2009a. Stirring, charging, and picking: hunting tactics of potamotrygonid rays in the upper Paraná River. *Neotropical Ichthyology* 7 (3): 113-116.
- Garrone-Neto D. e I. Sazima. 2009b. The more stirring the better: cichlid fishes associate with foraging potamotrygonid rays. *Neotropical Ichthyology* 7 (3): 499-501.
- Garrone Neto D. e V. Haddad Jr. 2010. Stingrays in rivers in southeastern Brazil:

RAYAS PARANÁ



D. Garrone-Neto

- occurrence localities and impact on the population. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* 43 (1): 82-88.
- Garrone Neto, D. e V. S. Uieda. 2012. Activity and habitat use of two species of stingrays (Myliobatiformes: Potamotrygonidae) in the Upper Paraná River Basin, Southeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology* 10 (1): 81-88.
 - Garrone-Neto, D., V. Haddad Jr. e O. B. F. Gadig. 2014a. Record of ascending passage of potamotrygonid stingrays through navigation locks: implications for the management of non-native species in the Upper Paraná River basin, Southeastern Brazil. *Management of Biological Invasions* 5 (2): 113-119.
 - Garrone-Neto, D., O. B. F. Gadig, J. Zuanon e L. N. Carvalho. 2014b. Cleaning interactions between shrimps (Palaemonidae) and freshwater stingrays (Potamotrygonidae) in the Paraná River, Southeastern Brazil. *Ichthyological Exploration of Freshwaters* 24 (4): 379-384.
 - Haddad Jr. V., D. Garrone Neto, J. B. Paula Neto, F. P. L. Marques e K. C. Barbaro. 2004. Freshwater stingrays: study of epidemiologic, clinic and therapeutic aspects and some enzymatic activities of the venom based on 84 envenomings in humans. *Toxicon* 48: 287-94.
 - Haddad Jr. V., E. L. Fávero Jr., F. A. H. Ribeiro, B. C. Ancheschi, G. I. P. Castro, R. C. Martins, G. B. Pazuelo, J. R. Fujii, R. B. Vieira e D. Garrone-Neto. 2012. Trauma and envenoming caused by stingrays and other fish in a fishing community in Pontal do Paranapanema, State of São Paulo, Brazil: epidemiology, clinical aspects, and therapeutic and preventive measures. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* 45 (2): 238-242.
 - Haddad Jr., V., J. L. C. Cardoso e D. Garrone-Neto. 2013. Injuries by marine and freshwater stingrays: history, clinical aspects of the envenomations and current status of a neglected problem in Brazil. *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases* 19: 16 <http://www.jvat.org/content/19/1/16>.
 - Júlio-Júnior, H. F., C. Dei Tós, A. A. Agostinho e C. S. Pavanelli. 2009. A massive invasion of fish species after eliminating a natural barrier in the upper Paraná River basin. *Neotropical Ichthyology* 7 (4): 709-718.
 - Lasso, C. A., B. A. Rial e O. Lasso-Alcalá. 1996. Notes on the biology of the freshwater stingrays *Paratrygon aiereba* (Müller & Henle, 1841) and *Potamotrygon orbignyi* (Castelnau, 1855) (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) in Venezuelan llanos. *Aqua* 2 (3):39-52.
 - Loboda, T. S. e M. R. Carvalho. 2013. Systematic revision of the *Potamotrygon motoro* (Müller & Henle, 1841) species complex in the Paraná-Paraguay basin, with description of two new ocellated species (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Potamotrygonidae). *Neotropical Ichthyology* 11 (4): 693-737.
 - Lonardoni, A. P., E. Goulart, E. F. Oliveira e M. C. F. Abelha. 2006. Hábitos alimentares e sobreposição trófica das raias *Potamotrygon falkneri* e *Potamotrygon motoro* (Chondrichthyes, Potamotrygonidae) na planície alagável do alto rio Paraná, Brasil. *Acta Scientiarum* 28 (3): 195-202.
 - Lovejoy, N. R. 1997. Stingrays, parasites, and neotropical biogeography: a closer look at Brook's hypothesis concerning the origins of neotropical freshwater rays (Potamotrygonidae). *Systematic Biology* 46: 218-230.
 - Luiz, E. A., K. D. Gaspar da Luz, R. S. Costa, J. D. Latini, H. F. Júlio-Júnior e L. C. Gomes. 2004. Structure of the fish assemblage in biotopes and subsystems of the upper Paraná River Floodplain. Pp. 117-124. *En: Agostinho, A. A., L. Rodrigues, L. C. Gomes, S. M. Thomaz, L. E. Miranda (Eds.). Structure and functioning of the Paraná River and its floodplain. EDUEM, Maringá, Brasil.*
 - Ng, H. H., H. H. Tan, D. C. J. Yeo e P. K. L. Ng. 2009. Stingers in a strange land: South American freshwater stingrays (Potamotrygonidae) in Singapore. *Biological Invasions* 12 (8): 2385-2388.
 - Nishida, K. 1990. Phylogeny of the superorder Myliobatoidei. *Memoir of the Faculty of Fisheries (Hokkaido University)* 37: 1-108.
 - Ringuelet, R. A. 1975. Zoogeografía y ecología de los peces de aguas continentales de la Argentina y consideraciones sobre las áreas ictiológicas de América del Sur. *Ecosur* 2 (3): 1-22.
 - Rosa, R.S. 1985. A systematic revision of the South American freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). Doctoral Dissertation, College of William and Mary, Virginia. 523 pp.
 - Rosa, R. S. e C. A. Lasso. 2013. Biogeografía de las rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de América del Sur. Pp. 39-47. *En: Lasso, C. A., R. S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt, E. Agudelo-Córdoba (Eds.). Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Sudamérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guyana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.*
 - Shibatta, O. A. e J. H. P. Dias. 2006. 40 Peixes do Brasil: CESP 40 anos. Editora Doiis, Rio de Janeiro, Brasil. 208 pp.
 - Silva, T. B. e V. S. Uieda. 2007. Preliminary data on the feeding habits of the freshwater stingrays *Potamotrygon falkneri* e *Potamotrygon motoro* (Potamotrygonidae) from the Upper Paraná River basin, Brazil. *Biota Neotropica* 7 (1): 1-4.
 - Thorson, T. B., R. M. Wootton e T. D. Georgi. 1978. Rectal gland of freshwater stingrays, *Potamotrygon* spp. (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). *Biological Bulletin* 154: 508-516.



Rio Medonho, tributario do Parnaíba. Foto: G. Moro.

G. Moro



10. FEEDING BIOLOGY, HUMAN PERCEPTIONS AND USES OF *Potamotrygon signata* GARMAN, 1913 IN THE PARNAÍBA RIVER BASIN, NORTHEASTERN BRAZIL

Guilherme Moro and Ricardo de Souza Rosa

Abstract

Potamotrygon signata is an endemic species in the Parnaíba river basin in northeastern Brazil. The Parnaíba drainage is one of the major river basins in northeastern Brazil, occupying an area of 344.112 km² (3.9% of the Brazilian territory), covering almost the whole state of Piauí, and parts of Maranhão and Ceará states. Stomach content analyses indicated the predominantly insectivorous habit of *P. signata*, with a prevalence of Chironomid larvae (Diptera), and detected differences in feeding preferences between males and females. Diptera and Ephemeroptera were the main items consumed by females and Diptera was the major item consumed by males. The capture of *P. signata* is normally accidental in the Parnaíba river basin, and there is not a fishery directed to it. This species is captured as by-catch in several fishing modalities and does not have commercial importance as food in the Parnaíba river drainage. The liver oil was pointed as having therapeutic properties and is extracted by two different ways in the Parnaíba river drainage.

Key words. Diet. Fishery. Parnaíba ray. Potamotrygonidae.

Resumen

Potamotrygon signata es una especie endémica de la cuenca del río Parnaíba en el noreste de Brasil. El drenaje de Parnaíba es una de las principales cuencas hidrográficas del noreste de Brasil, ocupando una superficie de 344.112 km² (3.9% del territorio brasileño), que abarca casi todo el estado de Piauí y partes de los estados de Maranhão y Ceará. El análisis de contenidos estomacales indicó el hábito predominantemente insectívoro de *P. signata*, con una prevalencia de larvas de quironómidos (Diptera), y se encontraron diferencias en las preferencias de alimentación entre machos y hembras. Diptera y Ephemeroptera fueron los principales alimentos consumidos por las hembras y Diptera fue el principal ítem consumido por los machos. La captura de *P. signata* es normalmente accidental en la cuenca del río Parnaíba y no hay una pesquería dirigida hacia ella. Esta especie es capturada incidentalmente en varias modalidades de pesca y no tiene importancia comercial como alimento en



G. Moro

Potamotrygon signata

la cuenca del río Parnaíba. Se señala que el aceite de hígado tiene propiedades terapéuticas y se extrae de dos maneras diferentes en la cuenca del río Parnaíba.

Palabras clave. Dieta. Pesquería. Parnaíba ray. Potamotrygonidae.

Introduction

Potamotrygon signata is an endemic species in the Parnaíba river basin in northeastern Brazil (Rosa 1985). This drainage is located for the most part in the Caatinga semi-arid biome, which is the major floristic formation of this region and exclusively found in Brazil (SRH/MMA 2006).

The rainfall in the Caatinga is marked by the low precipitation, with annual mean ranging from 500 to 800 mm, its irregu-

lar regime concentrated in short periods, usually from February to May, and occasional severe droughts that may last for several years (Moura *et al.* 2007, INMET 2009).

The hydrographic network of northeastern Brazil is relatively modest when compared to those of other regions, a consequence of the semi-arid climate and soil characteristics. Some of the major rivers and the majority of their tributaries are intermittent (Figure 1) (Rosa *et al.* 2003).

The Parnaíba river drainage and its ichthyofauna

The Parnaíba drainage is one of the major river basins in northeastern Brazil (Figure 2), occupying an area of 344.112 km² (3.9% of the Brazilian territory), covering

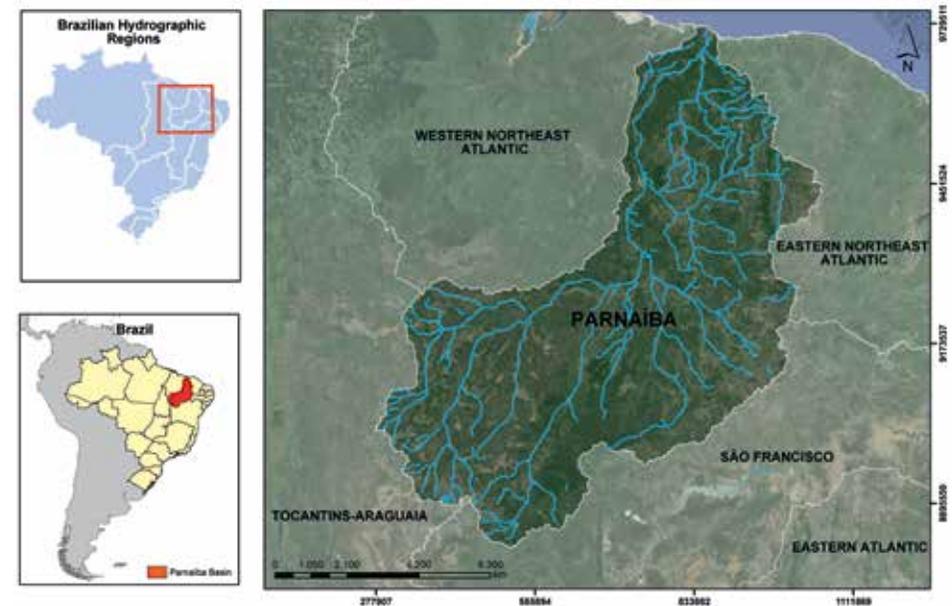


Figure 2. Hydrographic Region of Parnaíba river. Nomenclature and limits of hydrographic regions follow Agência Nacional de Águas, Brazil.



Figure 1. Rio Poti, during the dry season, in the vicinity of Teresina, State of Piauí. Photo: R. S. Rosa.

almost the whole state of Piauí (99%), and parts of Maranhão (19%) and Ceará (10%) states. The main course constitutes the border dividing Maranhão and Piauí states down to its mouth. There are 143 tributaries draining the Piauí territory into the right margin and 74 tributaries draining the Maranhão territory into the left margin (SRH/MMA 2006).

The ichthyofauna of the Parnaíba river drainage was first sampled during the expedition of the naturalists Johan von Spix e Karl von Martius, between 1818 and 1819 (Papavero 1971, Paiva and Campos 1995). The Thayer expedition in Brazil, headed by Jean Louis Agassiz between the years 1865 and 1866, visited the Parnaíba river, in the person of geologist Orestes Saint-John (Myers 1943, Agassiz and

Agassiz 1975). The two localities where he sampled fishes in December 1865 (“Rio Puty, Therezina and San Gonçallo”, today “Rio Poti, Teresina and São Gonçalo do Amarante”) (Higuchi 1996) provided the specimens which later were used for the description of *Potamotrygon signata* by Samuel Garman in 1913. Further collections were made in 1903 by an expedition organized by the Academy of Sciences of Viena, headed by the ichthyologist Franz Steindachner (Olmos and Brito 2007).

Later in the XXth century, more detailed studies on the ichthyofauna of the Parnaíba were conducted: Fowler (1954) recorded 90 species, while Tyson Roberts, who collected in the basin in 1968, provided a manuscript list with 84 species taxa, which included literature records as well as the



G. Moro

Potamotrygon signata

mention of possibly unrecorded additional species. Paiva (1978) estimated the richness of the ichthyofauna between 80 and 100 species and commented on the low endemism. Rosa *et al.* (2003) listed 86 species in the ecoregion of Maranhão-Piauí, including 15 possibly endemic species.

According to Paiva (1978), the Parnaíba drainage presents a typically Amazonian ichthyofauna, nonetheless with a much reduced diversity. Rosa *et al.* (2003) observed that some species are shared between the Parnaíba and the Amazon, and do not occur in any other drainages.

Recently, Ramos *et al.* (2014) presented a detailed survey of the ichthyofauna of the Parnaíba river, in which 146 species were recorded, distributed in 103 genera, 36 families and 11 orders. This list includes 54 endemic species, as well as new records and putative new species.

***Potamotrygon signata*
Garman, 1913**

Potamotrygon signata (Figure 3) has been treated as a valid species of the Potamotrygonidae (Carvalho *et al.* 2003, Rosa and Carvalho 2007). It is popularly known as the “Parnaíba ray” due to its restricted distribution, and has been considered an endemic species in that river drainage by Rosa (1985), Rosa and Carvalho (2007) and Rosa *et al.* (2010). After its original description, no taxonomic work has been done with this species, apart from citations in species lists and catalogues (Fowler 1941, 1948) and an unpublished M.Sc. thesis containing a taxonomic redescription and a skeletal morphologic study (Wanderley 2009).

The records of *P. signata* in Ceará state (Fowler 1941, 1948) were treated as erroneous by Menezes (1953) and Rosa (1985), due to the presence of waterfall barriers in

the Poti river, the tributary of the Parnaíba river with headwaters in Ceará. Records of the species outside the Parnaíba river drainage are also probably erroneous, such as the mention of its presence in the Colastiné river (Paraná river drainage in Argentina) by Castex and Achenbach (1965), in the Amazon basin (Castex 1967), and in the Colombian Amazon (Bogotá-Gregory and Maldonado-Ocampo 2006, Mejía-Falla *et al.* 2007).

Regarding the uses and conservation of the “Parnaíba stingray”, Araújo *et al.* (2004) included *P. signata* among the species used in the ornamental fish trade, and mentioned its illegal exportation from Brazil. Ramos *et al.* (2007) commented on the ecological perceptions concerning freshwater stingrays in the Canindé river, a tributary of the Parnaíba river in Francisco Ayres, Piauí.

Regarding biological data on *P. signata*, Marques and Brooks (2003) and Marques *et al.* (2003) cited endoparasites found in the species. Moro *et al.* (2012a) indicated the mainly insectivorous feeding habits of the species, while Moro *et al.* (2012b) provided the first accounts on its reproduction. The specimen series obtained in the latter studies provided materials for a taxonomic redescription of *P. signata*, which is in preparation by the authors and

collaborators. In spite of the recent advances, several important biological studies on the species are still lacking, such as mapping its complete area of occurrence, population estimates, genetic structure and variability, and age and growth parameters.

Feeding biology

Neotropical freshwater stingrays are predatory, classified either as top or intermediate level predators (Araújo *et al.* 2004, Rincon 2006). They generally feed on invertebrates (insects, mollusks, crustaceans and annelids) and fishes (Rosa *et al.* 2010).

Potamotrygon signata presents external labial furrows (Figure 4a), similar to but less conspicuous than those of *Potamotrygon orbignyi*, a species treated as insectivorous (Pântano-Neto and Souza 2002, Melo *et al.* 2007). The presence of this structure might be related to their insectivorous feeding habits. Dentition is similar to that of *P. orbignyi*, but with relatively larger teeth. Tooth crowns are flattened in both sexes, polygonal shaped in apical view in females and juvenile males, and conical with a pointed central cusp in mature males (Figure 4b and 4c). Tooth coloration varies from whitish to dark brown.



Figure 3. Female specimen of *Potamotrygon signata* and two aborted embryos. UFPB 7733. Photo: G. Moro.



Figure 4. a) External labial furrows observed in *P. signata*, dentition is differential in b) female and c) male. Modified from Wanderley (2009).



G. Moro

Potamotrygon signata

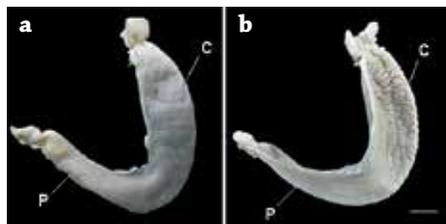


Figure 5. Stomach of *P. signata*: a) external view and b) internal view. C = cardiac portion. P = pyloric portion. Scale 10 mm. Photo: G. Moro.

The stomach of *P. signata* (Figure 5) presents the typical “J” format found in the majority of elasmobranchs, and is divided into the cardiac and pyloric portions (Holmgren and Nilsson 1999, Pântano-Neto 2001, Charvet-Almeida 2006).

The internal stomach lining of *P. signata* is similar to that of *Potamotrygon henlei* described by Pântano-Neto (2001) and that of *Potamotrygon leopoldi* described by Charvet-Almeida (2006), in terms of the size and shape of the rugae. The shape and amount of internal rugosity in the stomach is possibly related to the feeding habits and diet spectrum of the species.

Moro *et al.* (2012a) reported on the stomach contents of 56 specimens of *P. signata*, and indicated its predominantly insectivorous habit (Figure 6), with a prevalence of chironomid larvae (Diptera). Herein we present additional analyses of the data obtained in that study.

The analysis of the stomach contents showed that the dominant items in the diet, with highest percentages of frequency of occurrence (%FO), number of items (%N) and weight (%W) were insects of the families Ephemeroidea and Chironomidae (Table 1). Ephemeroidea were present in 45 stomachs and Chironomidae (*Chironomus* sp.) in 32.

The highest values for the percent number of items (%N) were those of *Chironomus* sp. (42.09%), Ephemeroidea (24.67%) and Chironomidae (12.75%). The highest values for the percent weight (%W) were *Chironomus* sp. (36.48%), Ephemeroidea (26.97%) and Gomphidae (10.45%).

The index of relative importance (%IRI) showed that *P. signata* has a dietary preference for *Chironomus* sp. (52.58%), followed by Ephemeroidea (34.56%) and Chironomidae (7.33%).

Table 1. Diet composition of *P. signata* (n =56), represented by the relative frequency of occurrence (%FO), percent number of items (%N), percent weight (%W) and the index of relative importance (IRI and%IRI) for each item.

	Food item	%FO	%N	%W	IRI	%IRI
Mites	Acariformes	1.786	0.113	0.004	0.209	0.002
	Ceratopogonidae	35.714	1.396	0.163	55.658	0.464
Insects	Chironomidae	57.143	12.75	2.663	880.75	7.335
	Chironomidae (<i>Chironomus</i> sp.)	80.357	42.097	36.483	6314.525	52.586
	Ephemeroidea	80.357	24.670	26.974	4149.927	34.560
	Siphonuridae	10.714	1.622	0.294	20.526	0.171
	Gomphidae	26.786	4.753	10.45	407.234	3.391
	Gomphidae (<i>Aphylla</i> sp.)	7.143	0.641	1.258	13.568	0.113
	Belostomatidae	1.786	0.038	0.095	0.237	0.002
	Plecoptera	1.786	0.038	0.024	0.110	0.001
	Trichoptera	7.143	0.905	2.06	21.180	0.176
	Crustaceans	Palaemonidae	7.143	0.264	9.391	68.963
Cymothoidae (<i>Telota</i> sp.)		1.786	0.038	0.016	0.096	0.001
Conchostraca		3.571	9.166	6.073	54.425	0.453
Mollusks	Pisidiidae	3.571	0.717	0.532	4.459	0.037
	Pleuroceridae	3.571	0.339	0.095	1.553	0.013
Teleosts	Sciaenidae (<i>Plagioscion</i> sp.)	1.786	0.038	3.231	5.837	0.049
Plants	Plant material	14.286	0.415	0.194	8.706	0.073
Total		346.429	100	100	12007.963	100

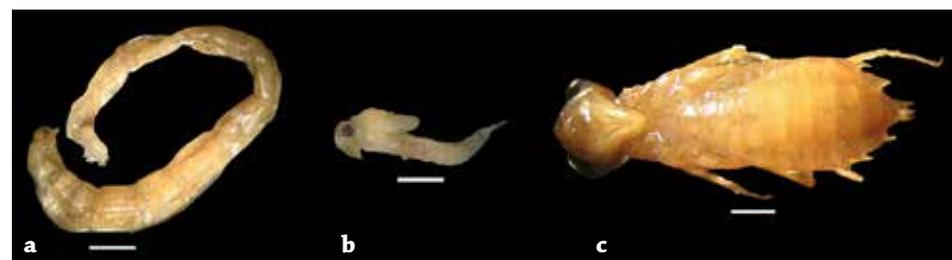


Figure 6. Three preferential food items of *P. signata*: a) larval Diptera, b) Ephemeroptera nymph and c) Odonata. Scale 2 mm. Photo: G. Moro.

The application of the Index of Relative Importance (%IRI) showed a general preference of *P. signata* for insects (98.8%) as dominant items, and crustaceans (1.03%) and mollusks (0.05%) as rare items (Figure 7).

Odonata and other insects (Hemiptera, Trichoptera and Plecoptera). The later subcategory was grouped, because the sum of %IRI of each component did not reach 18%.

Due to the clear preference for insects as food items in *P. signata*, data of this prey class were further analyzed into four subcategories: Diptera, Ephemeroptera,

The mean values of the frequency of occurrence (FO), number of items (N) and weight (W) were compared among the food item categories, and a significant difference was observed in FO (H = 92.03; gl



G. Moro

Potamotrygon signata

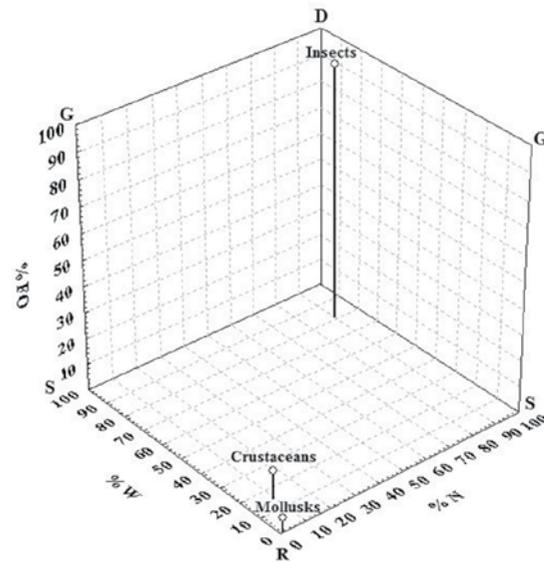


Figure 7. Tridimensional graphic representation of %IRI in the diet *P. signata*; D=Dominant and R=Rare (referring to the prey); G=Generalist and S=Specialist (referring to the consumer).

= 3; $p < 0.05$), with the exception of Diptera/Ephemeroptera and Odonata/other insects (Figure 8).

With respect to the number of items, a significant difference ($H = 104.43$; $gl = 3$; $p < 0.05$) was observed between subcategories, with the exception of Diptera/Ephemeroptera and of Odonata/other insects (Figure 9).

The weight also showed a significant difference between subcategories ($H = 92.03$; $gl = 3$; $p < 0.05$), with the exception of Diptera/Ephemeroptera and of Odonata/other insects (Figure 10).

Moro *et al.* (2012a) detected differences in feeding preferences between males and females. Diptera and Ephemeroptera were

the main items consumed by females. In the latter, Ephemeroptera presented a higher %FO (90.91%) and percent weight (42.20%), while Diptera presented a higher N (49.96%). Diptera were the major item consumed by males, with %FO=89.96, %N=79.98 and %W=75.55. The %IRI of Diptera and Ephemeroptera in females were nearly the same (47.12% e 47.86%, respectively). Males showed a preference for Diptera with a %IRI of 79.56%.

The IRI and %IRI data were compared by Chi-square test (χ^2) between males and females (Table 2).

The sexual dimorphism in dentition may partially explain the dietary differences among males and females. In addition, such differences may be related to the re-

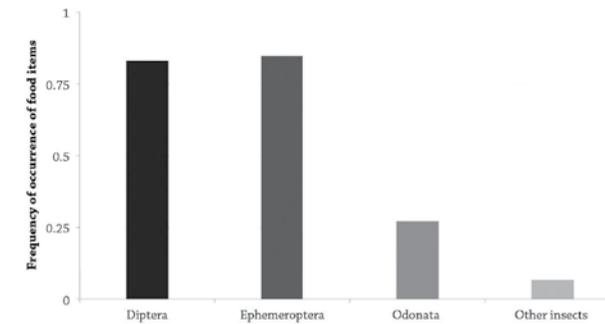


Figure 8. Mean values of the frequency of occurrence of the insect prey subcategories found in *P. signata* (n = 56).

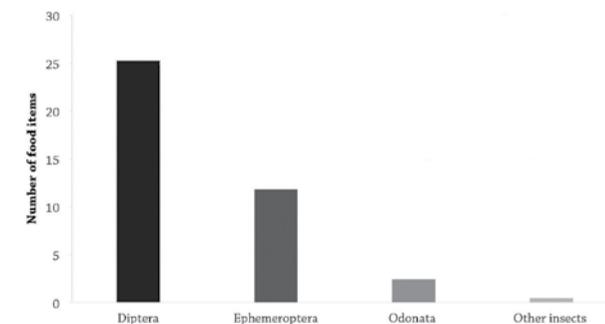


Figure 9. Mean values of the number of items of the insect prey subcategories found in *P. signata* (n = 56).

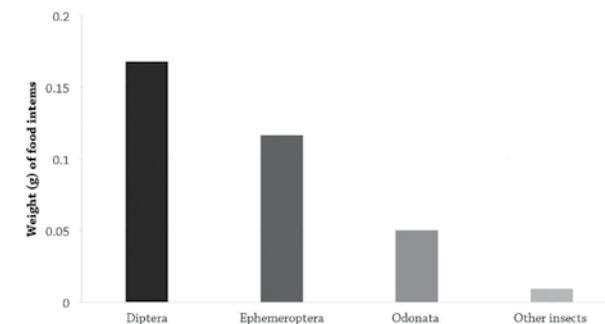


Figure 10. Mean weight values of items of the insect prey subcategories found in *P. signata* (n = 56).

Potamotrygon signata

G. Moro

Table 2. Chi-square test (χ^2) for Index of Relative Importance (IRI and %IRI). Boldface numbers indicate significant differences.

Food items		Females	Males	χ^2
Diptera	IRI	7168.47	12847.38	1611.224
	%IRI	46.95	77.87	7.659
Ephemeroptera	IRI	7112.28	3430.29	1285.934
	%IRI	47.23	20.79	10.277
Odonata	IRI	828.16	216.62	357.952
	%IRI	5.42	1.31	2.510
Other insects	IRI	60.94	4.33	49.099
	%IRI	0.40	0.03	0.318

productive strategy in female freshwater stingrays, namely matrotrophic viviparity by trophonemata (Charvet-Almeida *et al.* 2005). Hence, the sexual differences in dietary preferences might be related to the nutrient content of the prey, to be transferred to the developing embryos. Charvet-Almeida (2006) pointed out that gravid females could search for particular food items according to their nutrient content, or else, select the items most easily captured since they would be less agile.

Feeding habit studies generally do not discriminate sexual differences, usually showing only the general pattern for a species. One of the few studies to look into this aspect in freshwater stingrays was done by Lasso *et al.* (1996) in the llanos of Venezuela, where they found Diptera as the major item consumed by males (58%) and Ephemeroptera by females (61%). Charvet-Almeida (2006), in the Xingu river in Brazil, found a major representation of shrimps and mollusks in females of *Potamotrygon leopoldi*, and of fishes and insects in males of that species. Nonetheless, Almeida *et al.* (2010) did not find sexual dietary differences in *P. moto-*

ro, and Garrone Neto (2009) did not find sexual dietary differences in *P. motoro* and *P. falkneri*.

Human perceptions and uses

The interactions and uses of freshwater stingrays by traditional human populations possibly started with the first inhabitants of tropical South America. The native inhabitants must have been the first humans affected by accidents with freshwater stingrays (Rosa 1985) and the first to consume them as food and make other uses of these animals.

In the Parnaíba river basin, the capture of stingrays is normally accidental, and there is not a fishery directed to *P. signata*. This species is captured as by-catch in several fishing modalities such as fishing rod, hand lines, gillnets and cast nets (Figure 11). After capture, these animals are either consumed as food or discarded, live or dead.

Negative fishery is rather common in the daily life of fishermen. In this modality, the animals are either discarded dead or with a mutilated tail. Evidences of such

actions are the frequent findings of decomposing stingrays in river margins and of fished stingrays with mutilated or amputated tails. There are no studies regarding the effects of missing or mutilated tails on the life of these animals, but possibly these conditions affect reproductive behavior and their locomotion, and consequently their ability to evade predators and capture prey. Another observed practice among fishermen is the removal of the sting and the release of the animal with the intact tail.

In spite of the mention of the use of *P. signata* in the ornamental fish trade by Araujo *et al.* (2004), no direct fishery for this purpose was observed in our study. On the other hand, the capture of fishes for the ornamental trade has a high socioeconomic importance in the Xingu river basin, where this practice is predominantly directed to the endemic *P. leopoldi*, some teleost fishes, as well as other freshwater stingray species (Charvet-Almeida 2006). Due to the lack of information on treatment of stingray injuries among the general public, several alternative popu-

lar treatments are found in the Parnaíba river basin. These include some awkward recommendations such as the topic use of human urine or chicken faeces, or the contact of the affected parts with women's genitalia, all of which are considered effective in pain control by riverine inhabitants. Garrone Neto (2009) observed similar procedures in the upper Paraná river basin. Haddad Jr. *et al.* (2013) reported on popular treatments used throughout South America, and found similar instances as those recorded in the Parnaíba river basin.

Information obtained in a local public health facility revealed that injured people who do not seek immediate medical assistance may face severe complications, such as necrosis and amputation. When associated to other health conditions, such as diabetes, death of the patient may occur. When wading along river beds, riverine people are used to drag their feet on the bottom in order to avoid stepping on stingrays. This technique possibly was developed by native South American Indians (Rosa 1985).



Figure 11. Fishermen in action in the Parnaíba river basin. Photos: G. Moro (a), C. Wanderley (b).

Potamotrygon signata

The use of plastic footwear as a protection was also observed in the Parnaíba river basin, but with questionable results. One special kind of footwear, made with remains of tire rubber, leather and ropes has been developed by riverine inhabitants to avoid accidents with stingrays (Figure 12). A pair of such boots is locally sold for R\$50.00 (about US\$12.00).

The stings removed from stingrays are sun-dried and sold in local markets for the price of R\$10.00-R\$15.00 (about US\$3.00) per unit. Larger stings may reach a price of R\$20.00. The major consumers of the stings are Indians, who use them as arrow heads, and people who attend magical/religious rituals. In the municipality of Uruçuí/PI, the use of stings as torture instruments by enforcers of the law was cited by local people. Finally, the use of stings sticking out of a board as an obstacle in cattle gate passages was mentioned in the rural area of Sambito river in Piauí (R.S. Rosa pers. obs.).



Figure 12. Special footwear developed by riverine inhabitants in the Parnaíba river basin. Photo: G. Moro.

Freshwater stingrays do not have commercial importance as food in the Parnaíba river basin, and do not figure among the fish species sold by fishermen and fish markets. No stingray specimens or meat were found in the fish markets visited during this study. A single fisherman was observed selling stingray meat in his own house at the municipality of Ribeiro Gonçalves/PI, for the price of R\$5.00/kg.

The palatability of stingray meat is not unanimous, with indications that it is only consumed when there are no better options. Lasso (1985) pointed out that in spite of being an abundant resource in several regions, freshwater stingrays are only occasionally consumed by fishermen and riverine people.

The liver oil, called “banha de arraia” (Figure 13), was pointed out as having therapeutic properties, particularly for the treatment of respiratory illnesses. The practice of extraction and use of stingray



Figure 13. Local fisher exhibits the liver oil extracted from *P. signata* in Uruçuí, Piauí. Photo: G. Moro.

liver oil in traditional medicine has been reported by López (1984), who mentioned the treatment of lung diseases such as asthma in the region of the Venezuela “llanos”. In Brazil, Charvet-Almeida (2006) pointed out that some riverine Amazonian communities occasionally use the liver oil of potamotrygonid stingrays in popular medicine, as an anti-inflammatory agent. Nevertheless, the efficiency of this medicine has not been scientifically evaluated (Charvet-Almeida 2006), but the many similar reports regarding such use demonstrate its large diffusion among the population. Garrone Neto (2009) observed the same situation in the upper course of the Paraná river, in the southeastern



G. Moro

Brazil, where the “banha de arraia” supposedly relieves the pain caused by rheumatism and it is also effective to treat cases of bronchitis and asthma.

The extraction of liver oil is done in two different ways in the Parnaíba river drainage: a) the liver is suspended from a wire and the oil drips into a container; b) the liver is heated in a frying pan and the oil sieved out. The dripping extraction was observed in the region of the mid Xingu river drainage in northern Brazil by Charvet-Almeida (2006), but the heating method was not observed there. In Marajó Island, northern Brazil, dripping was also the only observed technique (Charvet-Almeida 2001).

Both extraction methods are aimed at selling the liver oil in street markets or directly at fishermen’s homes. The price varies according to the final volume sold, generally from R\$5.00 to R\$10.00 for 20 ml (about US\$3.00). The recommended posology varied from a few drops mixed with food to one tablespoon a day.

Sánchez-Duarte *et al.* (2013) observed that the artisanal extraction of liver oil is common for several species of stingrays throughout Colombia, but the main sought species is *Paratrygon aiereba* due to its large size. These authors mentioned that in Puerto Carreño there is a regular trade of liver oil, with an approximate cost of \$200.000 (US\$ 105) for 500 ml.

Conservation

Potamotrygon signata is treated as DD (Data Deficient) in the IUCN (International Union for the Conservation of Nature) Red List (Rosa *et al.* 2009). In Brazil, it was assessed as NT (Nearly Threatened) by the



G. Moro

Potamotrygon signata

ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (MMA 2014).

The ICMBio assessment pointed *P. signata* as a small to medium size and an endemic species from the Parnaíba river drainage in Maranhão and Piauí states, with low fecundity and no population data. Its occurrence is subject to an extremely variable hydrological regime and intermittent rivers, unlike the other regions where potamotrygonids occur, as well as to intense anthropogenic impacts.

Furthermore, the Parnaíba river basin is going through a major increment of human activities, including urban development and expansion of agriculture. The restricted distribution of *P. signata*, associated with increasing environmental impacts that restrict its area of occupation, pose threats that may foster population decline in the near future.

Detailed knowledge of the threats faced by *P. signata* is lacking and additional studies are needed. Processes such as desertification, loss of riparian forests, siltation of river beds, and extensive use of pesticides in agriculture, are widespread throughout the basin. River damming also directly affect the species habitat. It is not known whether fishing, ornamental trade or persecution significantly affect this species (Rosa *et al.* 2003). However, information provided by riverine inhabitants of the Sambito river in 2009 indicated that deliberate poisoning of its waters with pesticides was done by local authorities, in order to eliminate the stingrays and avoid accidents (Rosa pers. obs.).

References

- Agassiz, L. and E. C. Agassiz. 1975. Viagem ao Brasil 1865-1866. Trad. J. Etienne Filho. Ed. Itatiaia. Belo Horizonte, Brasil. Ed. Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil. 323 pp.
- Almeida, M. P., P. M. O. Lins, P. Charvet-Almeida and R. B. Barthem. 2010. Diet of the freshwater stingray *Potamotrygon motoro* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) on Marajó Island (Pará, Brazil). *Brazilian Journal of Biology* 70 (1): 155-162.
- Araújo, M. L. G., P. Charvet-Almeida, M. P. Almeida and H. Pereira. 2004. Freshwater stingrays (Potamotrygonidae): status, conservation and management challenges. Information Document, CITES Animals Committee, AC20, Inf. 8. 6 pp.
- Bogotá-Gregory, J. D. and J. A. Maldonado-Ocampo. 2006. Peces de la zona hidrogeográfica de la Amazonia, Colombia. *Biota Colombiana* 7 (1): 55-94.
- Carvalho, M. R., N. R. Lovejoy and R. S. Rosa. 2003. Family Potamotrygonidae (river stingrays). Pp. 22-28. In: Reis, R. E., S. O. Kullander and C. J. Ferraris Jr. (Eds.). Check list of the freshwater fishes of South and Central America, Edipucrs. Porto Alegre, Brasil.
- Castex, M. N. 1967. Freshwater venomous rays. Pp. 167-176. In: International Symposium on Animal Toxins. Pergamon Press. Oxford, New York.
- Castex, M. N. and G. M. Achenbach. 1965. Notas sobre algunos ejemplares curiosos de la familia Potamotrygonidae Garman, 1913 (Chondrichthyes). *Physis* 25 (70): 245-247.
- Charvet-Almeida, P. 2001. Ocorrência, biologia and uso das raias de água doce na baía de Marajó (Pará, Brasil), com ênfase na biologia de *Plesiotrygon iwamae* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). Masters Thesis, Museu Paraense Emílio Goeldi, Universidade Federal do Pará. Belém, Brasil. 213 pp.
- Charvet-Almeida, P. 2006. História natural e conservação das raias de água doce (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) no médio rio Xingu, área de influência do projeto hidrelétrico de Belo Monte (Pará, Brasil). Doctoral Dissertation. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 376 pp.
- Charvet-Almeida, P., A. J. A. Silva, R. S. Rosa and R. B. Barthem. 2005. Observações preliminares sobre a alimentação de *Potamotrygon leopoldi* (Potamotrygonidae) no médio rio Xingu - Pará. In: III Workshop de Chondrichthyes do Núcleo de Pesquisa e Estudo em Chondrichthyes. Santos, Brasil. (CD-ROM n.p.).
- Fowler, H. W. 1941. A collection of freshwater fishes obtained in Eastern Brazil by Dr. Rodolpho von Ihering. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 93: 123-199.
- Fowler, H. W. 1948. Os peixes de água doce do Brasil. *Arquivos de Zoologia* 6: 1-204.
- Fowler, H. W. 1954. Os peixes de água doce do Brasil. *Arquivos de Zoologia*. São Paulo 9: 1-400.
- Garman, S. 1913. The Plagiostomia (sharks, skates and rays). *Memoris of the Museum of Comparative Zoology* 36: 1-515.
- Garrone Neto, D. 2009. História natural, diversidade e distribuição de raias na região do alto rio Paraná, Brasil. Doctoral Dissertation. Universidade Estadual Paulista "Júlio De Mesquita Filho". Botucatu, Brasil. 204 pp.
- Haddad Jr, V., D. Garrone Neto, C. A. Lasso, M. A. Morales-Betancourt, R. Barriga and A. Barbarino. 2013. Envenenamientos causados por rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) en Brasil, con notas sobre los países vecinos (Colombia, Venezuela y Ecuador): implicaciones en la salud pública. Pp. 343-360. *En: Lasso, C. A., R. S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt and E. Agudelo-Córdoba* (Eds.). Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramerica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Brasil, Perú, Guyana, Surinam, Guyana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- Higuchi, H. 1996. An updated list of the ichthyological collection sites of the Thayer Expedition to Brazil (1865-66). Unpublished, available at http://www.mcz.harvard.edu/Departments/Ichthyology/docs/Higuchi_1996_Thayer_Formated_prelim.pdf.
- Holmgren, S. and S. Nilsson. 1999. Digestive system. Pp 144-173. In: Hamlett, W. C. (Ed.), Sharks, Skates and Rays: the biology of elasmobranch fishes. The John Hopkins University Press, Baltimore, EUA.
- INMET.2009. Normas Climatológicas do Brasil 1961-1990. INMET, Brasília, Brasil. 465 p.
- Lasso, C. A. 1985. Las rayas de agua dulce. *Natura* 77: 6-9.
- Lasso, C. A., A. B. Rial and O. Lasso-Alcalá. 1996. Notes on the biology of the freshwater stingrays *Paratrygon aiereba* (Müller & Henle, 1841) and *Potamotrygon orbignyi* (Castelnau, 1855) (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) in the Venezuelan llanos. *Aqua* 2: 39-52.
- López, G. 1984. Fauna Legendaria. Colección Fauna de los Llanos de Venezuela. Fundación Científica Fluvial de los Llanos. Volumen IV, Caracas. 82 pp.
- Marques, F. P. L. and D. R. Brooks. 2003. Taxonomic revision of *Rhinebothroides* (Eucestoda: Tetraphyllidae: Phyllobothriidae), parasites of Neotropical freshwater stingrays (Rajiformes: Myliobatoidei: Potamotrygonidae). *Journal of Parasitology* 89 (5): 994-1017.
- Marques, F. P. L., D. R. Brooks and M. L. G. Araújo. 2003. Systematics and phylogeny of *Potamotrygonocetus* (Platyhelminthes, Tetraphyllidae, Onchobothriidae) with descriptions of three new species from freshwater potamotrygonids (Myliobatoidei, Potamotrygonidae). *Zoologica Scripta* 32: 367-396.
- Mejía-Falla, P. A., A. F. Navia, L. M. Mejía-Ladino, A. P. Acero and 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.
- Melo, S. M. V., D. V. M. Lima and L. J. S. Vieira. 2007. Aspectos da alimentação da família Potamotrygonidae (Chondrichthyes: Elasmobranchii) na bacia do rio Juruá, Acre, Brasil. P. 153 In: Resumos do 17º Encontro Brasileiro de Ictiologia. Itajaí, Brasil.



G. Moro

Potamotrygon signata

- Menezes, R. S. 1953. Lista de nomes vulgares dos peixes de águas doces e salobras da zona seca do Nordeste e Leste do Brasil. *Arquivos Museu Nacional do Rio de Janeiro* 42: 343-388.
- MMA. 2014. Portaria MMA N° 445, de 17 de dezembro de 2014. *Diário Oficial da União* 18/12/2014 Seção 01: 126-130.
- Moro, G., P. Charvet and R. S. Rosa. 2012a. Insectivory in *Potamotrygon signata* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae), an endemic freshwater stingray from the Parnaíba River basin, northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 72: 885-891.
- Moro, G., P. Charvet and R. S. Rosa. 2012b. Aspectos da reprodução da raia de água doce *Potamotrygon signata* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) da bacia do rio Parnaíba, nordeste do Brasil. Pp. 121-133. In: Soares R., R. N. Lima e J. D. N. Paranhos (Eds.). Aspectos de pesquisas ictiológicas piauienses. EdUFPI. Teresina, Brasil.
- Moura, M. S. B., J. D. Galvincto, L. T. L. Brito, L. S. B. Souza, I. I. S. Sá and T. G. F. Silva. 2007. Clima e a água de chuva no Semiárido. Pp. 37-59. In: Brito, L. T. L., L. T. Moura e G. F. B. Gama (Eds.). Potencialidades da água de chuva no semiárido brasileiro. Embrapa Semiárido. Petrolina, Brasil.
- Myers, G. S. 1943. Amoénites biológicas: the influence of Louis Agassiz on the ichthyology of Brazil. *Revista Brasileira de Biologia* 3 (1): 127-133.
- Olmos, F. and G. R. R. Brito. 2007. Aves da região da Barragem de Boa Esperança, médio rio Parnaíba, Brasil. *Revista Brasileira de Ornitologia* 15 (1): 37-52.
- Paiva, M. P. 1978. A ictiofauna das Grandes Represas Brasileiras. *Revista DAE* 38 (116): 49-57.
- Paiva, M. P. and E. Campos. 1995. Fauna do Nordeste do Brasil. Conhecimento científico e popular. Banco do Nordeste do Brasil, Fortaleza, Brasil. 273 pp.
- Pântano-Neto, J. 2001. Estudo preliminar da anatomia descritiva e funcional associada à alimentação em raias de água-doce (Potamotrygonidae, Myliobatiformes, Elasmobranchii). Masters Thesis. Universidade de São Paulo, São Paulo. 93 pp.
- Pântano-Neto, J. and A. M. Souza, A.M. 2002. Anatomia da musculatura oro-braquial associada à alimentação de duas espécies de raias de água doce (Potamotrygonidae; Elasmobranchii). *Publicações Avulsas do Instituto Pau Brasil de História Natural* 5: 53-65.
- Papavero, N. 1971. Essays on the history of Neotropical Dipterology, with special reference to collectors (1750-1905). Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, São Paulo. 216 pp.
- Ramos, C. L., T. A. G. Lima and R. N. Lima. 2007. Percepção ambiental sobre a ecologia de raias de água doce em Francisco Ayres/PI. Livro de Resumos do VIII Congresso de Ecologia do Brasil. Caxambú, Brasil.
- Ramos, T. P. A., R. T. C. Ramos and S. A. Q. A. Ramos. Ichthyofauna of the Parnaíba river basin, Northeastern Brazil. *Biota Neotropica* 14 (1): 1-8.
- Rincon, G. 2006. Aspectos taxonômicos, alimentação e reprodução da raia de água doce *Potamotrygon orbignyi* (Castelnau) (Elasmobranchii: Potamotrygonidae) no rio Paraná - Tocantins. Doctoral dissertation. Universidade Estadual Paulista "Júlio De Mesquita Filho". Rio Claro, Brasil. 132 pp.
- Rosa, R. S. 1985. A systematic revision of the South American freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). Doctoral dissertation. College of William and Mary, Williamsburg, Virginia, USA. 523 pp.
- Rosa, R. S. and M. R. Carvalho. 2007. Potamotrygonidae. Pp. 17-18. In: Backup, P. A., N. A. Menezes and M. Sant'Anna Ghazzi (Eds.). Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil. Museu Nacional. Rio de Janeiro, Brasil.
- Rosa, R. S., N. A. Menezes, H. A. Britski, W. J. E. M. Costa and F. Groth. 2003. Diversidade, padrões de distribuição e conservação dos peixes da Caatinga. Pp. 135-162. In: Leal, I. R., M. Tabarelli and J. M. C. Silva (Eds.). Ecologia e Conservação da Caatinga. Editora Universitária da UFPE. Recife, Brasil.
- Rosa, R., M. Pinto de Almeida and P. Charvet-Almeida. 2009. *Potamotrygon signata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2009: e.T161467A5430818. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2009-2.RLTS.T161467A5430818.en>. Downloaded on 31 May 2016.
- Rosa, R. S., P. Charvet-Almeida and C. C. D. Quijada. 2010. Biology of the South American potamotrygonid stingrays. Pp. 241-286. In: Carrier, J. C., J. A. Musick and M. R. Heithaus (Eds.). Sharks and their relatives II: Biodiversity, adaptive physiology and conservation. Taylor & Francis Group, New York, USA.
- Sánchez-Duarte, P., M. P. Baptiste, C. A. Lasso, A. M. Suárez and A. Guzmán. 2013. Marco normativo y comercialización de las rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) em el norte de América del Sur. Pp. 311-341. *En*: Lasso, C. A., R. S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt and E. Agudelo-Córdoba (Eds.). Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramerica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Brasil, Perú, Guyana, Surinam, Guyana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- SRH/MMA - Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente, 2006. Caderno da Região Hidrográfica do Parnaíba. Brasília: MMA. 190 pp.
- Wanderley, C. A. 2009. Redescricao taxonômica e descrição da morfologia esquelética de *Potamotrygon signata* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). Masters Thesis. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil. 75 pp.



Río Parnaíba. Foto: G. Moro



Rio Negro. Foto: W. P. Duncan

W. Duncan



11. BIOLOGIA E HISTÓRIA NATURAL DE *Potamotrygon wallacei* (CARVALHO, ROSA E ARAÚJO, 2016) NA BACIA DO RIO NEGRO, AMAZÔNIA CENTRAL, BRASIL

Wallice Paxiúba Duncan, Akemi Shibuya, Maria Lúcia Góes de Araújo e Jansen Zuanon

Resumo

A raia cururu (*Potamotrygon wallacei* Carvalho, Rosa e Araújo 2016) é uma espécie endêmica da bacia do Rio Negro. A distribuição geográfica compreende do médio ao baixo curso do rio até a cidade de Manaus. Porém, as maiores densidades são relatadas para o Archipélago de Mariuá (município de Barcelos, Estado do Amazonas, Brasil). É encontrada nas águas ácidas, de baixa condutividade elétrica, preferencialmente entre os folhiços, troncos (bancos de liteira) com substrato areno-argiloso na floresta inundada em locais de baixa velocidade de correnteza. *Potamotrygon wallacei* alimenta-se principalmente de crustáceos, larvas de insetos e pequenos peixes. É provavelmente a menor das espécies de raias de água doce. Os filhotes nascem com 8-11 cm de largura de disco (LD), e assim como as demais formas juvenis são frequentemente encontrados nas margens rasas e arenosas de pequenos cursos d'água. As fêmeas atingem tamanhos maiores que os machos. Podem medir >27 cm de LD e pesam aproximadamente 1 kg. A reprodução ocorre durante a vazante

(setembro-outubro) e os filhotes nascem no início da enchente (janeiro-fevereiro) dos rios. O nascimento das raias coincide com a temporada de pesca para fins ornamental. Os neonatos e juvenis (<14 cm) dessa espécie já representaram mais de 50% da quantidade anual de raias exportadas a partir de Manaus.

Palavras-chave. Bioecologia. Conservação biológica. Raia cururu.

Resumen

La raya cururu (*Potamotrygon wallacei* Carvalho, Rosa y Araújo 2016) es una especie endémica de la cuenca del Río Negro. La distribución geográfica incluye el medio y bajo curso del río hasta la ciudad de Manaus. Sin embargo, las mayores densidades son reportadas para el Archipiélago de Mariuá (municipio de Barcelos, Estado de Amazonas, Brasil). Se encuentra en las aguas de baja conductividad eléctrica, preferencialmente en el fondo, entre troncos (bancos de hojarasca), con el substrato arenoso arcilloso en periodos de inundación, y agua con baja velocidad

Potamotrygon wallacei

de corriente. *Potamotrygon wallacei* se alimenta principalmente de crustáceos, larvas de insectos y peces pequeños. Ésta es la menor de las especies de raya de agua dulce. Las crías nacen con 8-11 cm de ancho de disco (AD), y también como otras formas juveniles, son frecuentemente encontradas en los márgenes arenosos de los pequeños cursos de agua. Las hembras alcanzan mayores tamaños que los machos. Pueden medir > 27 cm de AD y pesan aproximadamente 1 kg. La reproducción ocurre durante el periodo de aguas bajas (septiembre-octubre) y las crías nacen en el inicio del periodo de aguas ascendentes

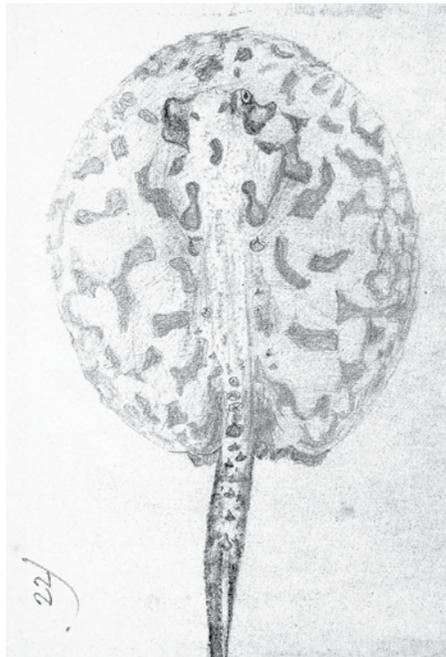


Figura 1. Ilustración número 22 hecha pelo naturalista Alfred Russell Wallace entre 1850-1852 de una raia coletada durante suas viagens pelo Rio Negro. (Fonte: Wallace 2002).

(enero-febrero). El nacimiento de las rayas coincide con la temporada de pesca ornamental. Los neonatos y juveniles (<14 cm) ya representaron más del 50% de la cantidad anual de rayas exportadas desde Manaus.

Palabras clave. Bioecología. Conservación biológica. Raya cururu.

Introdução

Os primeiros registros da raia *Potamotrygon wallacei* (Carvalho, Rosa e Araújo 2016) remontam ao século XIX quando o naturalista inglês Alfred Russell Wallace



Figura 2. Exemplar neonato de *Potamotrygon wallacei* coletado no Arquipélago de Mariuá, Rio Negro, no município de Barcelos (Amazonas, Brasil). Escala = 2 cm. Foto: W. P. Duncan.

(1823-1913) ilustrou um exemplar coletado nas imediações do município de Barcelos (Estado do Amazonas, Brasil) durante suas viagens ao Rio Negro entre os anos de 1850-1852 (Figura 1). Wallace (2002) descreve o exemplar número 22 como “Colorido marrom claro, borda avermelhada. Olhos amarelados, pupila preta. Marcas pretas, um tanto claras [?]cauda [?] com espinho em cima – cinco traços de cada lado da boca. Espinho da cauda um tanto longo e serrilhado – alinhado com o final da cauda. Os exemplares mais jovens têm as marcas mais delicadas e tênues”. Nota-se a semelhança entre a descrição feita por Wallace e um típico exemplar coletado na região de Barcelos (Figura 2). Essa espécie é bem conhecida pelos especialistas e pescadores do médio Rio Negro e foi descrita recentemente por

Carvalho *et al.* (2016). Nos últimos anos foram publicadas diversas informações sobre a sua fisiologia e adaptação (Wood *et al.* 2002, 2003, Duncan *et al.* 2010, 2011, 2015), genética (Valentim *et al.* 2006, 2013a, 2013b), biologia reprodutiva (Charvet-Almeida *et al.* 2005), alimentação (Shibuya *et al.* 2009) e uso de recurso e status de conservação (Araújo *et al.* 2004).

Distribuição geográfica e abundância

A raia cururu é endêmica da bacia do Rio Negro (Figura 3). De acordo com Carvalho *et al.* (2016) essa espécie pode ser encontrada desde o município de Santa Isabel do Rio Negro (00°25'S/65°01'O) até ao Rio Cuieiras (02°49'S/60°29'O) nas proximidades de Manaus. Alguns exemplares foram

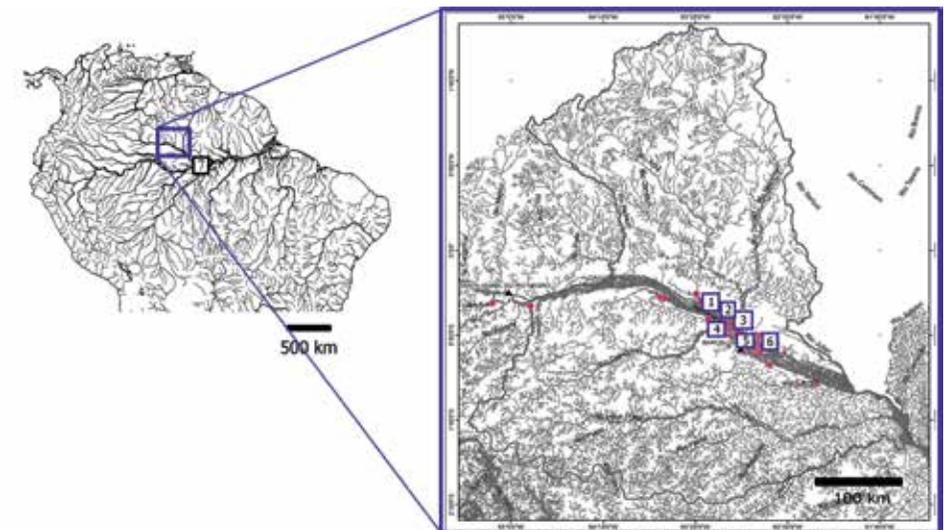


Figura 3. Distribuição da raia cururu *Potamotrygon wallacei* na bacia do Rio Negro. Os locais indicados numericamente são: 1- Igarapé Daraquá, 2- Igarapé Zalala, 3- Boca do Rio Demeni, 4- Boca do rio Cuiuni, 5- Lago do Cuba, 6- Igarapé Zamula e 7- Manaus. Os demais locais marcados em pontos vermelhos indicam apenas áreas amostradas onde foram coletados exemplares de raia cururu.



W. Duncan

Potamotrygon wallacei

W. Duncan

recentemente encontrados próximas à confluência com o Rio Solimões, em frente à cidade de Manaus (03°10'S/60°08'O). O arquipélago de Mariuá (00°58'S/62°55'O), em Barcelos (Amazonas, Brasil), apresenta elevada abundância da raia cururu. Porém, ainda não existe um estudo detalhado sobre a distribuição geográfica dessa espécie ao longo da bacia do rio Negro. É interessante notar que em alguns pequenos cursos d'água na região de Barcelos, como os igarapés Zamula, Zalala e Daraquá, que percorrem áreas de campina e/ou campinarana, e nas regiões mais baixas do Rio Negro, como a área do Rio Itu-Bafuana, a abundância de raia cururu parece ser elevada. No entanto, a relação entre a abundância dessa espécie de raia e características ambientais ainda não tem sido compreendida.

Nas pescarias experimentais utilizando apetrechos e métodos da pesca artesanal local, a captura por unidade de esforço (CPUE) pode chegar a 7,7 raias/pescador.hora no baixo curso dos rios Cuiuni (00°45'S/63°10'O) e Demeni (00°45'S/62°56'O). Nos principais afluentes do Rio Negro, na altura da cidade de Barcelos, os valores de CPUE no período de oito anos, variaram de 5,1-14,33 raias/pescador.hora (com média 9,67±3,5 dp) (Figura 4a). As flutuações anuais do CPUE foram fortemente influenciadas pela amplitude e duração da enchente/cheia do Rio Negro (Araújo, 1998). Em pescarias experimentais realizadas entre 2010-2015, a CPUE no Lago do Cubá (00°55'S/62°55'O) variou de 2 a 6 raias/pescador.hora (Figura 4b), com influência da variação sazonal no nível da água (Figura 4c). Nos períodos com maior volume de água, as raias ocupam extensas áreas da floresta alagada, tornando mais difícil sua captura e, conseqüentemente, resultando em menores

valores de CPUE. É importante enfatizar que o esforço de pesca realizado no Lago do Cubá (entre 2010-2015) foi padronizado em 4 horas/dia, durante cinco dias, sempre realizado por dois pescadores. Além disso, os mesmos pescadores trabalharam em todas as pescarias experimentais. As capturas ocorreram à noite entre 20:00 a 23:00 com auxílio de canoas de madeira, puçás e lanternas de cabeça. De um total de 327 animais capturados, 147 foram marcados com microchip (transponder ISO FDX-B 134,2 KhZ) para estudos posteriores em demografia, uso de habitat e movimentação dentro do lago.

Habitats e microhabitats

Na bacia do Rio Negro, *Potamotrygon wallacei*, *P. motoro*, *P. orbignyi* e *P. schroederi* e *Paratrygon aiereba* são simpáticas. Entretanto, *P. wallacei* e *P. motoro* são frequentemente encontradas entre os folhiços ou nas regiões areno-argilosas das áreas de florestas alagadas (igarapós) (Figura 5)", enquanto *P. orbignyi*, *P. schroederi* e *Paratrygon aiereba* são espécies frequentemente encontradas nas margens arenosas das praias. Esses ambientes caracterizam-se pela baixa velocidade da correnteza, águas ácidas (pH 4-6), pobres em íons, com concentração de oxigênio dissolvido entre 2-4 mg/L, condutividade elétrica em torno de 7-20 µS e temperatura entre 27-30 °C (Duncan e Fernandes 2010).

Aparentemente, existe uma segregação espacial entre as classes de tamanho da raia cururu (Oliveira 2008). No lago do Cubá, no Arquipélago de Mariuá, os neonatos e os indivíduos jovens são frequentemente encontrados nas margens rasas e arenosas com fundo de folhiços de pequenos cursos d'água. Nessas áreas parece existir abundante oferta de alimentos, na forma de artrópodes e pequenos peixes. Por outro

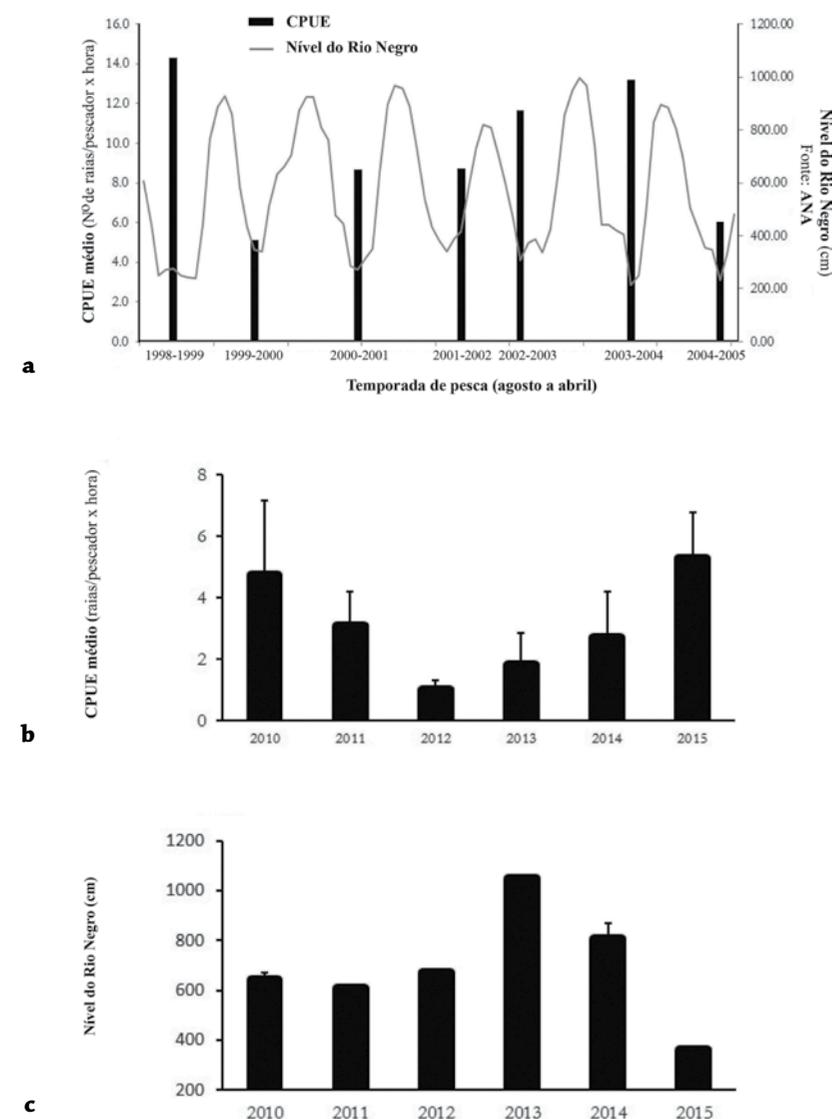


Figura 4. (a) Variação da CPUE de raias cururu em pescarias monitoradas nos Igarapés Daraquá e Zalala, Rio Itu, Sistema Rio Demeni-Igarapé Zamula – Igarapé Pixirituba e Rio Cuiuni, em relação ao nível médio do Rio Negro durante as safras de pesca. (b) Captura por unidade de esforço (CPUE) de raias cururu no Lago do Cubá, município de Barcelos (00° 56'S/62° 55'O) durante pescarias experimentais. Em (c) observa-se o nível do Rio Negro nos mesmos períodos das capturas (Níveis do Rio Negro obtidos da ANA-Agência Nacional de Água, Brasil - <http://www.snirh.gov.br/hidroweb>).

Potamotrygon wallacei

W. Duncan

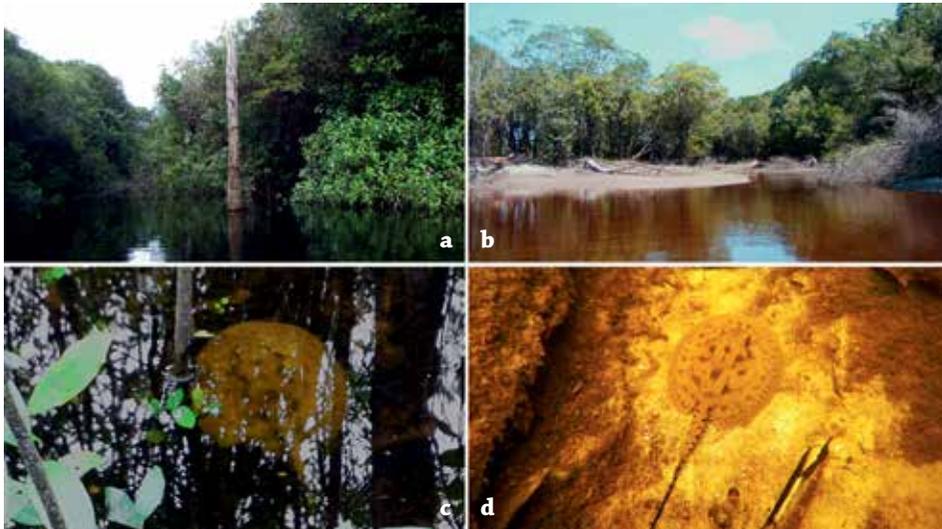


Figura 5. Ambientes de floresta alagada (igapó), nos meses de cheia (a) e de seca (b) e substrato com deposição de folhiços (c) e fundo arenoso (d) ocupados pela raia cururu no rio Negro, Amazonas. Fotos: W. Duncan (a, b, c); C. P. Deus (d).

lado, os adultos são frequentemente encontrados sobre substrato de folhiço submerso nos igapós.

Ainda que essa raia seja uma das menores espécie de potamotrigonídeos (tamanho e peso máximos de 31,3 cm de largura de disco (LD) e 1,2 kg, respectivamente), a nadadeira pélvica e a abertura do espiráculo são proporcionalmente grandes. Isso indica que essa raia explora ambientes que podem ser inadequados para outros potamotrigonídeos que vivem no Rio Negro. A nadadeira pélvica pode ser vantajosa para revolver o folhiço em busca de presas, sem a necessidade do uso primário da ondulação das nadadeiras peitorais, evitando perturbações maiores do substrato. O espiráculo proporcionalmente grande e a ampla área branquial podem constituir adaptações à maior superfície de trocas

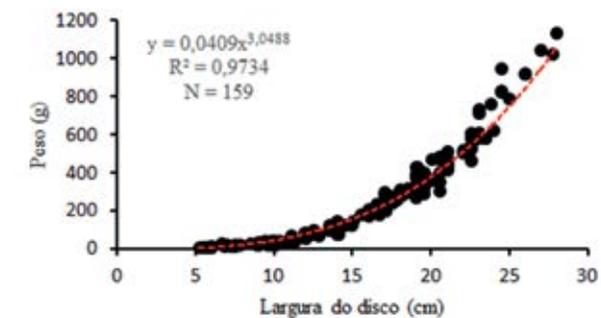
gasosas devido à baixa concentração de oxigênio na água (2,0 mg/L) (Duncan *et al.* 2015).

Estimativa de idade e crescimento

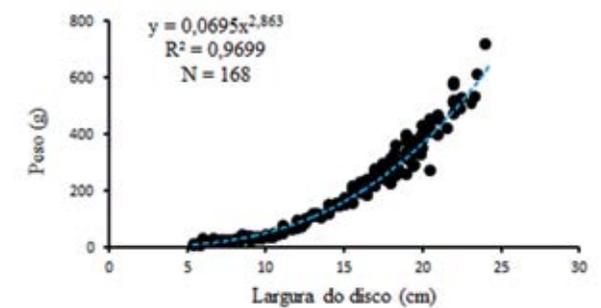
De forma geral, os elasmobrânquios possuem crescimento lento, maturação sexual tardia e baixo potencial reprodutivo. Até o presente momento, nenhum estudo foi publicado sobre dinâmica populacional da raia cururu. Em estudo realizado por Araújo (dados não publicados) com marcação e recaptura, *Potamotrygon wallacei* mostrou taxa de crescimento individual de 0,08 cm LD. mês⁻¹ num período de seis meses, que coincidiu com o período de vazante e seca do rio Negro. Esta espécie apresenta pulsos de crescimento relacionados aos períodos de seca em virtude da maior disponibilidade de alimentos.

O modelo de crescimento de von Bertalanffy obtido por Freire (2015) sugere que a raia nasce com 9,7 cm LD e alcança cerca de 12 cm ao final do primeiro ano de vida, o que é compatível com o observado em nossas capturas experimentais. A LD média dos embriões a termo varia de 6-9 cm (Araújo 1998; Duncan *et al.* 2015), enquanto os neonatos capturados durante o período de vazante-seca medem de 7 a 11 cm. A LD máxima teórica estimada por Freire (2015) foi de 19,8 cm para indivíduos adulto, porém, esse valor é menor do que foi observado para a população

estudada, que é em torno de 31,9 cm, indicando um subestimativa do LD. Na natureza, animais com LD em torno de 19,0-20,0 cm pesam em média 388±55 g. Em pescarias experimentais realizadas na localidade de Barcelos, 90% (de um total de 327 raias capturas) dos animais adultos tinham entre 17,0 e 23,0 cm de LD e pesavam entre 250-735 g. As fêmeas atingem tamanhos maiores que os machos. Em seis anos de capturas nessa região, registramos apenas três fêmeas com mais de 1000 g (N=159) e apresentavam >27 cm de LD (Figura 6a). Os maiores machos



a



b

Figura 6. Relação peso-largura do disco em exemplares de *Potamotrygon wallacei*, capturados no Arquipélago de Mariuá, bacia do Rio Negro (Amazonas, Brasil); a) fêmeas (N=159); b) machos (N=168).

Potamotrygon wallacei

pesavam 700-800 g (N= 168) e tinham <24 cm de LD (Figura 6b). Os modelos descritos por Freire (2015) sugerem que a longevidade pode chegar a 14 anos, com uma taxa de mortalidade natural variando de 0,42-0,75. ano⁻¹.

Dieta e hábito alimentar

A dieta da raia cururu foi descrita por Shibuya *et al.* (2009) a partir de 26 exemplares examinados, utilizando o Índice de Importância Relativa (%IRI) das presas consumidas (Cortés 1997). Crustáceos apresentaram elevada importância (IRI=49,4%), seguidos de larvas de insetos (30,2%) e peixes (20,4%) (Figura 7). Entre os crustáceos, camarões Euryrhynchidae

e caranguejos Trichodactylidae foram os grupos mais representativos, enquanto para insetos, as larvas de Gomphidae (Odonata) foram as presas mais importantes. Fragmentos vegetais e sedimentos foram encontrados junto com o alimento nos estômagos, mas não foram considerados como parte da dieta, uma vez que podem ter sido ingeridos acidentalmente. Assim como foi observado por Araújo (1998), a ocorrência simpátrica para outras espécies de raias no Rio Negro (*Paratrygon aiereba*, *Potamotrygon motoro*, *P. orbigny* e *P. schroederi*) parece não resultar em competição pelo uso de recursos alimentares, uma vez que essas espécies habitam diferentes tipos de ambientes (Shibuya *et al.* 2009). As

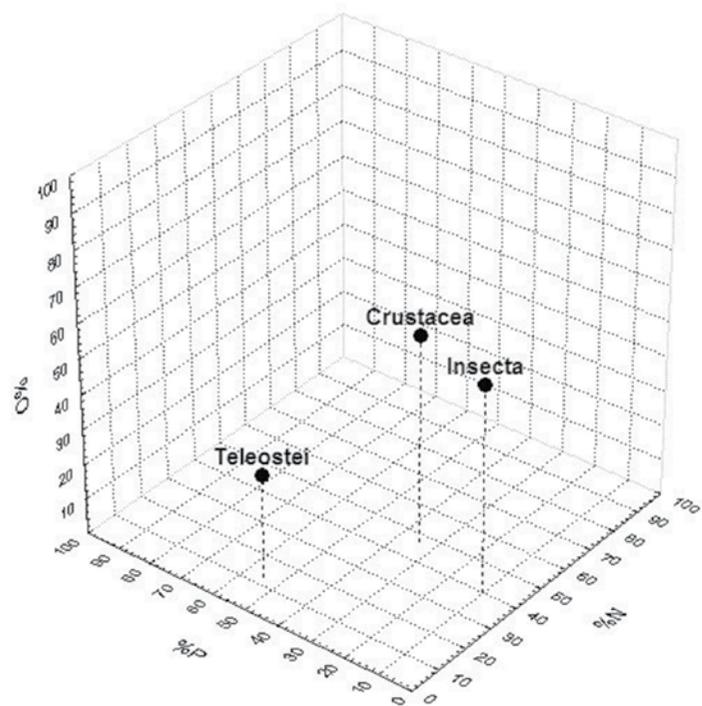


Figura 7. Representação gráfica da dieta de *Potamotrygon wallacei*, usando porcentagens de peso (%P), número (%N) e frequência de ocorrência (%O). Citado em Shibuya *et al.* (2009).

presas identificadas na dieta da raia cururu são comuns e abundantes em florestas inundadas, indicando que a alimentação desta raia está relacionada principalmente com disponibilidade de alimento e abundância de suas presas em ambientes de igapó.

Biologia da reprodução

Os ovários estão associados aos órgãos epigonais, sendo esse último ocupando mais de 90% da massa do tecido ovariano-epigonal da raia cururu. Estruturalmente, os ovários são assimétricos, sendo o direito menor que o esquerdo. No entanto, o ovário direito possui seis vezes mais epitélio germinativo que o esquerdo (dados não publicados), enquanto apenas o esquerdo é funcional para Myliobatiformes, como descrito por Lovejoy (1996). A fecundidade uterina é de 0,9:1,1 embriões/fêmea e os embriões são alimentados por uma secreção nutritiva produzida pelos trofonemas. Essas estruturas desenvolvem-se

a partir da mucosa uterina (Figura 8a). Histologicamente, o tecido é semelhante ao descrito para *Potamotrygon magdalenae*, uma espécie endêmica da bacia dos rios Atrato-Cauca-Magdalena (Pedreros-Sierra *et al.* 2016). A parede uterina está protegida de ferimentos potencialmente produzidos pelo esporão do embrião, pois a nadadeira caudal fica dobrada e voltada para a região ventral, e envolvida pelas nadadeiras peitorais (Figura 8b).

Os eventos do ciclo reprodutivo são regulados pelo pulso de inundação do Rio Negro (Araújo 1998) (Figura 9a). O parto ocorre durante a vazante e início da enchente dos rios e, nesse período, mais de 40% das fêmeas adultas estão grávidas (Figura 9b). O tamanho mínimo de maturação (L50) é de 17,1 cm de LD (IC 95% 16,9-17,3) para fêmeas (Figura 9c) e 18,2 cm de LD (IC 95% 17,6-18,8) para os machos (Figura 9d). Se considerarmos as composições químicas do fluido uterino ([Na⁺]= 145±9



W. Duncan

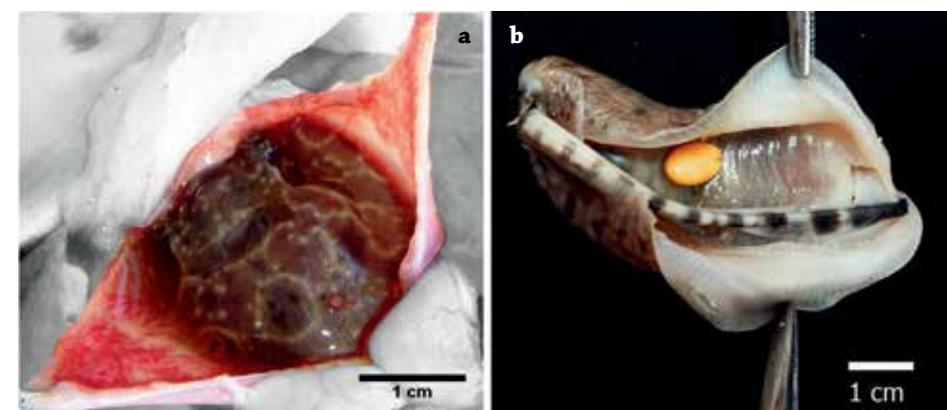


Figura 8. Embrião de *Potamotrygon wallacei* ainda no útero (a). Os trofonemas são as vilosidades na parede uterina, altamente vascularizada e de coloração avermelhada. Detalhes da posição da cauda flexionada e envolvida pelas nadadeiras peitorais do embrião (b). Fotos: W. P. Duncan.



W. Duncan

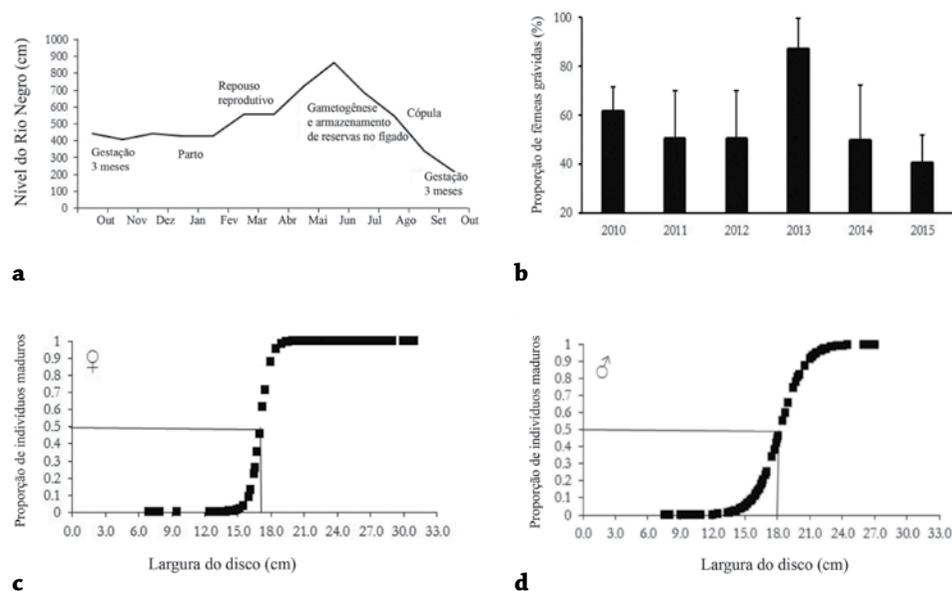
Potamotrygon wallacei

Figura 9. Eventos do ciclo reprodutivo de *Potamotrygon wallacei* (a) e percentual de fêmeas grávidas capturadas durante pescarias experimentais no Lago do Cubá (Barcelos, Amazonas, Brasil) (b). Tamanho mínimo de maturação de fêmeas (c) e de machos (d). Níveis do Rio Negro obtidos da ANA-Agência Nacional de Água, Brasil - <http://www.snirh.gov.br/hidroweb>.

mmol; $[Cl^-] = 118 \pm 20$ mmol; osmolalidade = 219 ± 14 mOsm) e do ambiente aquático ($[Na^+] = 13 \pm 1$ μ mol; osmolalidade = 1-2 mOsm), o parto pode ser um evento traumático, o que pode justificar altos valores de mortalidade natural estimados para as fases iniciais de vida em torno de 50%. Ao nascer, os neonatos permanecem letárgicos por alguns minutos, realizando apenas lentos movimentos ondulatórios das nadadeiras peitorais. Após esse período, começam a nadar de maneira desordenada. Caso o parto ocorra sem ser induzido pelo estresse de captura, os neonatos se deslocam à região dorsal posterior do disco da mãe e permanecem por um período estimado de três semanas (Araújo

1998), também observado para *Potamotrygon motoro*, na Argentina (Achenbach e Achenbach 1976). Além disso, ocorre uma redução dos movimentos após o nascimento e tentativas de se enterrar no substrato. Na natureza, os neonatos aproveitam as áreas alagadas com substrato coberto por folhoso submerso e/ou praias rasas, onde se enterram no fundo areno-argiloso.

Conservação biológica

Tradicionalmente, as populações ribeirinhas do Rio Negro não utilizam raias como alimento. Historicamente, a maior pressão de captura para os potamotrygonídeos foi a pesca para fins ornamentais. A raia cururu foi capturada durante várias décadas

para atender à demanda internacional de peixes ornamentais, especialmente pelo pequeno tamanho adulto atingido por essa espécie. Segundo Araújo *et al.* (2004), a raia cururu correspondia a mais de 50% da quantidade anual de raias exportadas a partir de Manaus, representando, nas safras de 2003 a 2005, 42,68% do valor total de raias exportadas e 2,53% fora da safra de pesca (Araújo *et al.* 2004). A maioria dos indivíduos retirados da natureza eram neonatos, jovens do ano e jovens de, no máximo, 14 cm de LD (Figura 10a). O manejo, durante e após as capturas, era inadequado e as taxas de mortalidade pós-captura variavam de 2 a 5% (Araújo *et al.* 2004). Muitos indivíduos eram descartados, pois apresentavam mutilações e lacerações provocadas pela grande quantidade de raias durante o transporte. Em muitos casos, antes do descarte, a cauda do animal era removida, supostamente para evitar acidentes com banhistas nas praias fluviais. Entre 1998-2004, no auge da temporada de pesca, estima-se que 20% dos animais capturados na natureza apresentavam mutilações. A pesca ornamental entre 2004-2005 na área Rio Itu e igarapé Daraquá incluiu fêmeas grávidas, com introdução de modos de captura diferente do tradicional. Os embriões a termo eram removidos, pois, com isso, havia a garantia que os animais não apresentavam lesões visíveis.

Após a queda do valor da moeda norte-americana em 2005, e a crise econômica mundial de 2008, houve uma diminuição significativa nas exportações de *Potamotrygon wallacei* (Figura 10b). Esta redução nas exportações foi acompanhada pelo aumento no comércio de *Potamotrygon leopoldi*, do Rio Xingu e *Potamotrygon henlei*, do Rio Tocantins. Com isso, a pressão de pesca sobre a raia cururu foi reduzida,

e as populações locais aparentemente se recuperaram. Atualmente, a pesca de raias cururu ainda ocorre esporadicamente, para atender a um mercado mais restrito. Em 2014, as exportações desta espécie para o mercado nacional e internacional representou 66,15% e 33,85%, respectivamente. Alguns animais ainda são coletados e transportados ilegalmente, em virtude da procura por indivíduos maiores que 14,0 cm de LD para suprir o mercado internacional, que são componentes do estoque parental. Na cidade de Manaus, a atividade de fiscalização do comércio de peixes ornamentais apreende esses animais e realizam a soltura na margem direita do Rio Negro, próximo à cidade de Manaus. Tal pode inferir nos estudos sobre a distribuição geográfica dessa espécie. Nos últimos anos, diversos exemplares da raia cururu foram capturados nos arredores de Manaus (Figura 11). Portanto, faz-se necessário um amplo estudo sobre biogeografia e genética populacional para essa espécie, como forma de entender melhor o padrão de distribuição de raia cururu na Amazônia.

Bibliografia

- Achenbach, G. M e S. V. M. Achenbach. 1976. Notas acerca de algunas especies de raya fluvial (Batoidei, Potamotrygonidae), que frecuentan el sistema hidrográfico del río Paraná medio en el Departamento La Capital (Santa Fe-Argentina). *Comunicaciones del Museo Provincial de Ciencias Naturales "Florentino Ameghino"* 8: 1-34.
- Araújo, M. L. G. 1998. Biología de *Potamotrygon* sp. C (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) no Médio Rio Negro, Amazonas. Tesis de Maestría. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil, 171 pp.
- Araújo, M. L. G., P. Charvet-Almeida, M. P. Almeida e H. Pereira. 2004. Freshwater stingrays (Potamotrygonidae): status, con-



W. Duncan

Potamotrygon wallacei

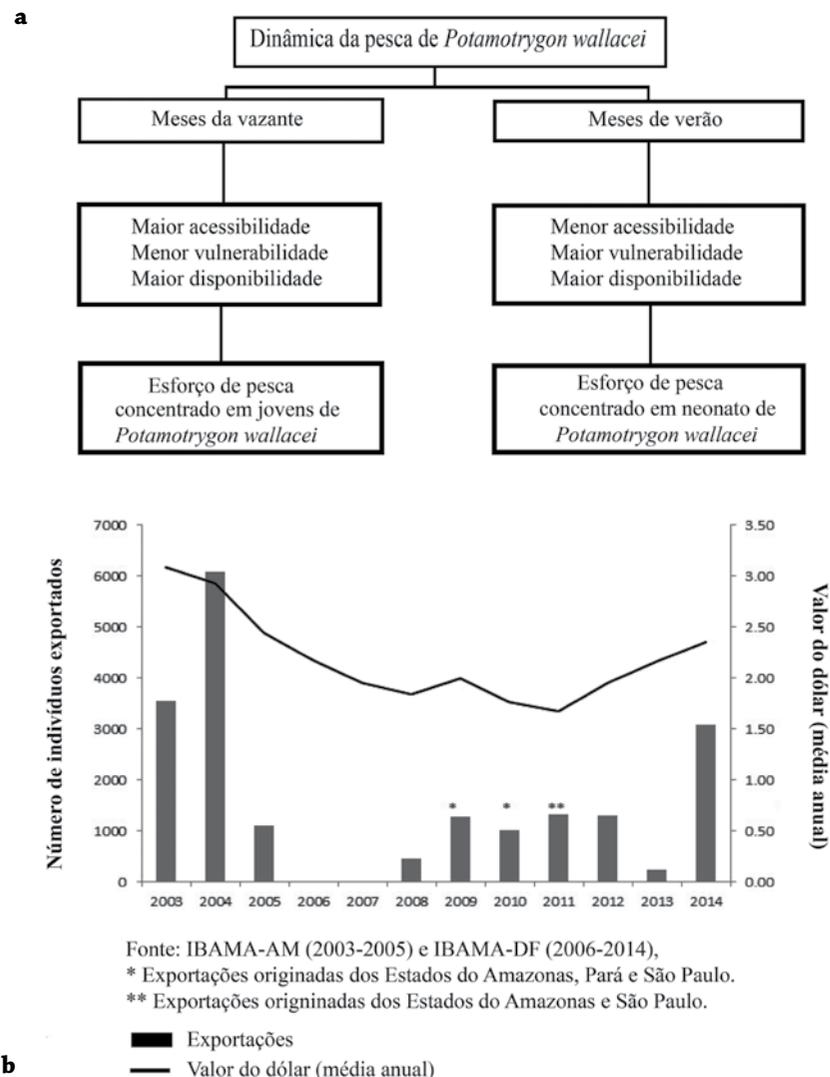


Figura 10. Dinâmica da pesca ornamental de *Potamotrygon wallacei*, no médio rio Negro, direcionada para a captura de jovens e neonatos (a). Dados de exportações de *P. wallacei* entre os anos de 2003 e 2014 (b). Fonte: IBAMA-AM e IBAMA-DF.



Figura 11. Exemplar de *Potamotrygon wallacei* capturado em 04 de julho de 2015, na localidade de Iranduba (Amazonas, Brasil), em frente à cidade de Manaus, próximo à confluência dos rios Negro e Solimões (03°10'06,5"S/60°07'46,6"O). Fotos: W. Duncan.

servation and management challenges. *Information document ac20 info* 08:1-6.

- Charvet-Almeida P., M. L. G. Araújo e M. P. Almeida. 2005. Reproductive aspects of freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) in the Brazilian Amazon basin. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* 35: 165-171.
- Cortés, E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54: 726-738.
- Duncan, W. P. e M. N. Fernandes. 2010. Physicochemical characterization of the white, black, and clearwater rivers of the Amazon Basin during the rainy period and its implications on the distribution of freshwater stingrays (Chondrichthyes, Potamotrygonidae). *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 53: 454-464.
- Duncan, W. P., O. T. F. Costa, M. M. Sakuragui e M. N. Fernandes. 2010. Functional morphology of the gill in Amazonian freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae): implications for adaptation to freshwater. *Physiological and Biochemical Zoology* 83: 19-32.
- Duncan, W. P., N. F. Silva e M. N. Fernandes. 2011. Mitochondrion-rich cells distribution, Na⁺/K⁺-ATPase activity and gill morphometry of the Amazonian freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). *Fish Physiology and Biochemistry* 37: 523-531.
- Duncan, W. P., M. I. Silva e M. N. Fernandes. 2015. Gill dimensions in near-term embryos of Amazonian freshwater stingrays (Elasmobranchii: Potamotrygonidae) and their relationship to the lifestyle and habitat of neonatal pups. *Neotropical Ichthyology* 13: 123-136.
- Freire, G. M. 2015. Idade, crescimento e mortalidade da arraia-cururu (*Potamotrygon* sp.) no Médio Rio Negro. Tesis de Maestría, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil. 31 pp.

Potamotrygon wallacei

- Lovejoy, N. R. 1996. Systematics of myliobatoid elasmobranchs: with emphasis on the phylogeny and historical biogeography of neotropical freshwater stingrays (Potamotrygonidae: Rajiformes). *Zoological Journal of the Linnean Society* 117(3): 207-257.
- Oliveira, A. T. 2008. Caracterização Hematológica de *Potamotrygon cf. histrix*: Subsídios para o Manejo e Conservação da Espécie. Tesis de Maestría. Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil, 101 pp.
- Pedreros-Sierra, T. M., D. M. Arrieta-Prieto e P. A. Mejía-Falla. 2016. Reproductive system of females of the Magdalena River endemic stingray *Potamotrygon magdalenae*: anatomical and functional aspects. *Journal of Morphology* 277: 680-697.
- Shibuya, A., M. L. G. Araújo e J. A. S. Zuanon. 2009. Analysis of stomach contents of freshwater stingrays (Elasmobranch: Potamotrygonidae) from the middle Negro River. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 4 (4): 466-465.
- Valentim, F. C. S., J. N. Falcão, J. I. R. Porto e E. Feldberg. 2006. Chromosomes of three freshwater stingrays (Rajiformes, Potamotrygonidae) from the Rio Negro Basin, Amazon, Brazil. *Genetica* 128: 33-39.
- Valentim, F. C. S., J. I. R. Porto, L. A. C. Bertollo, M. C. Gross e E. Feldberg. 2013a. XX/XO, a rare sex chromosome system in *Potamotrygon* freshwater stingray from the Amazon Basin, Brazil. *Genetica* 141: 7-9.
- Valentim, F. C., M. C. Gross e E. Feldberg. 2013b. Estatus cario-evolutivo de las rayas con énfasis en las especies de agua dulce (Potamotrygonidae). Pp. 297-309. *En: Lasso, C. A., R. de S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt y E. Agudelo-Córdoba (Eds.). IX. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.*
- Wallace, A. R. 2002. Peixes do Rio Negro. Fishes of the Rio Negro. Editora da Universidade de São Paulo, Imprensa Oficial do Estado, São Paulo, 518 pp. (Organização, introdução e traduções feita por Ragazzo, M. T-P.).
- Wood, C. M., A. Y. O. Matsuo, R. J. Gonzalez, R. W. Wilson, M. L. Patrick e A. L. Val. 2002. Mechanisms of ion transport in *Potamotrygon*, a stenohaline freshwater elasmobranch native to the ion-poor blackwater of the Rio Negro. *Journal of Experimental Biology* 205: 3039-3054.
- Wood, C. M., A. Y. O. Matsuo, R. W. Wilson, R. J. Gonzalez, M. L. Patrick, R. C. Playle e A. L. Val. 2003. Protection by natural blackwater against disturbances in ions fluxes caused by low pH exposure in freshwater stingrays endemic to the Rio Negro. *Physiological and Biochemical Zoology* 76: 12-27.



Rio Negro. Foto: W. P. Duncan



12. AVANCES EN EL CONOCIMIENTO DE *Potamotrygon magdalenae* (DUMÉRIL, 1865), RAYA DULCEACUÍCOLA ENDÉMICA DE COLOMBIA

Paola A. Mejía-Falla, José Gabriel Pérez-Rojas, Daniela Gómez-Martínez, Luis A. Muñoz-Osorio, Esteban Galindo, Juliana López-García, Tania del Mar Pedreros, Gina Fernández y Andrés F. Navia

Resumen

Se resaltan los avances en investigación realizados con *Potamotrygon magdalenae*, tanto *in situ* como *ex situ*, en cuanto a aspectos pesqueros, biológicos, ecológicos y fisiológicos, enfatizando las variaciones entre las cuencas alta, media y baja del río Magdalena. En la cuenca baja, individuos de esta especie, principalmente juveniles, son capturados con fines ornamentales; mientras en las otras dos cuencas se capturan principalmente adultos para consumo ocasional. Las rayas se encontraron principalmente en aguas turbias, someras y cálidas. Las hembras de la cuenca media presentaron tallas de madurez y de nacimiento más bajas y fecundidades más altas que las de la cuenca baja; mientras que hembras en cautiverio mostraron tallas de nacimiento y fecundidades máximas más bajas que las reportadas en vida silvestre, y periodos de gestación cortos (90 ± 20 días). Su dieta es similar a lo largo de la cuenca, especializándose en insectos. *Potamotrygon magdalenae* responde bien al cautiverio, soportando diversos intervalos

de temperatura, pH y dureza del agua, así como alta tolerancia a procesos de transporte y reubicación. Estos resultados sugieren que la especie podría soportar una cadena de comercio regulada basada en la reproducción *ex situ*, lo cual permitiría reducir la presión en poblaciones naturales; sin embargo, la adecuada nutrición de las crías es un tema crucial, el cual requiere de mayor investigación.

Palabras clave. Cautiverio. Cuenca del Magdalena. Dieta. Fisiología. Reproducción.

Introducción

En la cuenca del Magdalena se registra la presencia de la única raya dulceacuícola endémica para el país, la raya del Magdalena (*Potamotrygon magdalenae*). Esta especie se ha observado desde el Embalse del Quimbo, departamento del Huila (Mejía-Falla *et al.* 2014), hasta su desembocadura en el Caribe, además de registros en los ríos Atrato y San Jorge (Mejía-Falla *et al.* 2009, Lasso *et al.* 2013).

Potamotrygon magdalenae

Considerando su distribución geográfica, pesca y comercialización, y los vacíos de información existentes, *P. magdalenae* fue considerada como una especie con prioridad de acción muy alta en el Plan de acción nacional para la conservación y manejo de tiburones, rayas y quimeras de Colombia (Caldas *et al.* 2010), y posteriormente, en el libro rojo de peces dulceacuícolas fue evaluada como Casi Amenazada (NT; Lasso *et al.* 2012), haciéndose necesario realizar estudios en torno a la misma. De esta forma, en este capítulo se recopila la información que ha sido generada por investigadores de la Fundación SQUALUS sobre *P. magdalenae* en diferentes temas, incluyendo aspectos pesqueros, culturales, biológicos y ecológicos, evaluando variaciones en los mismos a lo largo de la cuenca del Magdalena, así como aproximaciones fisiológicas y reproductivas de individuos mantenidos en cautiverio.

Aspectos pesqueros y de comercialización

Potamotrygon magdalenae es capturada en algunas regiones para fines de consumo local y en otras para uso ornamental, siendo comercializados nacional e internacionalmente, representando el primer o segundo lugar dentro de los potamotrygónidos más exportados entre los años 2003 y 2012 (Perdomo-Nuñez 2005, Sánchez-Duarte *et al.* 2013). Sin embargo, se desconocen las variaciones en términos de captura, comercialización y uso de la especie entre las tres regiones de la cuenca y por ende, la presión que sobre la especie se ejerce a lo largo de su distribución.

A partir de entrevistas a 150 pescadores en 24 localidades ubicadas a lo largo de la cuenca del río Magdalena, y de monitoreos a bordo de embarcaciones pesqueras, se determinó que tan sólo el 4,6% de los

pescadores entrevistados se dedican a la pesca de rayas como recurso ornamental, siendo todos habitantes en la zona baja de la cuenca (Figura 1). Las rayas cuyo fin es el comercio ornamental se capturan a lo largo del año, por encargo, y siendo de principal interés los juveniles, los cuales, luego de ser capturados, son aclimatados en una piscina temporal, empacados en bolsas plásticas con oxígeno, a una densidad de tres a cinco rayas por bolsa, y llevados en cajas de cartón hasta el aeropuerto (Figura 1). En cuanto a la comercialización, las rayas son vendidas principalmente a un acopiador (95,2%) y unos pocos se venden directamente a un exportador (4,8%).

Aunque en las otras regiones los pescadores no se dedican a la pesca de rayas, todos afirmaron haberlas capturado por accidente en sus jornadas de pesca y tan sólo el 18% las han consumido, aunque su consumo es ocasional y es más común en la parte alta de la cuenca. La espina es usada, aunque en menor proporción, con fines de brujería tanto en la parte alta como baja de la cuenca. Así mismo, en todas las regiones de la cuenca, esta especie es usada tradicionalmente para extraerle el hígado, cuyo aceite es empleado en el tratamiento de afecciones del sistema respiratorio (Mejía-Falla *et al.* 2014). En este aspecto, en la cuenca baja se ha reportado su uso para tratar dolores de cabeza y para el fortalecimiento del feto durante el embarazo (Rojas-Ceballes *et al.* 2013).

En las tres zonas de la cuenca, la pesca de rayas se realiza en canoas y usando nasas, chinchorros, trasmallos y atarrayas (Figura 1), presentando estos dos últimos, los cuales pudieron ser monitoreados, ligeras variaciones entre zonas (Mejía-Falla *et al.* 2014). La efectividad de la atarraya en la captura de rayas varió entre localidades,

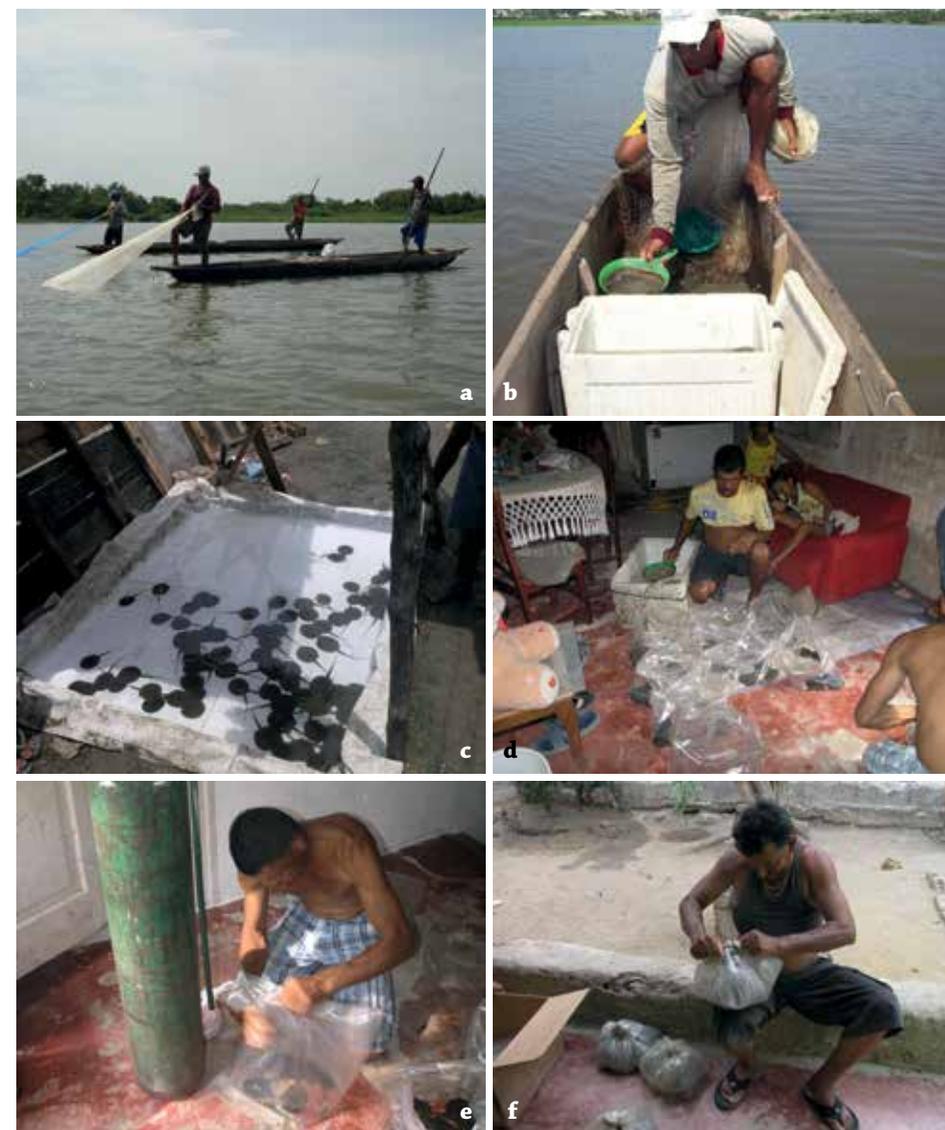


Figura 1. Captura y comercialización de *Potamotrygon magdalenae* en la cuenca baja del Magdalena (Ciénaga de Mesolandia). a) Captura de ejemplares usando canoas artesanales y atarrayas. b) Almacenamiento de las rayas en neveras de icopor con agua durante la faena. c) Aclimatación de las rayas capturadas en una piscina temporal. d) Separación de las rayas en grupos de tres a cinco animales por bolsa. e) Adición de oxígeno a cada bolsa. f) Sellado de las bolsas con ligas y empaque en cajas de cartón para ser transportadas hasta el aeropuerto. Fotos: G. Fernández.



J. G. Pérez-Rojas

Potamotrygon magdalenae



J. G. Pérez-Rojas

tanto en los lances como en las abundancias relativas por lance y por hora (Tabla 1). El bajo Magdalena presentó mayor efectividad de lance con este arte de pesca (0,19 ± 0,27 lances positivos), así como mayor captura por lance (Máx. = 4,2 rayas/lance, 250 rayas/h) que el Magdalena medio (p<0,001), mientras en el alto Magdalena no se registraron capturas con este arte de pesca. Los lances con trasmallos presentaron una efectividad de captura similar entre las tres regiones, tanto en los lances como en la abundancia relativa por lance y por hora (Tabla 1). Considerando el tiempo efectivo del arte en el agua en cada faena, con trasmallo (entre 710 y 780 min) y con atarraya (1-4 min), se encontró una mayor captura de rayas por hora con

la atarraya (Z=5,759, p<0,001; Mejía-Falla *et al.* 2014).

Los individuos monitoreados presentaron entre 15 y 88 cm LT, entre 8 y 40,6 cm AD y entre 205 y 3.500 g, excluyendo los embriones abortados (individuos menores a 8 cm AD; Tabla 2). No se encontraron diferencias entre sexos en ninguna de las cuencas, excepto en el Magdalena medio (Ciénaga de Paredes), en particular en el ancho de disco, con las hembras alcanzando mayores tallas que los machos (Tabla 2). Diferencias en peso entre sexos fueron encontradas en la cuenca del Magdalena medio y en el alto Magdalena (Embalse de Betania), en ambos casos con las hembras alcanzando mayores pesos que los machos

(Tabla 2), lo cual puede estar influenciado por la presencia de crías intrauterinas.

Comparando entre cuencas, se encontraron diferencias en la longitud total, el ancho del disco y el peso entre las mismas, para ambos sexos (p<0,05 en todos los casos y en todas las comparaciones múltiples). En este sentido, y considerando los estadios de desarrollo, en la parte baja de la cuenca del río Magdalena, se registraron principalmente juveniles (69,8%), seguido por crías (22,2%), siendo baja la captura de adultos. En contraste, en las otras dos cuencas se registraron principalmente adultos; sin embargo, la proporción de adultos y juveniles entre estas dos últimas cuencas fue muy diferente, y en la cuenca alta no se registraron crías (Figura 2). Estas diferencias podrían estar dadas por el uso e importancia de las rayas en

cada una de las zonas: en la cuenca baja, se comercializan casi que exclusivamente individuos pequeños como recurso ornamental, mientras en las otras regiones, son los animales de mayor tamaño los que puede llegar a ser consumidos, aunque sea de manera ocasional.

Aspectos ecológicos

Algunos estudios sugieren que factores físico-químicos como la temperatura del agua, pH y conductividad parecen influir en la distribución de los batoideos (Rosa *et al.* 2010). Para *P. magdalenae*, se ha planteado que prefiere fondos lodosos, en aguas turbias y poco profundas (Dahl 1971), desconociendo hasta ahora las características físicoquímicas en las cuales los individuos de esta especie habitan con mayor frecuencia, y si éstas varían a lo largo de su distribución. De esta forma, se

Tabla 1. Efectividad y abundancia relativa de dos artes de pesca asociados a la captura de rayas en las tres zonas de la cuenca del río Magdalena. Diferencias entre estas variables fueron evaluadas mediante una prueba Anova no paramétrica Kruskal-Wallis.

Arte de pesca		Atarraya			Trasmallo		
Región de la cuenca		Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta
Efectividad de captura x lance (No. lances con captura rayas/No. lances totales)	Máx.	1	1	0	1	3	1
	Promedio	0,19	0,05	0	0,89	1,43	1
	SD	0,27	0,17	0	0,33	0,85	0
	Diferencia	H(2,237)=33,666, p<0,001			H(2,46)=7,693, p=0,021		
Abundancia relativa x lance (No. ind./lance)	Máx.	4,2	2,6	0	3	5	7
	Promedio	0,37	0,07	0	2,22	2,57	2,74
	SD	0,69	0,27	0	1,2	1,83	1,84
	Diferencia	H(2,237)=33,724, p<0,001			H(2,46)=0,408, p=0,815		
Abundancia relativa x hora (No. ind./h)	Máx.	250,0	141,8	0	0,3	0,4	0,6
	Promedio	21,1	1,9	0	0,2	0,2	0,2
	SD	39,0	12,4	0	0,1	0,1	0,2
	Diferencia	H(2,236)=37,120, p<0,001			H(2,46)=0,404, p=0,817		

Tabla 2. Tallas y pesos mínimos (Mín.) y máximos (Máx.) de los individuos monitoreados en cada una de cuencas, indicando el tamaño de muestra (N), y los resultados de la prueba de Mann-Whitney. *Indica diferencias significativas entre sexos (H: hembra, M: macho) para determinada variable.

Cuenca	Variable	Hembras			Machos			Diferencias entre sexos			
		N	Mín.	Máx.	N	Mín.	Máx.	Suma Rangos H	Suma Rangos M	Z	p
Baja	LT (cm)	105	16,7	62,0	83	15,0	50,3	9481,5	8284,5	-1,190	0,234
	AD (cm)	105	8,0	25,0	83	8,0	25,0	9629,0	8137,0	-0,792	0,428
	Peso (g)	104	20,5	1000,0	83	20,5	800,0	9385,0	8193,0	-1,063	0,288
Media	LT (cm)	132	19,5	88,0	90	20,2	61,0	15483,0	9270,0	1,628	0,103
	AD (cm)	134	8,5	41,5	90	8,3	27,5	16071,0	8905,0	2,486	0,013*
	Peso (g)	129	23,0	3500,0	89	24,9	870,0	15301,0	8570,0	2,568	0,010*
Alta	LT (cm)	46	19,5	67,4	26	20,0	64,3	1549,0	1079,0	-1,524	0,127
	AD (cm)	46	14,4	35,0	26	13,0	26,0	1536,0	1092,0	-1,676	0,094
	Peso (g)	46	140,0	2400,0	26	140,0	900,0	1506,0	1122,0	-2,028	0,043*



J. G. Pérez-Rojas

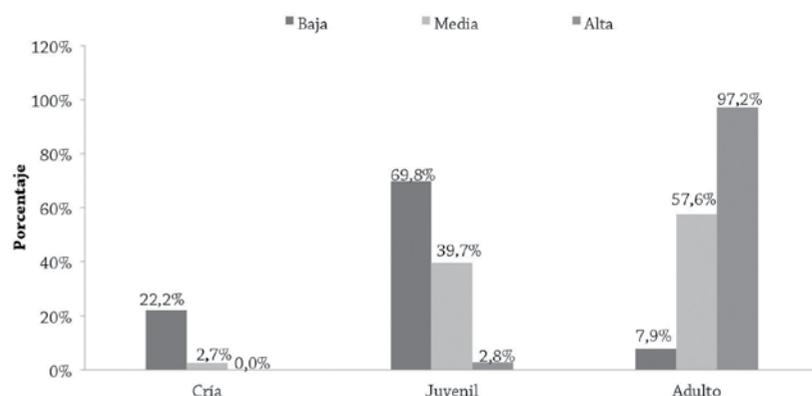
Potamotrygon magdalenae

Figura 2. Porcentaje de adultos, juveniles y crías de *Potamotrygon magdalenae*, monitoreados en cada una de las cuencas del río Magdalena.

evaluaron las características ambientales en las tres zonas de la cuenca (alta, media y baja) y su relación con la presencia/ausencia de rayas en las mismas.

Todas las variables ambientales analizadas (profundidad, pH, temperatura de fondo, oxígeno disuelto y conductividad) presentaron diferencias entre las tres zonas ($p=0,02$ para pH y $p<0,0001$ para las demás variables), dándose las mayores diferencias con el alto Magdalena. En esta última zona se registró una profundidad máxima de 59,4 m, siendo muy superior a la registrada en las otras regiones (0,2-5,4 m en el Magdalena medio y 0,3-19,4 m en el bajo Magdalena). Sin embargo, la presencia de rayas en el Embalse se evidenció entre los 2,3 y 4,2 m de profundidad. El alto Magdalena presentó aguas ligeramente más básicas (pH entre 5,4 y 9,5) que aquellas del medio (4,5-8,8) y bajo Magdalena (7-10), aunque sólo difirió significativamente de ésta última; las capturas de rayas se presentaron en aguas con pH entre 4,5 y 8,9. El bajo Magdalena presentó la

menor variación de temperatura de fondo, mientras el alto Magdalena registró el intervalo más amplio (12,5°C - 38,5 °C); las rayas estuvieron presentes en zonas entre los 12,5 y 33 °C. El Alto Magdalena presentó concentraciones promedio de oxígeno disuelto ligeramente mayores que las otras dos zonas, aunque en el Magdalena medio se registraron los valores más bajos y más altos (1,1-33,9 mg/l); la presencia de rayas se registró entre los 1,1 y 7,8 mg/l. Los valores de conductividad fueron muy variables entre las localidades, presentando el bajo Magdalena las más altas y el intervalo más amplio (8,5-586 uS m) y el alto Magdalena el más estrecho (9,2-190,9 uS m; $p<0,001$; Mejía-Falla *et al.* 2014).

A lo largo de la cuenca se identificaron ocho tipos de sustrato (arcilloso, arenoso, fangoso-pasto, hojarasca, pasto, rocoso-arenoso, rocoso, fangoso), predominando esta última en el bajo Magdalena y en el Magdalena medio, y siendo el mismo donde predominaron las rayas. La abundancia relativa de las rayas se correlacionó

negativa y significativamente con la profundidad ($R=-0,255$) y positivamente con la temperatura de fondo ($R=0,407$); mas no así con el pH ($R=0,127$), la conductividad ($R=0,073$) ni con el oxígeno disuelto ($R=-0,137$), siendo las dos primeras, predictoras explicativas de la abundancia relativa de *P. magdalenae* en las regiones evaluadas ($F=3,992$, $gl=5$, $p=0,02$; Mejía-Falla *et al.* 2014). En términos generales, las rayas estuvieron presentes en zonas turbias, con corrientes de intensidad media, y con presencia de la taruya o buchón de agua (*Eichhornia crassipes*); o sin ningún tipo de vegetación en superficie; y se encontraron en mayor proporción en aguas más someras y más cálidas.

Historia de vida

Partiendo de que los parámetros de historia de vida de una especie pueden variar a lo largo de su distribución geográfica, dadas las condiciones ambientales de cada zona (Freeman y Herron 2002), se realizó un estudio con miras a evaluar diferencias en aspectos biológicos entre individuos de *P. magdalenae* de las tres zonas de la cuenca. Se realizaron monitoreos en puerto y a bordo en la Ciénaga de Mesolandia (bajo Magdalena) y en la Ciénaga de Paredes (Magdalena medio), donde se colectaron estómagos y gónadas, con miras a evaluar aspectos reproductivos y de la dieta.

Aspectos reproductivos de *Potamotrygon magdalenae*

En la cuenca del bajo Magdalena se registraron individuos entre 7,1 y 21,5 cm AD (promedio \pm SD = 9,8 \pm 2,49; $n=108$), siendo principalmente hembras y machos inmaduros. Por su parte, en el Magdalena medio, se encontraron individuos entre 8,0 y 41,5 cm AD (promedio \pm SD=15,9 \pm 6,5; $n=63$), siendo la mayoría maduros. En el Magdalena medio, los machos maduros

presentaron semen y claspers calcificados de mayor tamaño (entre 3,1 y 6,3 cm) a menores tallas que los machos del Bajo Magdalena. Las estructuras reproductivas de machos maduros e inmaduros presentaron igual desarrollo del lado derecho e izquierdo ($p>0,05$ para todas las estructuras; Mejía-Falla *et al.* 2014).

En el bajo Magdalena, los úteros presentaron un desarrollo un poco mayor en el lado derecho y las glándulas oviducuales presentaron medidas similares a ambos lados ($Z=1,154$; $p>0,05$); mientras que en el Magdalena medio tanto los úteros ($Z=1,767$; $p>0,05$) como la glándula oviducal ($Z=2,267$; $p>0,05$) se encontraron más desarrollados del lado izquierdo que del derecho (Pedreros 2012, Mejía-Falla *et al.* 2014). Para el Magdalena medio, se estimó para las hembras una talla mediana de madurez de 14,4 cm AD y de preñez de 17,8 cm AD; la fecundidad uterina varió entre 1 y 10 crías (promedio = 2,9 crías), y se observó una relación positiva entre la talla materna y el número de embriones ($r^2=0,89$; $p<0,0001$), los cuales presentaron tallas entre 1,8 y 8,5 cm AD, sugiriendo una talla de nacimiento entre 8 y 8,5 cm AD (Pedreros 2012; Tabla 3).

Comparando los estudios reproductivos, se evidencia que las hembras de la cuenca del Magdalena medio presentan tallas de madurez y de nacimiento más bajas y fecundidades más altas que aquellas del bajo Magdalena, para las cuales se han reportado tallas de madurez en un rango entre 17-24 cm AD, fecundidades entre 1 y 5 embriones, y tallas de nacimiento entre 8,7 y 10 cm AD (Teshima y Takeshita 1992, Ramos-Rocha y Grijalba-Bendeck 2011). Para el alto Magdalena se han registrado tallas de madurez de hembras (26,1 cm AD) y machos (22 cm AD) más altas que

Potamotrygon magdalenae

J. G. Pérez-Rojas

las de las otras cuencas, y fecundidades similares a las encontrada en el Magdalena Medio (entre 7 y 9 embriones, aunque pescadores reportan hasta 10 embriones; Lasso *et al.* 2013a; Tabla 3). Finalmente, se sugiere que *P. magdalenae* como especie, presenta una estrategia reproductiva que consiste de madurez sexual temprana, fecundidad alta, crías pequeñas y probablemente ciclo reproductivo continuo.

Dieta y ecología trófica

La dieta de *P. magdalenae* (n=315; con 31,4% de estómagos vacíos) estuvo constituida por 21 componentes alimentarios agrupados en nueve categorías alimentarias: anélidos, crustáceos, moluscos, hirudíneos, coleópteros, dípteros, efemerópteros, odonatos y tricópteros. Los dípteros presentaron los valores más altos de ocurrencia (84,8% O) y número (90,7% N), siendo por tanto la categoría alimenticia más importante en la dieta de esta especie (79,1% IIR), con los quironómidos

y ceratopogónidos como los componentes alimenticios más importantes de dicho grupo. Los efemerópteros fueron la segunda categoría alimenticia más importante % IIR (20,8), representada exclusivamente por los polimitárcidos; las categorías alimenticias restantes constituyeron menos del 1% de la dieta de esta especie. No se encontró un efecto del sexo en la dieta (ANOSIM R=-0,045, p=0,5; Mejía-Falla *et al.* 2014).

Para la cuenca baja del Magdalena, se ha reportado una dieta basada en peces pequeños, gusanos, moluscos (Dahl 1971), así como en camarones y larvas de libélula (Miranda-Cruz y Freyter-Franco 1997) y, al igual que en el presente estudio, se ha registrado a las familias Chironomidae y Polymitarcidae y sus larvas como las presas de mayor representatividad en la ciénaga de Sabayo (Ramos-Socha y Grijalba-Bendeck 2011, Lasso *et al.* 2013). Para el Magdalena medio (Embalse de Prado,

Tabla 3. Parámetros reproductivos reportados para las hembras de *Potamotrygon magdalenae* en vida silvestre (tres cuencas del Magdalena y río Atrato) y en cautiverio. * Intervalo de tallas de las hembras gestantes.

Cuenca	Localidad	Talla de madurez (cm AD)	Talla de nacimiento (cm AD)	Fecundidad uterina	Referencia
Bajo Magdalena	Ciénaga de Sabayo	16 - 24	8,7 - 9,5	1 a 5	Ramos Socha y Grijalba-Bendeck (2011)
	Lagos Cartagena	17 - 21	10	2	Teshima y Takeshita (1992)
Magdalena Medio	Ciénaga de Paredes	14,4	8 - 8,5	1 a 10	Pedrerros (2012)
Alto Magdalena	No indicado	22 - 26,1	-	7 a 10	Lasso <i>et al.</i> (2013)
Río Atrato	Cuenca Media	23	7 - 9	2	Mosquera (2012)
Cautiverio	Ex-situ	17 - 19,6*	4,5 - 6,5	1 a 3	Pérez <i>et al.</i> (datos no publ.)

Tolima) se considera como consumidora primaria y detritívora de hábitos bentónicos, con consumos ocasionales de invertebrados acuáticos e insectos (Villa-Navarro 1999). De esta forma, se sugiere que *P. magdalenae* presenta hábitos alimenticios similares a lo largo de la cuenca del Magdalena, siendo por tanto una especie especialista y principalmente insectívora

Investigaciones ex situ

Partiendo de la importancia de *P. magdalenae* como recurso ornamental y de las condiciones no naturales a las cuales se someten los individuos con este fin, se han desarrollado investigaciones que buscan evaluar su grado de adaptación al cautiverio, incluyendo aspectos como el efecto del transporte y aclimatación, la tolerancia a altas temperaturas, así como aspectos de crecimiento y desarrollo en cautiverio y su éxito en reproducción y levante, todo con el fin de evaluar la viabilidad de la especie para programas de reproducción *ex situ*.

Mantenimiento in situ y transporte de rayas

Antes de transportar los animales, se evaluaron las condiciones de mantenimiento de los mismos, considerando dos métodos (jaulas para peces construidas con redes de polipropileno de 1m³ y canastillas plásticas para frutas; Figura 3), y para cada uno de ellos se estimó la supervivencia (TSM). Posteriormente, se evaluaron cuatro métodos de transporte sugeridos para elasmobranchios (Smith *et al.* 2004), con algunas modificaciones: bolsas cerradas con oxígeno y aisladas con tratamiento profiláctico de antibiótico (Enrofloxacin 10%; T1) o sal marina (T2), nado libre en tanque comunitario y filtrado del agua en tiempo real (T3), y una modificación de esta última sin hacer filtrado del agua en tiempo real (T4; Figura 3). Se evaluaron 41

animales con los cuatro métodos cubriendo una ruta de 12 h, con paradas c/2h para T3 y T4 y una única parada para T1 y T2. En cada parada se monitoreó el estado cualitativo de los animales y la calidad de agua (Figura 3), y al llegar a destino se evaluó la supervivencia al transporte (TST). Los animales fueron luego aclimatados (por dos meses) hasta que se alimentaban perfectamente, momento en el que se evaluó la tasa de supervivencia a la aclimatación (TSA).

Las condiciones de mantenimiento previas al transporte juegan un rol vital en el éxito del mismo. Las rayas mantenidas en jaulas para peces, presentaron la menor tasa de supervivencia en los tres procesos (mantenimiento, transporte y aclimatación). En contraste, las rayas mantenidas en canastillas para frutas dentro de sus ambientes naturales durante mínimo dos días, presentaron una TSM y TST del 100%. Los animales de T1 y T2 presentaron una TST de 100% y TSA de 50% y 42,9%, respectivamente. Los animales de T3 tuvieron una TST del 100%. Sin embargo, el gran cambio de temperatura durante el viaje (10 °C) provocó una depresión en el sistema inmunológico de las rayas y presentaron infección por *Pseudomona* sp., generando una TSA muy baja. Los animales de T4 se evaluaron en dos grupos, uno de cuatro animales provenientes de un río y otro de seis animales provenientes de una laguna. El primer grupo tuvo una TST y TSA del 100%, mientras el segundo grupo presentó una TST del 83,3% y ningún animal sobrevivió al periodo de aclimatación. Esto sugiere que el lugar de origen de los animales podría influir en la resistencia de los mismos al transporte. En conclusión, considerando costos, logística y las tasas de supervivencia encontradas, se recomienda el uso de canastillas de



J. G. Pérez-Rojas

Potamotrygon magdalenae

Figura 3. Evaluación de mantenimiento *in situ* y transporte de *Potamotrygon magdalenae*. a) Mantenimiento en jaula de 1 m³. b) Mantenimiento en canastillas de plástico. c) Empaque y adición de oxígeno para transporte en bolsas cerradas. d) Empaque en nevera de aislamiento térmico para T1 y T2. e) Montaje para transporte con filtración en tiempo real. f) Transporte de rayas en tanque comunitario y filtración en tiempo real (T3). Fotos: D. Gómez-Martínez (a), J. G. Pérez-Rojas (b), L. M. Córdoba (c, d), D. Córdoba (e), D. Gómez-Martínez (f).



Continuación figura 3. Evaluación de mantenimiento *in situ* y transporte de *Potamotrygon magdalenae*. g) Transporte en contenedores plásticos sin filtración (T4). h) Evaluación de parámetros físico-químicos del agua durante parada de monitoreo. Fotos: J. G. Pérez-Rojas (g), D. Gómez-Martínez (h).

frutas (en el ambiente acuático natural) para el mantenimiento de las rayas antes del transporte y el uso de bolsas cerradas y aisladas con oxígeno y tratamiento profiláctico (antibiótico o sal marina) para el transporte de las mismas (Pérez-Rojas *et al.* 2015).

Adaptación de *Potamotrygon magdalenae* al cautiverio

La raya Barranquilla presentó un nivel de dificultad alto a la adaptación de individuos silvestres al cautiverio (Figura 4), representando la fase de aclimatación el periodo más crítico del proceso y en el cual se observó la mayor mortalidad de individuos. Los individuos evaluados en su adaptación a cautiverio, se caracterizaron por tener un periodo crítico de dos meses una vez han llegado a su destino final. Al respecto, los animales recién transportados son capaces de sobrevivir, pero no muestran interés en ningún tipo de alimento ofertado (peces vivos, pez congelado, camarón congelado, lombrices completas y lombrices picadas en trozos). Pasado

el tiempo crítico, se encontró que las rayas aceptaron con más facilidad la lombriz roja californiana viva y picada en trozos, y que los animales que aceptan el alimento no presentan mortalidad ni problemas fisiológicos evidentes. Esta especie se adaptó a diversos intervalos de temperatura, pH y dureza del agua, y una vez adaptados, los animales presentan alta tolerancia a procesos de transporte y reubicación, pues experiencias de traslado de la especie entre ciudades y condiciones de calidad de agua no mostraron mortalidad ni por transporte ni por aclimatación a nuevas condiciones de vida (Pérez-Rojas *et al.* 2015). Sin embargo, como ya se mencionó, el lugar de donde son extraídos los animales es un factor a considerar, pues se evidenció que animales pertenecientes a un sistema semi-cerrado, tipo laguna (Guarinocito), con condiciones de calidad de agua muy estables, presentan mayores problemas de supervivencia que aquellos de un sistema más dinámico y con mayores variaciones como son los caños afluentes de sistemas fluviales más grandes.



J. G. Pérez-Rojas

Potamotrygon magdalenae

Figura 4. Adaptación, crecimiento y desarrollo en cautiverio de *Potamotrygon magdalenae*. a) Aclimatación posterior al transporte. b) Tanque de cuarentena para aclimatación previa a los experimentos de crecimiento. c) Montaje para experimento de influencia de la temperatura del agua en el crecimiento de la especie en cautiverio. d) Registro de talla durante experimento de crecimiento. e) Hembra al inicio del experimento (14 cm AD y 160 g; talla y peso final 17,5 cm AD y 310 g). f) Macho al inicio del experimento (12 cm AD y 100 g; talla y peso final 12,5 cm AD y 150 g). Fotos: J. G. Pérez-Rojas (a-c), M. A. Orozco (d-f).

Crecimiento y desarrollo *ex-situ* de *Potamotrygon magdalenae*

Se evaluó el desempeño de la especie para crecer en cautiverio, a partir de índices zootécnicos y con relación a la temperatura del agua. Para ello, se usaron 12 animales, 5 machos ($11,6 \pm 1,9$ cm AD; $112 \pm 32,7$ g de peso) y 7 hembras ($14,3 \pm 0,8$ cm AD; $191,4 \pm 30,8$ g), provenientes de la laguna de Guarinocito, Caldas y de Puerto Triunfo, Antioquia, en la cuenca del Magdalena medio. La aclimatación para cada tratamiento se realizó disminuyendo o aumentando la temperatura de los acuarios (Figura 4), a una tasa de 2°C por semana, hasta alcanzar el intervalo establecido en cada tratamiento (T1: agua entre $25\text{-}27^\circ\text{C}$; T2: $28\text{-}30^\circ\text{C}$; T3: $31\text{-}33^\circ\text{C}$, siendo esta última cercana a la máxima registrada en la zona de estudio, 34°C), el cual contó con dos repeticiones. La alimentación de todos los acuarios se realizó de la misma manera, lombriz roja californiana dos veces al día a razón del 10% de la biomasa del acuario a la semana (Ross 2004). El experimento se realizó durante seis meses (180 días), y la evaluación del crecimiento se midió a partir de la ganancia de talla y peso absolutos (Figura 4) y específicos, la tasa de supervivencia y el índice de conversión alimenticia.

Tanto machos como hembras presentaron crecimientos y ganancias en peso similares en los diferentes tratamientos ($p > 0,05$), siendo ligeramente más altas en las temperaturas más bajas evaluadas ($25\text{-}27^\circ\text{C}$) tanto para las hembras (en los cuatro parámetros), como para machos (en dos parámetros). Las hembras tuvieron mayor ganancia en talla ($3,29 \pm 0,53$ cm AD) y en peso ($135,0 \pm 25,9$ g) que los machos ($1,83 \pm 0,24$ cm AD y $38,3 \pm 17,01$ g) y terminaron con un mejor desempeño en el experimento. Se encontró una relación

directa y positiva entre la talla y el peso para ambos sexos, mas no se evidenció relación entre la temperatura y la talla o el peso de los individuos. Los valores de parámetros de calidad de agua no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, excepto por la temperatura (Pérez-Rojas *et al.* 2015).

Para *P. magdalenae* se han reportado temperaturas entre los $24\text{-}34^\circ\text{C}$ en toda su distribución, y ha sido recomendado para su mantenimiento en acuarios, que la temperatura del agua debe ser de 28°C (Ross 2004). Sin embargo, los resultados encontrados sugieren que, animales adultos bien manejados y en buenas condiciones de calidad de agua, pueden presentar un mejor desempeño y crecimiento en aguas un poco más frías (Pérez-Rojas *et al.* 2015).

Tolerancia de *Potamotrygon magdalenae* a altas temperaturas

Con miras a evaluar la tolerancia a altas temperaturas de la especie, 24 rayas (12 hembras y 12 machos) de la laguna de Guarinocito, Caldas (Magdalena medio), fueron aclimatadas por 24 horas a condiciones de encierro (canastas dentro de la laguna), a temperaturas entre $24,5^\circ\text{C}\text{-}33,1^\circ\text{C}$. Al finalizar este periodo, se seleccionaron diaria y aleatoriamente tres individuos, ubicando dos en acuarios de tratamiento y uno en el control, y realizando esto con todos los individuos. Los tratamientos consistieron en encontrar la Temperatura Crítica Máxima (CTMax), partiendo de la temperatura promedio registrada en el lugar de muestreo (31°C) e incrementando la misma a una tasa de $1^\circ\text{C}/2\text{h}$, hasta un punto subletal (Dabruzzi *et al.* 2013). Cada 2 h se describió el comportamiento de los animales y se monitorearon los acuarios, registrando temperatura, conductividad, oxígeno disuelto y pH.

Potamotrygon magdalenae

El valor de CTMax obtenido para la especie fue de 39 °C, el cual se aleja 5,9 °C de la temperatura más alta registrada en el lugar de muestreo. No se presentaron diferencias significativas en el comportamiento ni en el CTMax entre hembras (38,8 °C) y machos (39,2 °C), y no se encontró efecto de la talla en el CTMax. Lo anterior indica que *P. magdalenae* es una raya resistente al incremento de temperatura y actualmente no está siendo afectada por las temperaturas en el lugar de estudio. Sin embargo, la zona de estudio presenta cambios ambientales que han generado una disminución del nivel del agua y un aumento de la temperatura de la misma. Si estos factores continúan presentándose, es probable que la temperatura del agua se incremente lo suficiente como para sobrepasar el límite superior de tolerancia de la raya, con lo cual la sobrevivencia de *P. magdalenae* en la Charcha de Guarinocito, podría verse considerablemente afectada (Gómez-Martínez *et al.* 2014).

Reproducción y levante *ex-situ* de individuos de *Potamotrygon magdalenae*

La reproducción exitosa de *P. magdalenae* es uno de los resultados más importantes en la investigación *ex situ* mostrada en este trabajo. Tradicionalmente, se cataloga a la especie como altamente difícil de mantener en cautiverio, con poca resistencia y propensa a no adaptarse correctamente, razón por la cual es altamente extraída con el fin de poder suplir las altas mortalidades que se presentan. De manera similar, en comparación con otras especies que presentan facilidades para su reproducción en cautiverio (p. e *Potamotrygon motoro*), *P. magdalenae* ha sido vista como una especie con grandes dificultades para reproducirse con éxito en sistemas de cautiverio.

Una vez aclimatadas bajo los procedimientos ya descritos, se distribuyeron 11 animales reproductores (pertenecientes a la cuenca Media del Magdalena) en dos tanques (uno con 3 hembras y 2 machos, y el otro con 4 hembras y 2 machos), con sistema de filtración mecánica y biológica bajo el esquema de recirculación, sistemas de calefacción y aireadores, monitoreo periódico del agua y reposición de la misma c/15 días. Las rayas fueron alimentadas día de por medio con lombriz roja californiana viva (10% de la biomasa/tanque/semana). Una vez registrado el parto, las crías se ubicaron en otro acuario, equipado y mantenido como el de los reproductores (Figura 5). Posteriormente se les ofreció el alimento diariamente (lombriz roja californiana viva y picada en trozos, tubifex[®] y alimento comercial balanceado para peces ornamentales con 47% de proteína) (Figura 5).

Las siete hembras en confinamiento (17,0 – 19,6 cm AD y 300 - 450 g de peso) han presentado reproducción exitosa, y desde mayo 2015 donde se presentó el primer parto, se han registrado partos en varios meses (julio, agosto, octubre y noviembre de 2015, enero y marzo 2016; Figura 5). Durante este tiempo, el número de partos por hembra ha variado entre dos y cuatro, obteniendo un total de 34 crías (18 hembras y 16 machos) en 19 partos; el número de crías por parto ha sido variable (entre 1 y 3 crías). Las crías presentaron tallas de nacimiento entre 4,5 y 6,5 cm AD ($6,0 \pm 0,3$ cm AD) y pesos entre 8.5 y 10.5 g ($10,0 \pm 0,28$ g). Se infiere que el periodo de gestación promedio es de tres meses (± 20 días), mientras el intervalo entre partos es variable (entre 3 y 8 meses; Pérez -Rojas *et al.* datos no publ.). Comparaciones con datos en vida silvestre, indican que las hembras gestantes en cautiverio presentaron

tallas similares a la talla mediana de preñez reportada para la cuenca Media (17,8 cm AD), pero las fecundidades máximas fueron más bajas que las reportadas para esta misma cuenca (Pedreros 2012), y las tallas de nacimiento en cautiverio fueron

mucho más bajas que las reportadas en vida silvestre (Tabla 3).

Las crías que se han llevado a levante no han tenido un desempeño adecuado, registrándose en esta fase un éxito de sólo

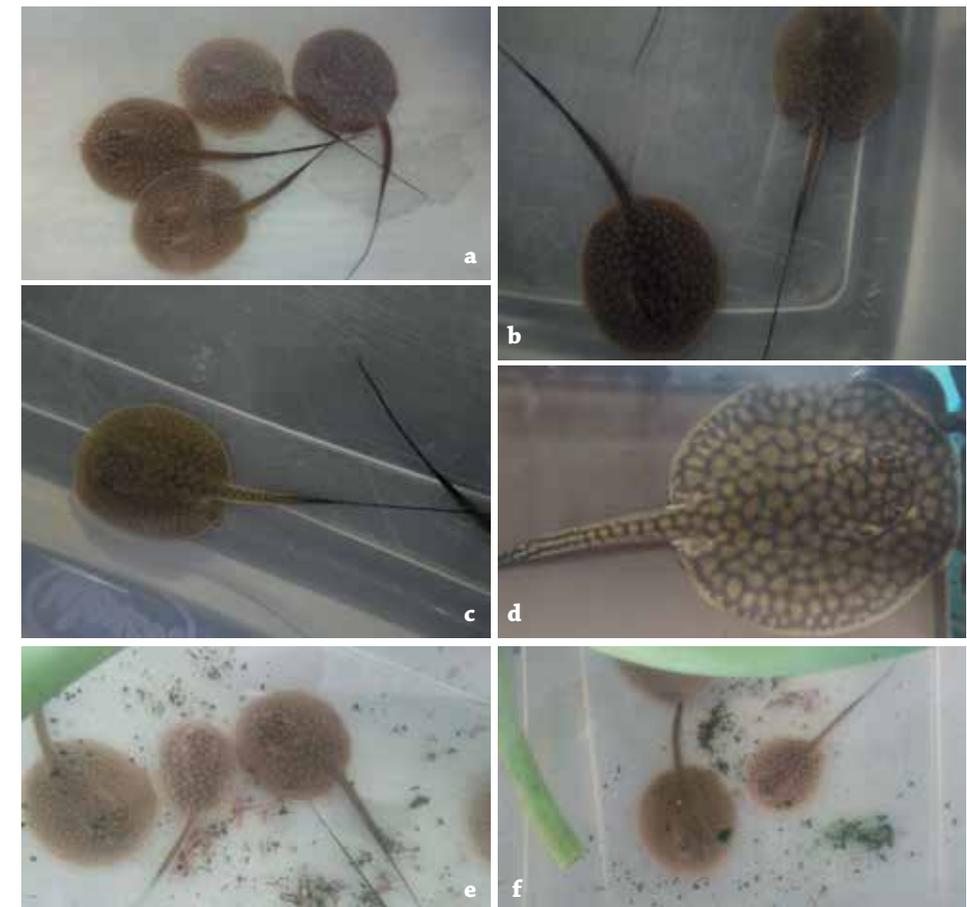


Figura 5. Crías de *Potamotrygon magdalenae* nacidas en cautiverio. a) Crías procedentes de tres madres, nacidas entre mayo y junio de 2015. b) Crías nacidas en agosto de 2015, provenientes de dos madres diferentes. c) Cría de mayo de 2015. d) Cría nacida en junio de 2016. e) Adaptación al alimento (alga espirulina) en cautiverio para las crías. f) Adaptación al alimento (lombriz roja californiana viva y picada en trozos) en cautiverio para las crías. Fotos: J. G. Pérez-Rojas.



J. G. Pérez-Rojas

Potamotrygon magdalenae

el 6%, correspondiente a dos machos registrados como juveniles (9 y 11 cm AD), estando el último, próximo a completar un año de vida. Los meses más críticos corresponden a los dos primeros meses de vida, dada la falta de asimilación del alimento por parte de los neonatos, pese a que el alimento se les suministra diariamente y corresponde a aquel que más fácilmente han aceptado rayas en cautiverio; e incluso, se han probado otros alimentos (p. e. alimento balanceado 47% y espirulina), pero no han sido aceptados por los neonatos. Con los resultados obtenidos a la fecha se sugiere que la alta mortalidad puede estar relacionada con problemas de nutrición, pues las crías no llegan a alimentarse y mueren en altos estados de desnutrición (Pérez-Rojas obs. pers.). Por ello, se hace necesario promover el desarrollo de estudios enfocados a evaluar alternativas alimenticias y nutricionales para el levante de los animales, pues de lo contrario es posible que ningún programa de reproducción en cautiverio sea realmente exitoso y mucho menos rentable.

Conclusiones

A partir de los muestreos en campo a lo largo de la cuenca del Magdalena, se amplía el rango de distribución conocido de la especie, acercándolo hacia el nacimiento del río Magdalena y adicionando numerosos cuerpos de agua secundarios que conforman la cuenca. Así, la distribución de la especie se extiende desde la desembocadura del río Páez en el Huila, incluyendo el cuerpo principal del río, tributarios y numerosas ciénagas y lagunas temporales o permanentes (p. e. Barbacoas, Chucuri, El Llanito, San Silvestre, Zapatosa, entre otras.), hasta su desembocadura en el mar Caribe.

A pesar de la amplia distribución de *P. magdalenae* a lo largo del río, su pesca con

finés ornamentales se restringe a pocos cuerpos de agua en la parte baja, como el embalse del Guájaro (entre los municipios de Repelón y Sabanalarga) y la ciénaga de la Bahía o Mesolandia (entre los municipios de Soledad y Malambo), ambos en el departamento del Atlántico. Los individuos como recurso ornamental corresponden principalmente a juveniles, mientras aquellos para consumo, aunque ocasional, corresponden a individuos adultos.

La especie está sometida a numerosos problemas ambientales y antrópicos a lo largo de su distribución, derivados de la deforestación, erosión, contaminación por residuos sólidos y líquidos, y desecación de humedales. Incluso, problemas de sequía en varias regiones de la cuenca, los cuales afectan cuerpos de agua donde la especie habita, han llevado a la ausencia local de individuos de la especie, e incluso al traslado de individuos entre cuerpos de agua por parte de pescadores de la cuenca baja del Magdalena.

Se evidencian diferencias en los aspectos reproductivos de hembras y machos de la cuenca baja y media del Magdalena, en cuanto al desarrollo de las estructuras, tallas de madurez y fecundidad, presentando aquellas de la parte media, una estrategia que sugiere le permite soportar mejor las presiones del ambiente en que habitan. Sin embargo, se sugiere ampliar el estudio, incluyendo un mayor número de muestras y abarcando otros cuerpos de agua de cada parte de la cuenca, y del cauce principal del río. En términos dietarios, no se evidencian diferencias ni en el tipo de presa ni en la estrategia alimentaria de la especie entre cuencas.

La experiencia en el mantenimiento y reproducción de *P. magdalenae*, demuestra

que es una especie con numerosas dificultades en las fases iniciales de aclimatación, lo cual se equilibra con una alta capacidad de adaptación y resistencia, una vez se ha completado el proceso anterior. Así mismo, se identificó un alto potencial para realizar reproducción en cautiverio exitosa, con un buen número de crías por hembras al año y partos constantes. Sin embargo, la baja sobrevivencia registrada en el levante, constituyen una dificultad muy importante que de no ser solucionada representará el fracaso de iniciativas de programas de reproducción como medida de conservación de la especie. Con base en lo anterior resulta de primordial interés la investigación en nutrición de las crías, buscando la fácil aceptación de la misma, así como el incremento del valor nutricional, derivando en el incremento en la supervivencia de estado de desarrollo. En este sentido, el desarrollo de alimento que cumpla los requerimientos nutricionales de los adultos y las crías será un punto de gran importancia para el éxito de programas de reproducción en cautiverio.

Bibliografía

- 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. Diazgranados y L. A. Zapata (Eds.). 2010. Plan de Acción Nacional para la Conservación y Manejo de Tiburones, Rayas y Quimeras de Colombia (PAN-Tiburones Colombia). Instituto Colombiano Agropecuario, Secretaría Agricultura y Pesca San Andrés Isla, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, Instituto 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.
- Dabruzzi, T. F., W. A. Bennett, J. L. Rummer y N. A. Fangué. 2013. Juvenile Ribbontail Stingray, *Taeniura lymma* (Forsskal, 1775) (Chondrichthyes, Dasyatidae), demonstrate a unique suite of physiological adaptations to survive hyperthermic nursery conditions. *Hydrobiologia* 701 (1): 37-49.
- Dahl, G. 1971. Los peces del norte de Colombia. INDERENA. Bogotá. 391 pp.
- Freeman, S. y J. C. Herron, 2002. Análisis Evolutivo. Editorial Pearson, México. 467 pp.
- Gómez-Martínez, D., P. A. Mejía-Falla y E. Londoño-Cruz. 2014. Evaluación experimental de la tolerancia de la raya de río *Potamotrygon magdalenae* a altas temperaturas. Tesis de Biología, Universidad del Valle, Cali. 33 pp.
- Lasso, C. A., R. S. Rosa, P. C. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt y E. Agudelo-Córdoba (Eds.). 2013. IX. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia. 368 pp.
- Lasso C. A., H. B. Ramos-Socha, T. S. Rivas-Lara y C. E. Rincón-López. 2012. *Potamotrygon magdalenae*. Pp. 240-242. En: 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.
- Mejía-Falla, P. A., V. Ramírez-Luna, J. S. Usma, L. A. Muñoz-Osorio, J. A. Maldonado-Ocampo, A. I. Sanabria y J. C. Alonso. 2009. Estado del conocimiento de las rayas dulceacuícolas de Colombia. Pp. 195-245.



J. G. Pérez-Rojas

Potamotrygon magdalenae

J. G. Pérez-Rojas

- En*: Puentes, V., A. F. Navia, P. A. Mejía-Falla, J. P. Caldas, M. C. Diazgranados y L. A. Zapata-Padilla (Eds.). Avance en el conocimiento de tiburones, rayas y quimeras de Colombia. Fundación SQUALUS, Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, Instituto Colombiano Agropecuario, COLCIENCIAS, Conservación Internacional, WWF Colombia.
- Mejía-Falla, P. A., L. A. Muñoz-Osorio, E. Galindo, J. López, J. G. Pérez-Rojas y A. F. Navia. 2014. Evaluación de la dinámica pesquera y la distribución de *Potamotrygon magdalenae* en la cuenca del Magdalena y aportes a su historia de vida. Informe técnico Fundación SQUALUS. 58 pp.
 - Miranda-Cruz, M. y J. Freyter-Franco. 1997. Aspectos morfométricos y biológicos de *Potamotrygon magdalenae* en el Caribe colombiano. Pp. 59. *En*: Resúmenes de conferencias del IV Simposio Colombiano de Ictiología, Santa Marta.
 - Mosquera, M. D. 2012. Aspectos biológicos de la raya de río *Potamotrygon magdalenae* en la cuenca media del río Atrato – Colombia. Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica del Choco “Diego Luis Córdoba” Facultad de Ciencias Básicas, Programa de Biología con énfasis en Recursos Naturales. Quibdó, Colombia. 52 pp.
 - Pedreros, T. 2012. Madurez sexual de hembras de *Potamotrygon magdalenae* (Elasmobranchii: Potamotrygonidae) de la Ciénaga de Paredes (Santander, Colombia). Tesis de Biología, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga. 78 pp.
 - Perdomo-Núñez, J. M. 2005. Rayas de agua dulce del género *Potamotrygon* utilizadas como ornamentales en Colombia. ACOLPECES. Informe técnico. Bogotá D. C. 15 pp.
 - Pérez-Rojas, J. G., A. F. Navia y P. A. Mejía-Falla. 2015. Efecto de la temperatura sobre el crecimiento ex situ de la raya de río *Potamotrygon magdaleane*. Informe final, programa Joven Investigador COLCIENCIAS. 33 pp.
 - Ramos-Socha, H. B. y M. Grijalba-Bendeck. 2011. Biología de la raya de agua dulce *Potamotrygon magdalenae* (Duméril, 1865) (Myliobatiformes) en la Ciénaga de Sabayo, Guaimaral, Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica* 14 (2): 109 – 118.
 - Rojas-Ceballes, K., C. Rubio-Pérez, F. Lozano-Devia y C. Rodríguez-Sierra. 2013. Conocimiento local enfocado al uso del recurso hidrobiológico raya (*Potamotrygon magdalenae*) para las áreas de influencia Neiva, Hobo y Betania frente al aprovechamiento de los productos y subproductos del recurso. Pp. *En*: Resúmenes del XII Congreso Colombiano de Ictiología y III Encuentro de Ictiólogos Suramericanos. Bogotá, Colombia.
 - Rosa, R. S., P. Charvet-Almeida y C. C. Diban Q. 2010. Biology of the South American potamotrygonid stingrays. Pp. 241-281. *En*: Carrier, J. C., J. A. Musick y M. R. Heithaus (Eds.). Sharks and their relatives II. Biodiversity, adaptative physiology, and conservation. CRC Press.
 - Ross, R. 2004. Husbandry of Freshwater Stingrays. Pp. 473-482. *In*: Warmolts, M. D., D. Thoney y R. Hueter (Eds.). The elasmobranch husbandry manual: Captive care of sharks, rays and their relatives. Special Publication of the Ohio Biological Survey. 589 pp.
 - Sánchez-Duarte, P. C., M. P. Baptiste, C. A. Lasso, A. M. Suárez, A. Guzmán. 2013. Marco normativo y comercialización de las rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) en el norte de América del Sur. Pp. 311-341. *En*: Lasso, C. A., R. S. Rosa, P. C. Sanchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt y E. Agudelo-Cordoba (Eds.) Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
 - Smith, F. L., A. Marshall, J. P. Correia y J. Rupp. 2004. Elasmobranch transport techniques and equipment. Pp. 105-131. *In*: The elasmobranch husbandry manual: Captive care of sharks, rays and their relatives. Ohio Biological Survey.
 - Teshima, K y K. Takeshita. 1992. Reproduction of the freshwater stingray, *Potamotrygon magdalenae* taken from the Magdalena river system in Colombia, South America. *Bulletin Seikai National Fisheries Research Institute* 70: 11-27.
 - Villa-Navarro, F. A. 1999. Estudio biológico pesquero de la Represa del Prado, para la determinación de especies promisorias en acuicultura. Universidad del Tolima, CORTOLIMA, INPA, Gobernación del Tolima y Comité Departamental de Cafeteros del Tolima. Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia. 105 pp.



Ciénaga de Mesolandia Foto: G. Fernández.



Río Bitá, afluente del Orinoco. Foto: M. A. Morales- Betancourt.



13. ASPECTOS SOBRE LA HISTORIA NATURAL DE LAS RAYAS DE AGUA DULCE (POTAMOTRYGONIDAE) EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LOS MUNICIPIOS DE PUERTO CARREÑO (VICHADA) E INÍRIDA (GUAINÍA), ORINOQUIA COLOMBIANA

Carlos A. Lasso, Mónica A. Morales-Betancourt, Beyker Castañeda, Lina Ortiz-A. y María Teresa Sierra-Quintero

Resumen

La cuenca del Orinoco tiene cinco especies de rayas registradas hasta 2013, de las cuales tres se encuentran amenazadas dada su extracción para el mercado acuarófilo sin criterios de sostenibilidad. Debido entonces a su importancia como recurso ornamental, es necesario contar con información bioecológica, tema no muy desarrollado en el país. Se realizaron prospecciones en la época seca entre 2011 a 2016, para la toma de información sobre composición, distribución y aspectos bioecológicos de las rayas (Potamotrygonidae), en ríos afluentes de la Orinoquia colombiana, en los alrededores de Puerto Carreño e Inírida. Se recolectaron 321 rayas de ocho especies, cuatro de ellas nuevas para la ciencia: dos del género *Paratrygon*, actualmente en proceso de descripción y dos de *Potamotrygon*. Se presenta la información sobre la relación talla-peso y bioecología (hábitat, alimentación,

reproducción) de *Paratrygon* spp (raya manzana o manta), *Potamotrygon motoro* (motora), *Potamotrygon schroederi* (guacamaya) y *P. orbinyi* (tigrita).

Palabras clave. Alimentación. Hábitat. Peces ornamentales. Relación talla-peso. Reproducción.

Introducción

Colombia es el segundo país después de Brasil en cuanto a riqueza de rayas de agua dulce, con 11 especies reportadas hasta el momento (Lasso *et al.* 2013a) (Tabla 1). Sin embargo, es evidente que aún faltan realizar más investigaciones para tener identificadas la totalidad de las especies, ya que hay zonas aún no prospectadas y especies por describir (Lasso *et al.* 2013a). De las once especies de rayas descritas y distribuidas en Colombia, cuatro se encuentran en categoría de amenaza como Vulnerable: *Paratrygon aiereba* (Lasso y

RAYAS ORINOQUIA



M. A. Morales- B.

Sánchez-Duarte 2012a), *Potamotrygon motoro* (Lasso y Sánchez-Duarte 2012b), *Potamotrygon schroederi* (Lasso y Sánchez-Duarte 2012c) y *Potamotrygon yepezi* (Mojica y Usma 2012). La causa principal de la categoría de amenaza está asociada a su extracción con fines ornamentales. Esta pesca se ha realizado tradicionalmente sin ninguna regulación, salvo la asignación de cuotas de extracción dada para la familia, sin ningún criterio técnico, con el argumento de que la información poblacional y bioecológica de estas especies es aún limitada en el país.

La cuenca Orinoco es la segunda cuenca en riqueza de especies después del Amazonas, con cinco especies: *Paratrygon aiereba*, *Potamotrygon motoro*, *Potamotrygon schroederi*, *Potamotrygon orbignyi* y *Potamotrygon scobina* (Lasso et al. 2013a). De estas, tres se encuentran amenazadas. Todas las

especies menos *P. scobina*, son de gran importancia en el mercado ornamental. De acuerdo al Plan de acción nacional para la conservación y manejo de tiburones, rayas y quimeras de Colombia (Caldas et al. 2010), se ha identificado a *Potamotrygon motoro*, *Potamotrygon schroederi* y *Potamotrygon orbignyi*, como especies con prioridad de acción muy alta y a *Paratrygon aiereba* con prioridad alta, para realizar esfuerzos de investigación (bioecología, pesquerías y aspectos socio-económicos y culturales), debido a su importancia como recurso ornamental y por las características biológicas que las hacen susceptibles a los impactos antrópicos como la sobrepesca.

El Orinoco es el tercer río más caudaloso del mundo. A lo largo de sus 2.150 km recorre el Escudo Guayanés, la vertiente oriental de los Andes del Norte, la Cordillera de la Costa, la planicie de transición

amazónica y las sabanas inundables y no inundables del oriente de Colombia y área centrorienta de Venezuela, donde finalmente por medio de un sistema deltaico se une al océano Atlántico (Rosales et al. 2010). La cuenca tiene un régimen de precipitación monomodal, con una época seca o de aguas bajas que va de enero a marzo y de lluvias o aguas altas, que va de abril a diciembre (Figura 1), que inciden directamente en el caudal de los ríos, caños, lagunas y rebalses (Ramírez-Gil y Ajiaco-Martínez 2011).

El Orinoco presenta tres tipos de aguas de acuerdo con la clasificación de Sioli (1975), diferenciadas básicamente en una primera aproximación desde el punto de vista óptico por su color: blancas (turbias), claras (más o menos transparentes) y negras (color té). Los ríos de aguas blancas son los más productivos, su color y turbidez está relacionado con los sedimentos

inorgánicos, arcillas ilitas y motmorillonitas que son transportadas desde los Andes hasta las llanuras aluviales (Lasso 2004). Los ríos de aguas claras tiene una productividad media y provienen de zonas más bien planas, cubiertas de bosque que sirven para atenuar el efecto erosivo de las lluvias, que penetran entonces al suelo sin producir escurrimiento (Sioli 1975). Su color es transparente o verdoso, dependiendo su hidroquímica de las características del suelo por el que discurre, son típicos del Escudo Guayanés y la altillanura (Rosales et al. 2010). Los ríos de aguas negras tienen su origen en la Orinoquia guayanesa o también en las penillanuras de origen Precámbrico, discurriendo sobre suelos arenosos de bosques inundables; son menos productivos (oligotróficos) en relación a los ríos de aguas blancas o claras a causa de la gran cantidad de materia orgánica en descomposición que aportan y que proceden de suelos de tipos spodosoles

Tabla 1. Especies y distribución por cuencas hidrográficas de las rayas de agua dulce de Colombia, registradas hasta 2013. Fuentes: Lasso et al. (2013a). Amazonas (A), Orinoco (O); Magdalena (M); Caribe (C).

Especie	Nombre común	Distribución			
		A	O	M	C
<i>Heliotrygon gomesi</i>	Raya	x			
<i>Paratrygon aiereba</i>	Manta, raya ceja, manzana	x	x		
<i>Plesiotrygon iwamae</i>	Antena, látigo	x			
<i>Plesiotrygon nana</i>	Raya antena enana	x			
<i>Potamotrygon constellata</i>	Raya	x			
<i>Potamotrygon magdalenae</i>	Raya del Magdalena			x	x
<i>Potamotrygon motoro</i>	Motora, motoro	x	x		
<i>Potamotrygon orbignyi</i>	Tigrita, común	x	x		
<i>Potamotrygon schroederi</i>	Guacamaya, trébol		x		
<i>Potamotrygon scobina</i>	Mariposa		x		
<i>Potamotrygon yepezi</i>	Cuarterona, tartagueta				x
Total		7	5	1	2

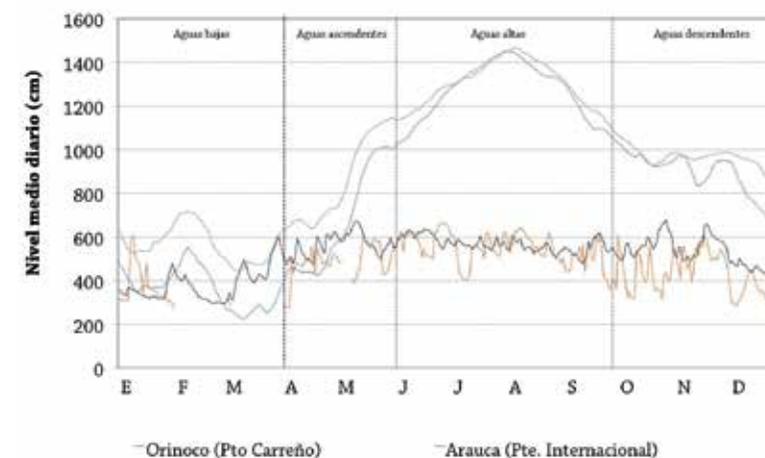


Figura 1. Ciclo hidrológico de los principales río de la cuenca Orinoco. Fuente: Ramírez-Gil y Ajiaco-Martínez (2011).



M. A. Morales- B.

o histosoles. Sus aguas son transparentes pero de un color oscuro parecido al del té (Sioli 1975, Lasso 2004).

En el Orinoco se encuentran los municipios de Puerto Carreño (departamento Vichada) e Inírida (Guainía), que son de especial importancia puesto que de ahí provienen los mayores volúmenes de extracción de las rayas para su comercio (Sánchez-Duarte *et al.* 2013a). Por lo anterior, desde 2011 se han realizado prospecciones para la toma de información bioecológica sobre las rayas de agua dulce. En 2013 se publicaron los primeros resultados (ver Lasso *et al.* 2013a) y en el presente capítulo se presenta la información actualizada y detallada a 2016.

Material y métodos

Caracterización de los ambientes acuáticos

Para la caracterización de la tipología de aguas se tomaron parámetros físico-químicos en las localidades estudiadas, para esto se empleó un equipo Hanna HI 98129. Se registró el pH, sólidos disueltos totales, conductividad y temperatura de los diferentes cuerpos de agua.

Muestreos

Se realizaron salidas de campo en la época de aguas bajas o estación seca. Se trabajó en el municipio de Puerto Carreño (Vichada) donde se muestrearon entre 2013 y 2016, varios afluentes del río Orinoco (caños

Dagua, Piragua, Negro, río Bitá, laguna de inundación de la Reserva Natural Bojonawi), así como el cauce principal (tramo caño Dagua-río Bitá). En el municipio de Inírida (Guainía) en la región de la Estrella Fluvial de Inírida-EFI, durante 2011 fueron muestreados los afluentes del río Inírida (caños Bocón y Caimán) y el río Atabapo (Figura 2). Se tomó información solo para *Potamotrygon motoro*.

Captura

Las rayas fueron capturadas de forma aleatoria, salvo para el caso de la EFI donde el muestreo se enfocó en capturar a *Potamotrygon motoro*. Los individuos fueron detectados y capturados mediante diferentes métodos de acuerdo a las condiciones

de cada sitio: a) buceo a pulmón libre, capturadas con zagalla, arpón o redes de mano; b) recorridos nocturnos desde la embarcación o caminando desde la orilla, capturadas con zagalla y c) artes de pesca como espinel y redes de ahorque (Figura 3). A los individuos capturados se les tomó la información básica como ancho disco (AD), largo disco (LD), peso, sexo y estadio de desarrollo (neonato, juvenil o adulto). Se registró también en el caso de los machos, la longitud del clasper y estado de calcificación (Rosa 1985). Para las hembras se contó el número de óvulos (fecundidad ovárica) y embriones o fetos (fecundidad intrauterina) según Charvet-Almeida *et al.* (2005). Se extrajeron los estómagos, los cuales se fijaron en formol

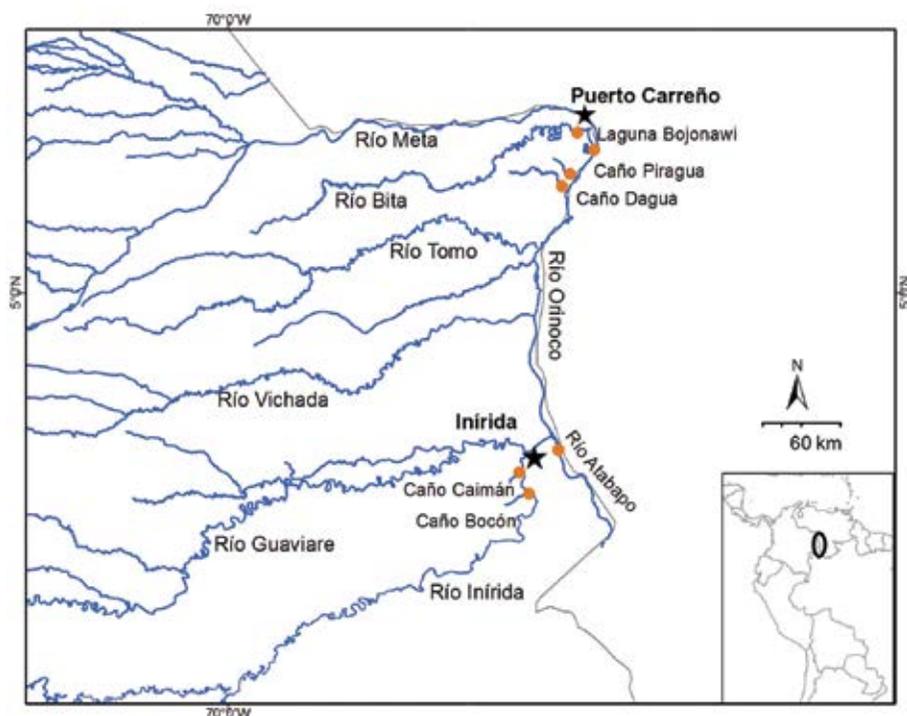


Figura 2. Ubicación de los sitios de muestreo (puntos anaranjados).



Figura 3. Métodos de captura de las rayas de agua dulce: a) buceo a pulmón libre; b) caminando desde la orilla; c) espinel; d) redes de ahorque. Fotos: M. A. Morales-Betancourt.

RAYAS ORINOQUIA



M. A. Morales- B.

al 10%, posteriormente se lavaron con agua y fueron preservados en etanol 70%, para posteriores análisis en el laboratorio. El resto del individuo fue preservado, todo el proceso de trabajo de campo siguió las recomendaciones de Gama *et al.* (2013).

Análisis de laboratorio

Para los análisis de contenido estomacal, los ítems alimenticios fueron contados, enumerados e identificados. Los contenidos estomacales fueron analizados por medio del índice de importancia relativa (IIR), el cual fue calculado combinando porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%FO), porcentaje numérico (%N) y porcentaje volumétrico (%V) (Pinkas *et al.* 1971). Posteriormente, se calculó el porcentaje del índice de importancia relativa %IIR (Cortés 1997). Se empleó el método acumulativo (%IIR), porque es el más utilizado en la literatura para analizar las dietas de las rayas de agua dulce (96%) (ver Capítulo 2); de esta forma se pueden hacer comparaciones con otros trabajos publicados. También se reporta el porcentaje del índice de presa específico %PSIIR (Brown *et al.* 2011), ya que es un método que analiza el valor que representa cada categoría trófica.

Para este apartado se analizaron los datos haciendo una separación de los ríos de aguas claras dependiendo del tamaño. Así el río Bitá (mayor porte) se separó de los otros ríos de aguas claras (caños Dagua, Negro, y Piragua), de menor tamaño.

Resultados

Caracterización de los ambientes acuáticos

Se tomó información fisicoquímica para las siete localidades (Tabla 2). Con esta información se pudo clasificar las

localidades de acuerdo a la tipología de agua según Sioli (1975): claras, blancas y negras. Así, de acuerdo con los datos obtenidos más la revisión de literatura, las localidades se agruparon en los siguientes ambientes de acuerdo a la tipología de agua: a) ríos de aguas claras (río Bitá y caños Dagua, Piragua y Negro); ríos de aguas negras (caños Bocón y Caimán y río Atabapo) y sistemas de aguas blancas (río Orinoco: laguna de inundación-RN Bojonawi y cauce principal). En la figura 4 se muestran las diferentes localidades representativas.

Especies

Se recolectaron 321 rayas de ocho especies, incluyendo las cuatro especies reportadas para la cuenca, más un registro de dos posibles especies nuevas del género *Potamotrygon* y dos de *Paratrygon* (Tabla 3). Para este último género, se tenía reportado a *Paratrygon aiereba* en la Orinoquia colombiana, pero con la nueva información se conoce que esta especie no está en esta cuenca, sino que son dos especies nuevas. En la actualidad se está preparando la descripción de estas dos especies (Loboda *et al.* en preparación).

Potamotrygon orbignyi

Esta fue la especie más abundante con 155 individuos. Estuvo presente en todos los ambientes, siendo los sistemas de aguas blancas las que contaron con mayor representación (42% cauce principal y 16% laguna de inundación del Orinoco), seguido de los ríos de aguas claras con el 41% y finalmente las aguas negras con un 1%. Esta gran dispersión asociada a diferentes tipos de aguas y fondos (sustratos), seguramente se ve reflejada en los diferentes patrones de coloración que se pueden observar (Figura 5). Es una especie típicamente diurna aunque puede mostrar actividad nocturna.

Tabla 2. Resumen de la información fisicoquímica de las localidades estudiadas. C: conductividad, T: temperatura, TDS: sólidos totales disueltos.

Localidad	n	Intervalo				Promedio				Sistema
		pH	C (µS)	T (°C)	TDS (ppm)	pH	C (µS)	T (°C)	TDS (ppm)	
Río Bitá	56	5,2-7,8	0-55	27,4-33,8	0-54	6,4	12,9	30,6	7,7	Ríos aguas claras
Caño Dagua	1	6,7	9	27,8	6	-	-	-	-	
Caño Piragua	1	7,16	24	29	6	-	-	-	-	
Caño Negro	8	5,6-7	15-53	28,5-30,6	7-28	6,1	31,6	30	15,1	
Laguna RN Bojonawi	12	5,9-7,6	5-152	24,9-32,6	2-88	6,5	60	29,45	28,4	Laguna de aguas blancas (planicie inundable del Orinoco)
Río Orinoco	7	6,6-7,6	6-33	27,9-30,4	4-167	7,1	19,9	29,2	30,3	Río de aguas blancas (cauce principal del Orinoco)
Río Atabapo	1	6,08	7	28	-	-	-	-	-	Ríos de aguas negras
Caño Bocon	1	6,4	7	26,7	-	-	-	-	-	

Tabla 3. Listado (nombre científico y común) de las especies de rayas capturadas y el número de individuos.

Especie	Nombre común	n
<i>Paratrygon</i> sp1	Manta	20
<i>Paratrygon</i> sp2	Manzana	5
<i>Potamotrygon motoro</i> (Müller y Henle, 1841)	Motora, motoro	124
<i>Potamotrygon orbignyi</i> (Castelnau, 1855)	Tigrita, común	155
<i>Potamotrygon schroederi</i> Fernández-Yépez, 1957	Guacamaya, trébol	11
<i>Potamotrygon scobina</i> Garman, 1913	Punta diamante	4
<i>Potamotrygon</i> sp1	Trébol	1
<i>Potamotrygon</i> sp2	Trébol	1

RAYAS ORINOQUIA



M. A. Morales- B.



Figura 4. Imágenes de algunas localidades muestreadas: a) río Bitá, b) caño Dagua; c) caño Negro; d) laguna de inundación RN Bojonawí; e) río Orinoco; f) río Atabapo. Fotos: M. A. Morales-Betancourt.

Talla y peso

El intervalo del ancho del disco, largo disco y peso no varió significativamente entre los ambientes (Tabla 4). Se capturaron individuos desde 100 mm AD hasta 490 para machos y de 85 a 640 mm AD

para hembras (Figura 6). Los individuos de mayor talla fueron recolectados en el sistema de aguas blancas, una hembra de 640 mm y 12,5 kg (cauce río Orinoco) y un macho 490 mm AD y 5,4 kg (laguna de inundación). La relación entre ancho



Figura 5. Patrones de coloración de *Potamotrygon orbignyi*. El patrón más común es el (a). Fotos: M. A. Morales-Betancourt.

del disco-AD y el peso para ambos sexos, se muestran en la figura 7. El ejemplar de menor talla recolectado fue un individuo de 85 mm AD encontrado a 30 cm de profundidad en aguas estancadas.

Se recolectaron 79 hembras y 76 machos, la proporción de sexos fue 1:1. Se encontraron individuos maduros e inmaduros tanto de hembras como de machos en los diferentes sistemas (Figura 8). En los



M. A. Morales- B.

RAYAS ORINOQUIA

Tabla 4. Resumen de los datos morfométricos del ancho discal (AD mm), largo discal (LD mm) y peso (kg) de *Potamotrygon orbignyi* en los diferentes ambientes.

Sistema	n	Intervalo			Promedio		
		AD	LD	Peso	AD	LD	Peso
Ríos de aguas claras	Machos (37)	110-365	120-400	0,05-4	243	259	1,07
	Hembras (26)	85-470	95-560	0,13-7,5	250	275	1,3
Laguna de aguas blancas	Machos (11)	120-490	130-535	0,1-5,4	286	310	1,5
	Hembras (14)	170-420	198-460	0,7-3	292	320	1,5
Río de aguas blancas	Machos (28)	100-435	109-460	0,045-4,1	236	253	1,2
	Hembras (38)	115-640	120-710	0,6-12,5	264	284	2,1
Ríos de aguas negras	Machos (1)	211	235	0,5	-	-	-

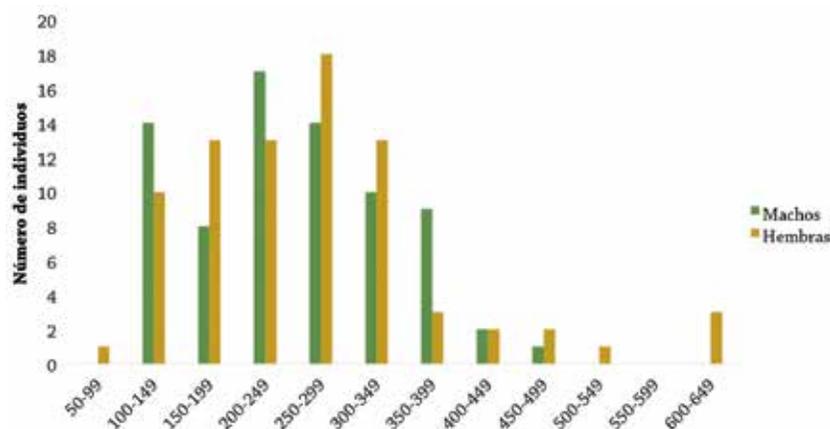


Figura 6. Estructura de tallas (ancho disco-mm) para machos y hembras de *Potamotrygon orbignyi*.

ríos de aguas negras sólo se capturó una hembra madura. Se utilizó como talla de madurez sexual la propuesta por Lasso *et al.* (1996), de 23,1 cm AD para machos y 18,5 cm AD para hembras.

Aspectos reproductivos

Se recolectaron 79 hembras y aunque el muestreo se concentró en la época seca, fueron registradas algunas hembras

maduras en aguas transicionales, con capturas para diez de los 12 meses (excepto noviembre y octubre) (Figura 9), lo que sugiere una reproducción continua durante todo el año. Se capturaron 54 hembras maduras de las cuales el 30% (16), mostraron reproductivas evidentes, 11 con fetos (1-5) (Figura 10), dos con fetos y óvulos y tres con sólo óvulos (1-4), los cuales tenían diferentes tamaños

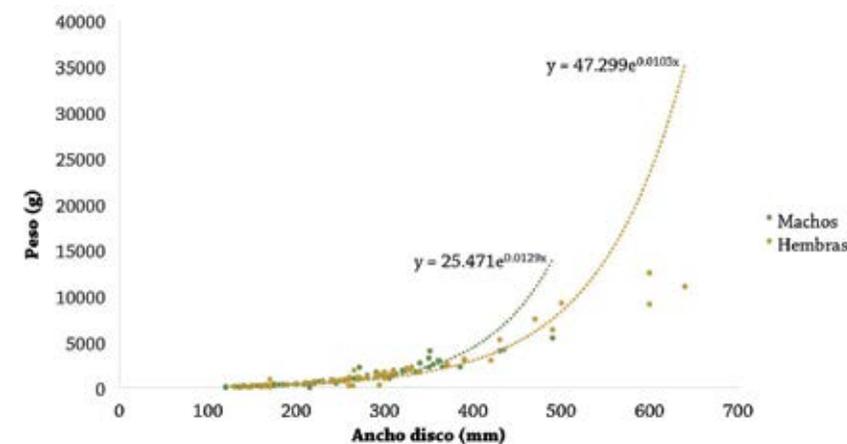


Figura 7. Relación talla (ancho disco) y peso de *Potamotrygon orbignyi*, diferenciado por hembras (n = 72) y machos (n = 73).

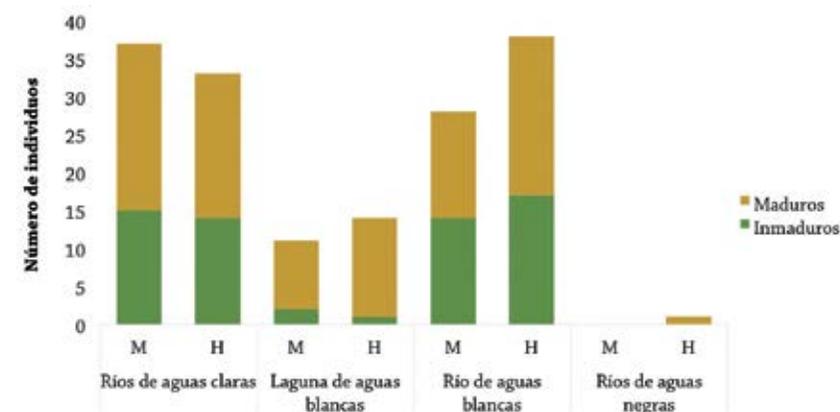


Figura 8. Número de individuos por sexo y estado de madurez de *Potamotrygon orbignyi* diferenciado por sistemas.

dentro de una misma raya (Tabla 1, Anexo 1). Las hembras con evidencias reproductivas se encontraron en tres de los cuatro ambientes. En aguas negras se capturó sólo una hembra madura. Las hembras maduras midieron en promedio 355 mm AD (intervalo: 259-600) y 3,5 kg (0,23-12,5). Los fetos tuvieron un promedio de

100 mm AD (intervalo: 41-135) y 69,9 g (3-160).

Para el caso de los machos, se recolectaron 76 individuos. En la figura 11 se muestra la relación talla (ancho disco) y longitud del clasper en relación al %AD de 66 individuos. La gran mayoría de los individuos



M. A. Morales- B.

RAYAS ORINOQUIA

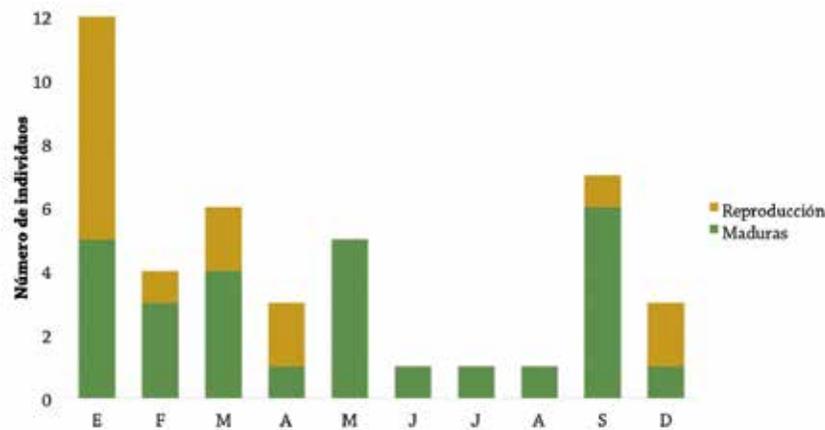


Figura 9. Estacionalidad y relación de las hembras maduras y en reproducción de *Potamotrygon orbignyi*.



Figura 10. Hembra de *Potamotrygon orbignyi* con cinco fetos abortados. Foto: M. A. Morales-Betancourt.

maduros sexualmente, se encontraban por encima de la talla reportada en la literatura (23,1 cm AD). Sin embargo, se observaron dos individuos de 25 y 26 cm AD que no estaban maduros. De igual forma, se observaron dos individuos por debajo de 23,1 que ya se encontraban maduros sexualmente (22 y 22,5 cm AD). Por ello, no se pudo definir con claridad el polígono de la figura 11.

Hábitos alimenticios

Se analizaron 98 estómagos de *P. orbignyi*. Los ítems alimenticios fueron similares entre localidades, sin embargo, el ítem alimenticio dominante en cada localidad fue distinto (Tabla 5). Se encontraron los ordenes Decapoda (camarones); Diptera, Ephemeroptera y Odonata (insectos), y Perciformes y Siluriformes (peces), siendo las larvas de Diptera las de mayor importancia (%PSIIR=53,5), seguido por larvas de Odonata (%PSIIR=25,7) en el río de aguas claras (Bita). En la laguna de aguas blancas (planicie inundable del Orinoco), la categoría trófica dominante fue Ephemeroptera, seguido de Diptera. En el río

de aguas blancas (cauce Orinoco) y en los tributarios de aguas claras (menor porte caños Dagua, Piragua, Negro), consume principalmente larvas de Diptera; en la laguna de aguas blancas consume fundamentalmente Diptera, seguido de peces Siluriformes y en los tributarios del río Orinoco consume mayormente larvas de Diptera seguido por los crustáceos decápodos (Tabla 5). Lo anterior muestra una preferencia de *P. orbignyi* por las larvas de Diptera, en las diferentes localidades analizadas. Se reporta por primera vez el consumo de lombrices (Haplatoxida) para esta especie. Esto permite categorizar a *P. orbignyi* como una especie carnívora-entomófaga, que se alimenta también de peces pequeños, camarones y lombrices.

Potamotrygon motoro

Se recolectaron 124 individuos en los cuatro ambientes, siendo los ríos de aguas negras el de mayor porcentaje (63%), seguido de la laguna de inundación de aguas blancas (17%), los ríos de aguas claras (17%) y por último, con un 1%, el río de aguas blancas (cauce principal del

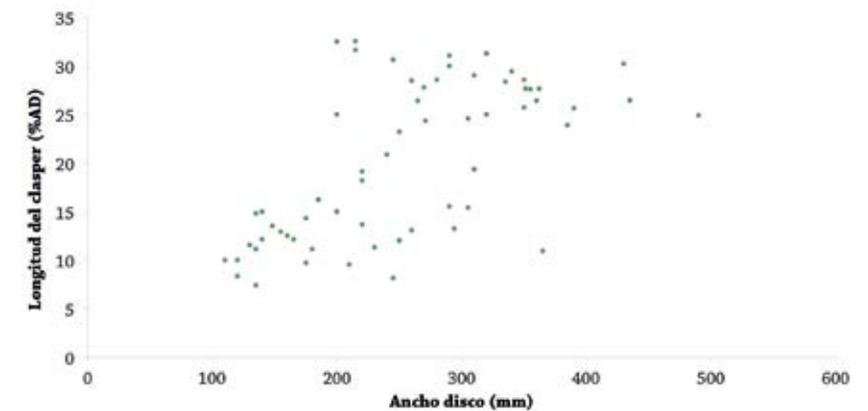


Figura 11. Relación ancho disco y longitud del clasper (%AD) de *Potamotrygon orbignyi* (n = 66).



M. A. Morales- B.

RAYAS ORINOQUIA

Tabla 5. Composición de los contenidos estomacales de *Potamotrygon orbingyi*, analizados por porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%FO), porcentaje de índice de importancia relativa (%IIR) y por el índice presa específica de importancia relativa (%PSIIR).

Localidad	Categoría trófica	%FO	%PN	%PV	%PSIRI	%IIR
Río de aguas claras, mayor porte (Bita, n=22)	Diptera	47,3	0,9	0,1	53,5	68,5
	Odonata	37,0	0,1	0,9	25,7	25,7
	Siluriformes	10,5	0,0	1,0	19,8	5,6
	Ephemeroptera	5,2	0,0	1,0	1,1	0,1
Ríos de aguas claras de menor porte (n=24)	Diptera	34,8	0,8	0,2	57,6	75,8
	Decapoda	21,7	0,1	0,9	18,0	14,8
	Siluriformes	4,3	0,0	1,0	15,9	2,6
	Ephemeroptera	30,4	0,4	0,6	4,8	5,5
Laguna de aguas blancas (n=15)	Odonata	8,7	0,1	0,9	3,6	1,2
	Ephemeroptera	38,5	0,7	0,3	49,5	62,7
	Diptera	15,4	0,6	0,4	28,4	14,4
	Perciformes	30,8	0,0	1,0	20,0	22,3
	Odonata	7,7	0,1	0,9	1,6	0,4
Río de aguas blancas (n=37)	Decapoda	7,7	0,2	0,8	0,8	0,2
	Diptera	76,2	0,7	0,3	74,6	96,6
	Siluriformes	9,5	0,0	1,0	17,3	2,8
	Haplatoxida	4,8	0,0	1,0	6,8	0,6
	Trichoptera	4,8	0,2	0,8	0,8	0,1
Odonata	4,8	0,2	0,8	0,5	0,0	



Figura 12. Diferentes patrones en coloración de *Potamotrygon motoro*. Fotos: M. A. Morales-Betancourt.

Tabla 6. Resumen de los datos morfométricos del ancho discal (AD mm), largo discal (LD mm) y peso (kg) de la raya motoro en los diferentes ambientes.

Sistema	n	Intervalo			Promedio		
		AD	LD	Peso	AD	LD	Peso
Ríos de aguas claras	Machos (12)	170-370	190-390	0,25-2,2	266	286	1,1
	Hembras (9)	140-380	165-430	0,15-3,5	255	275	1,2
Laguna de aguas blancas	Machos (10)	170-400	180-450	0,8-3	339	364	2
	Hembras (14)	200-470	207-510	0,45-4,8	313	335	1,7
Ríos de aguas negras	Machos (39)	113-442	84-488	0,02-4,2	273	285	1,5
	Hembras (38)	168-334	17-347	0,04-1,7	167	179	0,3
Río de aguas blancas	Machos (1)	430	490	4,2	-	-	-

río Orinoco). Las colectas se realizaron en febrero, marzo, abril, mayo y diciembre; se observaron varios patrones de coloración asociados también al tipo de aguas y sustrato (Figura 12). Es una especie de mayor actividad nocturna, durante el día permanece descansando en las zonas más profundas y sombreadas. Durante la noche se desplaza activamente hacia las zonas más someras incluyendo caños pequeños en busca de alimento.

Talla y peso

Al analizar el intervalo del ancho del disco, largo disco y peso, no se observan diferencias significativas en los diferentes

sistemas (Tabla 6), sin embargo, en los ríos de aguas negras las hembras tuvieron menores tallas. Se capturaron individuos desde 110 mm AD hasta 442 para machos y de 140 a 470 mm AD para hembras (Figura 13). Los individuos de mayor talla fueron una hembra de 470 mm y 4,8 kg capturada en la laguna de aguas blancas y un macho 442 mm AD y 4,2 kg, colectado en el río de aguas negras. La relación entre ancho del disco-AD y el peso para ambos sexos, se muestra en la figura 14.

Aspectos reproductivos

Se colectaron 63 machos y 61 hembras y la proporción hembras:machos fue



M. A. Morales- B.

RAYAS ORINOQUIA

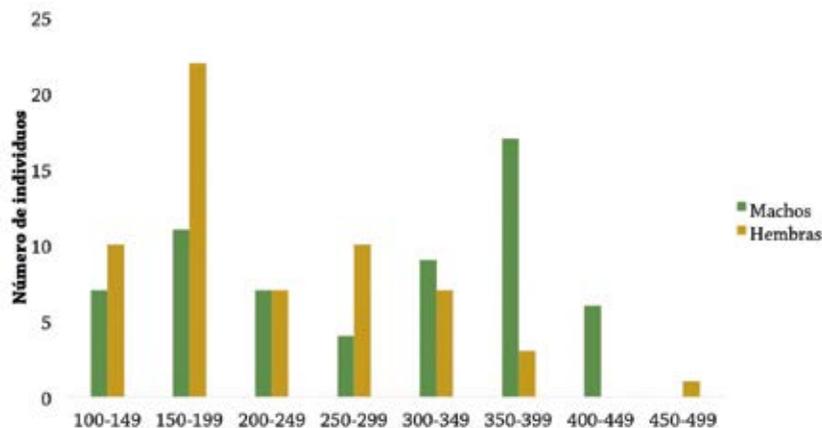


Figura 13. Estructura de tallas (ancho disco-mm) para machos y hembras de *Potamotrygon motoro*.

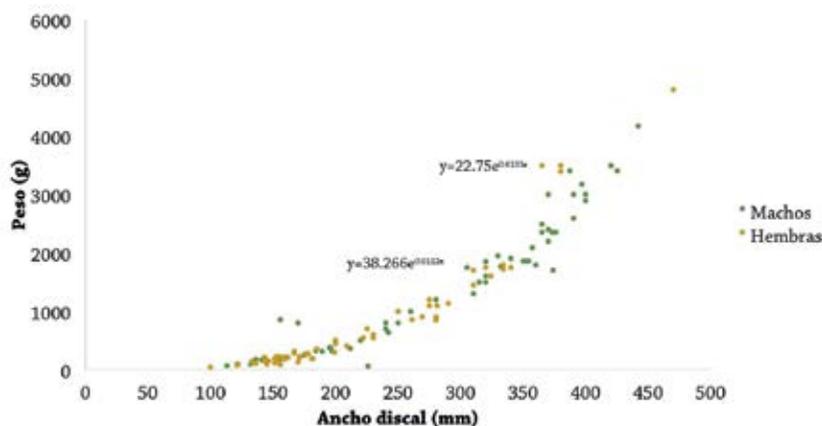


Figura 14. Relación talla (ancho disco) y peso de *Potamotrygon motoro*, diferenciado por hembras (n = 59) y machos (n = 63).

muy similar en los diferentes ambientes, tendiendo a una proporción 1:1. La mayoría de los individuos registrados fueron para hembras, tanto para machos como machos, a excepción de los ríos de aguas negras donde predominaron juveniles en ambos sexos (Figura 15). Como talla

de madurez sexual, se consideró 20,9 cm AD para hembras (este estudio) y 30 para machos (Lasso *et al.* 2013b).

De las 61 hembras estudiadas, el 40% (24) estaban maduras y de estas, diez presentaron evidencias reproductivas

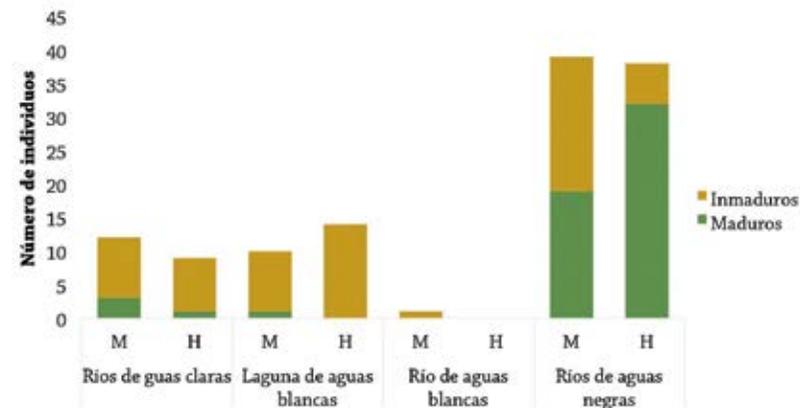


Figura 15. Número de individuos por sexo y estado de madurez de *Potamotrygon motoro* diferenciado por sistemas.

en enero, marzo, abril y mayo, siendo marzo el mes con mayor proporción de hembras maduras con evidencias reproductivas (Figura 16). De las diez rayas con evidencia reproductiva, seis tenían fetos (intervalo: 1-7), dos fetos y óvulos, y dos con solo óvulos (1-3), en diferentes grados de desarrollo (para mayor detalle ver Anexo 1). Los fetos midieron en promedio

70,9 mm AD (intervalo: 42-90) y pesaron 18 g (intervalo: 2-40), los cuales todavía se encontraban en una etapa temprana de desarrollo (transparentes y con saco vitelino). Se observó un feto mal formado proveniente de una hembra de 380 mm que tenía siete fetos (Figura 17a). En cautiverio se pudo observar una hembra preñada y con dos abultamientos en la

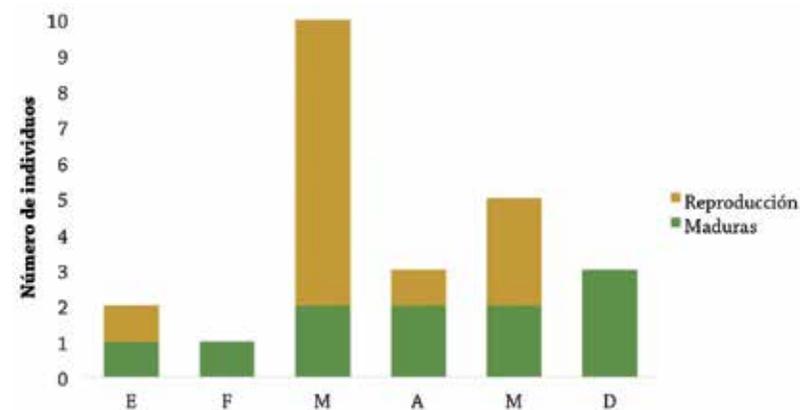


Figura 16. Estacionalidad y relación de las hembras maduras y en reproducción de *Potamotrygon motoro*.



M. A. Morales- B.

RAYAS ORINOQUIA

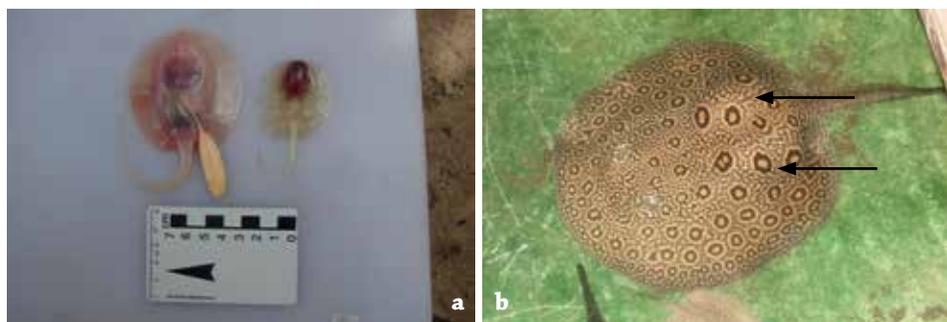


Figura 17. *Potamotrygon motoro*: a) feto en etapa temprana de desarrollo (izq.) y uno malformado (derecho); b) hembra preñada (nótese los abultamientos en la parte posterior del dorso). Fotos: M. A. Morales-Betancourt.

parte dorsal-posterior del cuerpo (Figura 17b). Todo lo anterior sugiere que esta especie se reproduce al menos durante toda la estación seca e inicio de lluvias o ascenso del nivel de aguas.

En cuanto a los machos, en la figura 18 se muestra la relación entre longitud del

clasper y el ancho del disco para 50 ejemplares.

Hábitos alimenticios

Se analizaron 80 estómagos de *P. motoro* que mostraron dos ítems alimenticios dominantes en el río de aguas claras (Bita). La mayor contribución

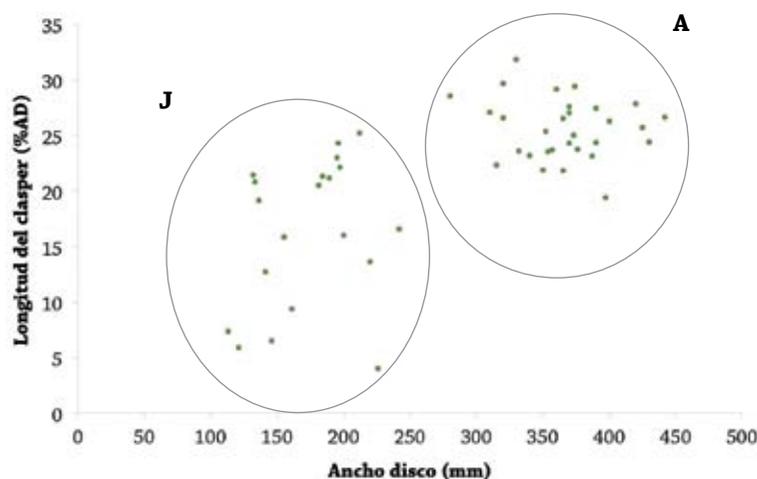


Figura 18. Relación ancho disco y longitud del clasper (%AD) de *Potamotrygon motoro* (n = 50). A: adulto, J: juvenil.

correspondió a peces del orden Characiformes (%PSIIR=94,9), seguido de insectos del orden Ephemeroptera (%PSIIR=5,1). En los ríos de aguas negras, esta especie mostró la mayor diversidad de categorías tróficas (10), siendo Diptera la dominante (%PSIIR=28,4), seguida de Decápoda (%PSIIR=26,9) y Ephemeroptera (%PSIIR=18,3). Se reporta en este caso la presencia de las categorías tróficas Haplatoxida (%PSIIR=1,8) e Himenoptera (%PSIIR=0,3). En la laguna de aguas blancas consumió principalmente peces del orden Perciformes (%PSIIR=80,9), mientras que en el río de aguas blancas consumió Decapoda (%PSIIR=40,6)

y Ephemeroptera (%PSIIR=22,9). En los ríos (de menor porte) de aguas claras, consumió también Decapoda (%PSIIR=36,7), seguido de peces del orden Characiformes (%PSIIR=36,4) (Tabla 7). En conclusión, esta especie puede considerarse como carnívora: ictiófaga-carcinofaga-entomofaga.

Potamotrygon schroederi

Es la especie menos abundante dados sus hábitos particulares. Se capturaron 11 individuos (Figura 19) durante la noche, asociados a las playas y fondo del cauce principal de los ríos de mayor porte, en aquellas zonas donde había más corriente.

Tabla 7. Composición de los contenidos estomacales de *Potamotrygon motoro*, analizados por porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%FO), porcentaje de índice de importancia relativa (%IIR) y por el índice presa específica de importancia relativa (%PSIIR).

Localidad	Categoría trófica	%FO	%PN	%PV	%PSIRI	%IIR
Río de aguas claras, mayor porte (Bita, n=22)	Diptera	47,3	0,9	0,1	53,5	68,5
	Odonata	37,0	0,1	0,9	25,7	25,7
	Siluriformes	10,5	0,0	1,0	19,8	5,6
	Ephemeroptera	5,2	0,0	1,0	1,1	0,1
Ríos de aguas claras de menor porte (n=24)	Diptera	34,8	0,8	0,2	57,6	75,8
	Decapoda	21,7	0,1	0,9	18,0	14,8
	Siluriformes	4,3	0,0	1,0	15,9	2,6
	Ephemeroptera	30,4	0,4	0,6	4,8	5,5
Laguna de aguas blancas (n=15)	Odonata	8,7	0,1	0,9	3,6	1,2
	Ephemeroptera	38,5	0,7	0,3	49,5	62,7
	Diptera	15,4	0,6	0,4	28,4	14,4
	Perciformes	30,8	0,0	1,0	20,0	22,3
	Odonata	7,7	0,1	0,9	1,6	0,4
Río de aguas blancas (n=37)	Decapoda	7,7	0,2	0,8	0,8	0,2
	Diptera	76,2	0,7	0,3	74,6	96,6
	Siluriformes	9,5	0,0	1,0	17,3	2,8
	Haplatoxida	4,8	0,0	1,0	6,8	0,6
	Trichoptera	4,8	0,2	0,8	0,8	0,1
Odonata	4,8	0,2	0,8	0,5	0,0	



M. A. Morales- B.

RAYAS ORINOQUIA



Figura 19. Individuo de *Potamotrygon schroederi*. Foto: M. A. Morales-Betancourt.

Se observó una predominancia por los ríos de aguas claras (85%) y el río de aguas blancas (15%), no se capturó en aguas negras, ni en la laguna de aguas blancas.

Talla y peso

Se capturaron individuos de 170 hasta 580 mm AD. Los ejemplares de mayor talla fueron una hembra de 580 mm AD y 10,5 kg, capturada en el caño Dagua y un macho de 340 mm AD y 2 kg proveniente del río Orinoco (Tabla 8). La relación entre ancho del disco-AD y el peso para hembras se muestra en la figura 20.

Aspectos reproductivos

Se capturaron tanto hembras como machos, con predominancia de hembras (9H : 1M). Se observaron tanto individuos maduros como inmaduros (Figura 21).

De las nueve hembras capturadas, cinco estaban maduras y de estas, tres presentaron evidencias de reproducción, tenían óvulos de diferentes tamaños (intervalo: 2-3) (para mayor detalle ver Anexo 1). Las hembras con óvulos fueron capturadas en marzo y enero, luego la reproducción probablemente tenga lugar al final de la

Tabla 8. Resumen de los datos morfométricos del ancho discal (AD mm), largo discal (LD mm) y peso (kg) de la raya guacamaya en las diferentes localidades.

Sistema	n	Intervalo			Promedio		
		AD	LD	Peso	AD	LD	Peso
Ríos de aguas claras	Machos (1)	210	220	2	-	-	-
	Hembras (9)	225-580	243-620	0,6-10,5	316	335	2,1
Río de aguas blancas	Machos (1)	340	380	2	-	-	-

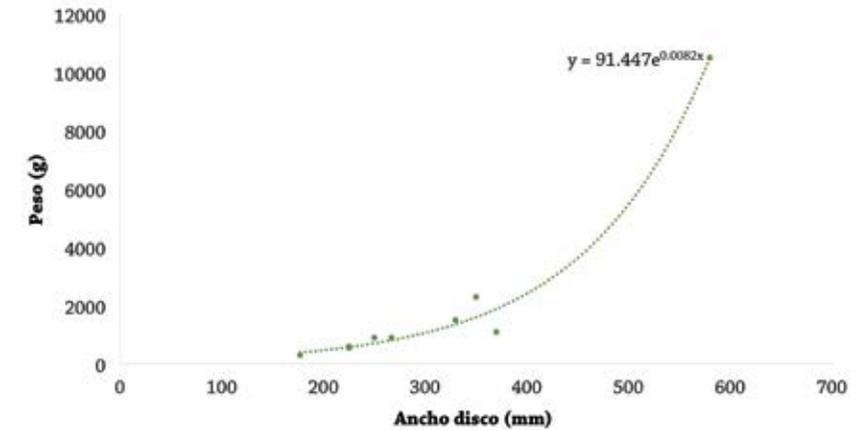


Figura 20. Relación talla (ancho disco) y peso de hembras *Potamotrygon schroederi* (n = 9).

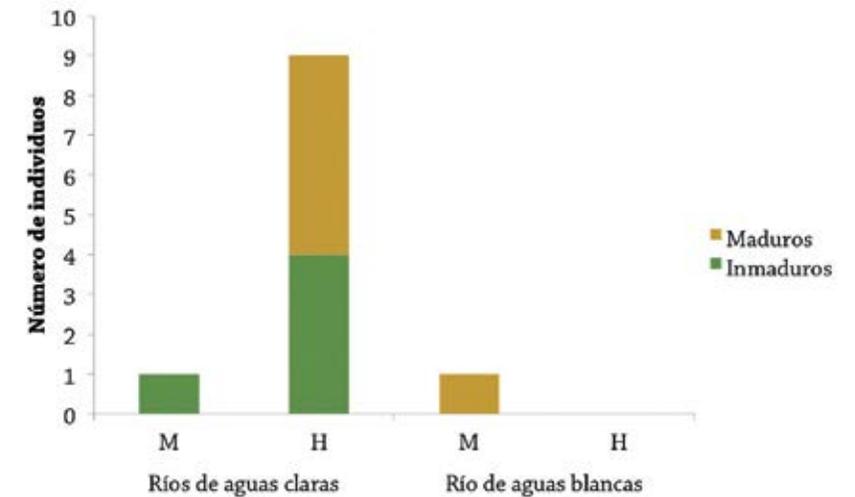


Figura 21. Número de individuos por sexo y estado de madurez de *Potamotrygon schroederi* diferenciado por los ambientes.

estación seca e inicio de ascenso de aguas. La hembra madura sexualmente de menor talla media 25 cm AD y 0,9 kg. De los dos individuos machos, uno era un juvenil (21 cm AD y 0,45 kg) y otro maduro (34 cm AD y 2 kg).

Hábitos alimenticios

Se analizaron seis contenidos estomacales. En el río de aguas claras consumió Ephemeroptera (%PSIIR=62,7) y peces Characiformes (%PSIIR=37,3) y en el río de aguas blancas, Odonata (%PSIIR=100)



M. A. Morales- B.

RAYAS ORINOQUIA

Tabla 9. Composición de los contenidos estomacales de *Potamotrygon schroederi*, analizados por porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%FO), porcentaje de índice de importancia relativa (%IIR) y por el índice presa específica de importancia relativa (%PSIIR).

Localidad	Categoría trófica	%FO	%PN	%PV	%PSIRI	%IIR
Río de aguas claras (Bita, n=5)	Ephemeroptera	66,7	0,6	0,4	62,7	77,1
	Characiformes	33,3	0,3	0,7	37,3	22,9
Río de aguas blancas (n=1)	Odonata	100	0,5	0,5	100	100

(Tabla 9). Por lo tanto puede establecer que es una especie carnívora-entomófaga.

Potamotrygon scobina

Esta especie (Figura 22) parece no ser muy común, solo se colectaron dos individuos en 2013 y con las nuevas prospecciones se recolectaron dos más. Los dos últimos individuos fueron capturados a una profundidad de ocho metros en el río de aguas

blancas (cauce Orinoco); una hembra de 435 mm AD y 4 kg y un macho adulto de 455 mm AD y 4 kg.

Habitos alimenticios

Se analizaron dos estómagos, uno del río de aguas claras (Bita) el cual tenía efemerópteros y otro en el río de aguas blancas el cual contenía peces (Tabla 10).



Figura 22. *Potamotrygon scobina*. Foto: M. A. Morales-Betancourt.

Tabla 10. Composición de los contenidos estomacales de *Potamotrygon scobina*, analizados por porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%FO), porcentaje de índice de importancia relativa (%IIR) y por el índice presa específica de importancia relativa (%PSIIR).

Localidad	Categoría trófica	%FO	%PN	%PV	%PSIRI	%IIR
Río de aguas claras (Bita, n=1)	Ephemeroptera	100	0,5	0,5	100	100
Río de aguas blancas (n=1)	Characiformes	100	0,5	0,5	100	100

Potamotrygon spp

Se recolectaron dos especies del género *Potamotrygon* que son nuevas especies para la ciencia. La primera (*Potamotrygon* sp1) corresponde a un macho adulto de 270 mm AD y 1,1 kg, capturado en el río de aguas claras (Bita) (Figura 23a). La segunda (*Potamotrygon* sp2) corresponde a dos individuos recolectados en el río de aguas claras (Bita): un macho adulto de 316 mm AD y 1,8 kg y una hembra capturada en enero de 325 mm AD y 2,1 kg (Figura 23b), la cual abortó dos fetos machos (740 mm AD y 22,6 g).

en el río de aguas blancas y el 37% en los ríos de aguas claras (Bita). Es una especie diurna con picos de actividad al atardecer y amanecer. En las noches permanece descansando en las orillas y zonas poco profundas de los grandes ríos.

Talla y peso

Se registraron individuos de 177 a 800 mm AD, con ausencia de individuos en el intervalo 500-599 (Figura 25). No hubo diferencias significativas en las medidas de talla y peso entre los ambientes (Tabla 11). Los individuos de mayor talla fueron una hembra de 800 mm AD y 28 kg y un macho de 650 mm AD y 10,6 kg. La relación entre ancho del disco-AD y el peso para ambos sexos, se muestran en la figura 26.

Paratrygon sp 1

Se recolectaron 20 individuos de la raya manta (Figura 24). El 63% se encontró

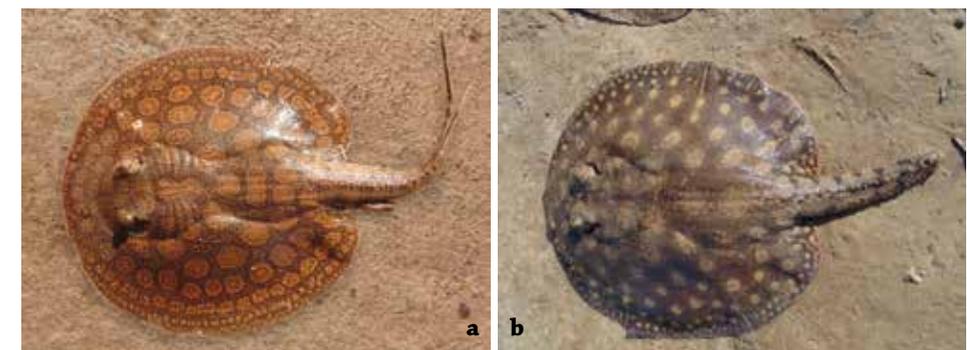


Figura 23. a) *Potamotrygon* sp1; b) *Potamotrygon* sp2. Fotos M. A. Morales-Betancourt.



M. A. Morales- B.

RAYAS ORINOQUIA



Figura 24. Individuo de *Paratrygon* sp1. Foto: C. A. Lasso.

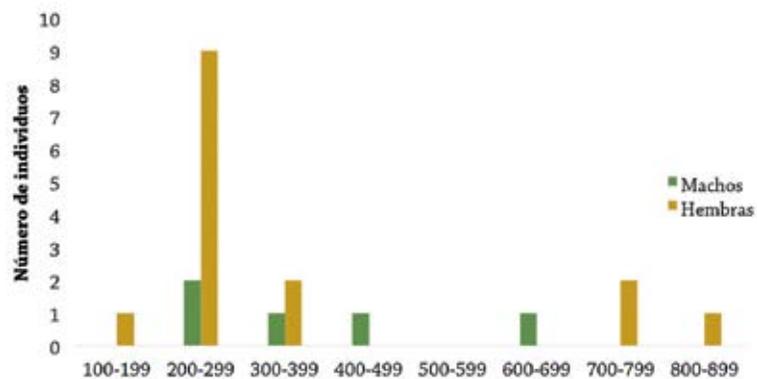


Figura 25. Estructura de tallas (ancho disco-mm) para machos y hembras de *Paratrygon* sp1.

Tabla 11. Resumen de los datos morfométricos del ancho discal (AD mm), largo discal (LD mm) y peso (kg) de la raya manzana en las diferentes localidades.

Ambiente	n	Intervalo		Peso	Promedio		Peso
		AD	LD		AD	LD	
Ríos de aguas claras	Hembras (6)	177-800	204-920	0,3-28	353	363	5,2
	Machos (5)	240-650	260-660	0,5-10,6	380	405	3,4
Río de aguas blancas	Hembras (9)	220-770	245-820	0,5-26	380	414	5,6

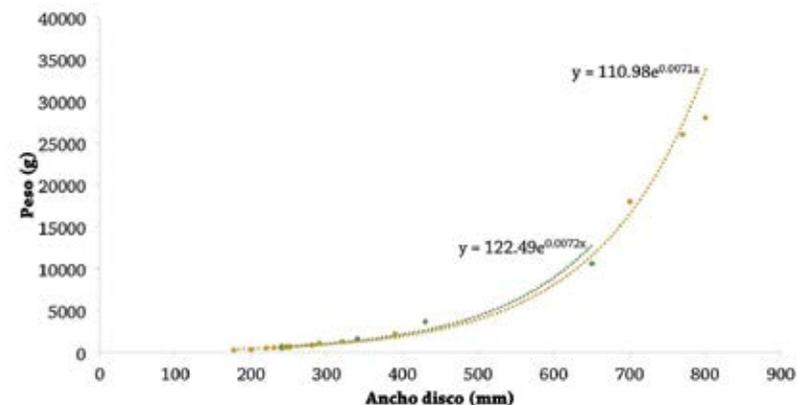


Figura 26. Relación talla (ancho disco) y peso de *Paratrygon* sp1 diferenciado por hembras (n = 15) y machos (n = 6).

Aspectos reproductivos

Se capturaron cinco machos y 15 hembras y se encontraron individuos tanto maduros como inmaduros (Figura 27). En el río de aguas claras (Bita) solo se capturaron hembras.

Como talla de madurez sexual se consideró 37 cm para hembras y 44,7 cm para machos (Lasso *et al.* 1996).

De las 15 hembras capturadas, cuatro eran maduras y de estas tres presentaron

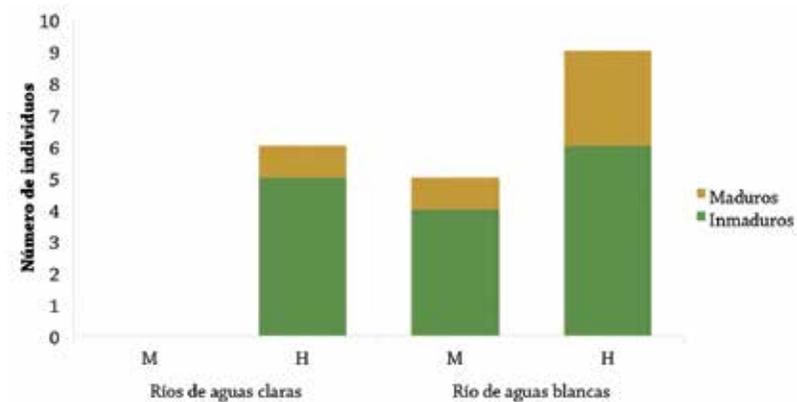


Figura 27. Número de individuos por sexo y estado de madurez de *Paratrygon aiereba* diferenciado por ambientes.



M. A. Morales- B.

RAYAS ORINOQUIA

evidencias de reproducción. Una expulsó dos fetos (Figura 28a) y las otras dos estaban con óvulos (para mayor detalle ver Anexo 1). Las hembras con evidencias reproductivas fueron capturadas en enero, marzo y diciembre. Se capturaron dos hembras (250 y 200 mm AD), que aún se les observaba la cicatriz umbilical (Figura 28b).

En la figura 29 se muestra la relación entre longitud del clasper (%AD) y el ancho del disco para cinco ejemplares.

Hábitos alimenticios

Para *Paratrygon* sp1, la categoría dominante fueron los peces del orden Characiformes, pero en el río Orinoco también consumió decápoda (%PSIIR=4) (Tabla 12).

Paratrygon sp2

Se recolectaron cinco ejemplares (Figura 30a). Esta especie se diferencia externamente de *Paratrygon* sp1, porque carece de botón carnososo en el espiráculo y según los pescadores locales es de menor tamaño que *Paratrygon* sp1. Se recolectaron cuatro

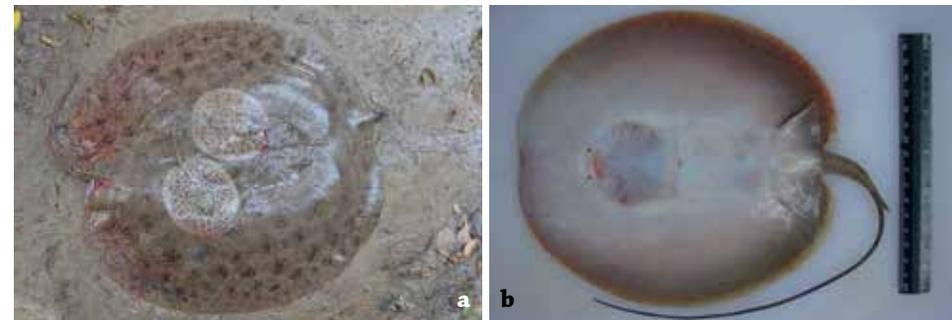


Figura 28. *Paratrygon* sp1: a) hembra de con dos fetos; b) neonato. Fotos: M. A. Morales-Betancourt.

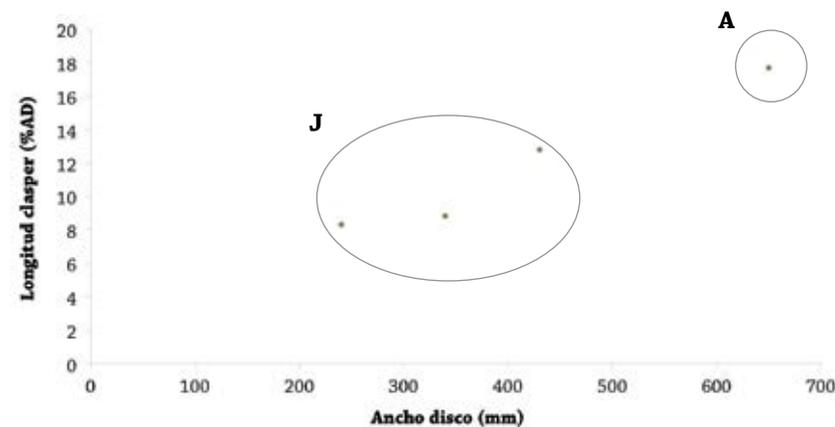


Figura 29. Relación ancho disco y longitud del clasper (%AD) de *Paratrygon* sp1 (n = 6).

Tabla 12. Composición de los contenidos estomacales de *Paratrygon* sp1, analizados por porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%FO), porcentaje de índice de importancia relativa (%IIR) y por el índice presa específica de importancia relativa (%PSIIR).

Localidad	Categoría trófica	%FO	%PN	%PV	%PSIRI	%IIR
Río de aguas claras (Bita n=1)	Characiformes	100	0,5	0,5	100	100
Río de aguas blancas (n=8)	Characiformes	11,1	0,5	0,5	95,9	74,5
	Decapoda	88,9	0,7	0,3	4,1	25,5

ejemplares en el río de aguas claras (Bita) y un individuo en el río de aguas blancas. El promedio del ancho discal fue de 387 mm (intervalo: 254-470) y 3,1 kg (intervalo 0,7-5,3), el individuo de menor tamaño corresponde a un neonato, en el que aún se observaba la cicatriz umbilical (Figura 30b). Se recolectaron tanto hembras como machos (2M : 3H).

Hábitos alimenticios

Se analizaron cinco estómagos, en el río de aguas claras (Bita), donde consumió peces del orden Characiformes (%PSIIR=100), mientras en el río de aguas blancas consumió solamente crustáceos (Decapoda; %PSIIR=100) (Tabla 13).

Discusión

Se registraron las cuatro especies del género *Potamotrygon* reportadas para la cuenca del Orinoco: raya tigrina (*Potamotrygon orbingnyi*), raya motora (*Potamotrygon motoro*), guacamaya o trébol (*Potamotrygon schroederi*) y la punta diamante (*Potamotrygon scobina*) (Lasso *et al.* 2013a), así como dos especies nuevas asignadas a este género. En el caso de la raya manta o manzana (género *Paratrygon*), se identificaron dos especies nuevas consideradas aquí como *Paratrygon* sp1 y *Paratrygon* sp2, que actualmente están en proceso de descripción (Loboda *et al.* en preparación), que previamente estaban referidas como una sola especie (*Paratrygon aiereba*) para

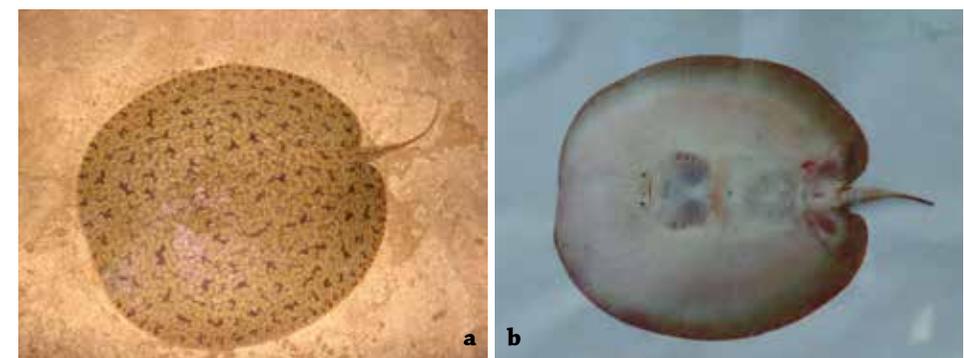


Figura 30. *Paratrygon* sp2: a) adulto; b) neonato, nótese la cicatriz umbilical. Fotos: C. A. Lasso (a); M. A. Morales-Betancourt (b).

RAYAS ORINOQUIA



M. A. Morales- B.

Tabla 13. Composición de los contenidos estomacales de *Paratrygon* sp2, analizados por porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%FO), porcentaje de índice de importancia relativa (%IIR) y por el índice presa específica de importancia relativa (%PSIIR).

Localidad	Categoría trófica	%FO	%PN	%PV	%PSIIR	%IIR
Río de aguas claras (Bita n=4)	Characiformes	100	0,5	0,5	100	100
Río de aguas blancas (n=1)	Decápoda	100	0,5	0,5	100	100

la cuenca del Orinoco (Lasso *et al.* 2013c). Esta última especie estaría restringida -al menos en Colombia- a la cuenca amazónica y no estaría presente en la Orinoquia (Loboda *et al.* en preparación) (ver datos adicionales en Lasso *et al.* 2013c, Sánchez-Duarte *et al.* 2013a). En conclusión, en esta sección del Escudo Guayanés en la Orinoquia colombiana, habría al menos ocho especies de potamotrigónidos, lo que indica la necesidad de seguir prospectando en nuevas áreas (afluentes del Orinoco) en busca de especies nuevas.

Potamotrygon orbignyi y *Potamotrygon motoro* fueron las especies más abundantes y ampliamente distribuidas en la sección de la cuenca estudiada. Se encontraron en todos los ambientes (río principal, afluentes, planicie inundable) y tipos de aguas (claras, negras y blancas), aunque en el caso de *P. motoro* su presencia en aguas blancas está asociada más bien a la colonización de los brazos de aguas claras de la laguna a través de este sistema lagunar que muestra aguas blancas. Hay que recordar que esta especie es típica de aguas claras y negras, y que se encuentra muy ocasionalmente en aguas blancas (Lasso y Sánchez-Duarte 2012b). La raya guacamaya (*Potamotrygon schroederi*) y las mantas (*Paratrygon* spp) estuvieron restringidas al cauce principal del río Orinoco y afluentes de mayor porte

de aguas claras y nunca penetraron la planicie inundable. Estas tres especies se encuentran en ambos tipos de aguas (claras y blancas) y no fueron registradas en las aguas negras de la cuenca del río Inírida, porque el muestreo en estos últimos ambientes estuvo centrado en *P. motoro*. No obstante, la raya guacamaya ha sido registrada previamente en esta región (Lasso *et al.* 2014). *Potamotrygon schroederi* está especializada en utilizar la parte más profunda del canal o cauce de los ríos, donde la velocidad de la corriente y el tenor de oxígeno son mayores (Lasso *et al.* 2013d); es una especie de hábitos más bien nocturnos que visita las playas o zonas menos profundas en búsqueda de las fases inmaduras de insectos acuáticos de las cuales se alimenta. *Potamotrygon orbignyi* es básicamente diurna aunque puede tener cierta actividad nocturna, mientras que *P. motoro* es fundamentalmente nocturna. Las observaciones en campo muestran a esta última especie alimentándose activamente durante la noche en los afluentes, inclusive en aguas muy someras. *Paratrygon* spp son especies diurnas con picos de actividad al atardecer y amanecer. En las noches permanecen descansando en las orillas y zonas poco profundas de los grandes ríos.

Además de la información ecológica arriba reseñada, este estudio aporta nuevos

datos biológicos para varias especies. Así, se registraron tallas máximas superiores a las reportadas en la literatura, para *P. motoro* en la Orinoquia, con una hembra de 470 mm AD y 4,8 kg, hasta el momento para esta cuenca la talla máxima conocida para hembras era 434 mm AD y 3,4 kg (Lasso y Sánchez-Duarte 2012a). En cuanto a la reproducción también hubo novedades, registrando hembras maduras de *P. motoro* por debajo de la talla de madurez sexual-TMS (209 mm AD versus 380 mm AD que era lo previamente conocido para la Orinoquia, Lasso y Sánchez-Duarte 2012b). También *P. schroederi* registró TMS por debajo de lo reportado en la bibliografía, con hembras maduras de 250 mm AD y 0,9 kg y un macho maduro de 34 cm AD y 2 kg, en relación a la talla conocida para la Orinoquia (395 mm AD, Lasso *et al.* 2013c). Respecto a los machos, para la Amazonia brasileña se ha registrado TMS de 420 mm (Charvet-Almeida *et al.* 2005); para la Orinoquia no había información previa sobre TMS en machos.

A nivel reproductivo las evidencias en campo muestran que *P. orbignyi* tiene una reproducción continua durante todo el año. En los Llanos venezolanos ya se había registrado reproducción al inicio de lluvias y ascenso de las aguas (Lasso *et al.* 1996). *Potamotrygon motoro* se reproduce durante toda la estación seca y parte de la primera fase de época de lluvias y subida de aguas. La información previamente conocida solo mostraba reproducción en la época seca o de aguas bajas (Lasso y Sánchez-Duarte 2012b). Para *P. schroederi* se observó también actividad reproductiva durante toda la estación seca e inicio de subida de aguas, un dato también nuevo ya que no existía información previa sobre la época reproductiva para esta especie (Lasso *et*

al. 2013d). Para la Amazonia brasileña, Charvet-Almeida *et al.* (2005), registraron nacimientos de *P. motoro*, *P. orbignyi* y *P. schroederi* durante los meses de lluvias (transición aguas bajas-altas).

En cuanto a los hábitos alimenticios se encontró que las rayas son principalmente carnívoras, alimentándose de una gran variedad de presas entre las que se encontraron insectos, camarones y peces, fundamentalmente, lo cual en líneas generales salvo algunas variaciones espaciales y temporales, coincide con lo reportado en la literatura (ver Lasso *et al.* 2013a, Lasso *et al.* 1996). Al igual que en la mayoría de los estudios realizados en sistemas inundables de la Orinoquia (ver Lasso 2004, 2005), se demuestra la importancia de los insectos acuáticos (fases inmaduras) como sostén de las cadenas tróficas en estos sistemas. Adicionalmente se reporta por primera vez el consumo de lombrices (Haplatoxida) para *P. orbignyi* y *P. motoro*. Estas dos especies mostraron la mayor diversidad en la dieta, hecho relacionado probablemente con la diversidad de hábitats que usan para alimentarse.

Conclusiones y recomendaciones

La Orinoquia colombiana muestra una elevada riqueza de especies y es claro que todavía quedan numerosas especies nuevas por descubrir y describir. Se obtuvo nueva información sobre la historia natural de las rayas de la cuenca del Orinoco (región del Escudo Guayanés colombiano), que servirá como insumo para el manejo y uso sostenible de estas especies, como recurso pesquero ornamental. Se puntualiza la información sobre el hábitat, tallas máximas, pesos, talla de madurez sexual para ambos sexos, fecundidad y hábitos alimenticios de las especies analizadas.



M. A. Morales- B.

Se ha avanzado en la generación de información sobre este grupo, sin embargo, es necesario seguir investigando sobre la taxonomía, distribución, historia natural y genética poblacional de las rayas. A medida que se cuenta con más información surgen resultados interesantes, como la captura de algunas rayas del género *Potamotrygon* y *Paratrygon* aún no descritas, que confirman que los interrogantes iniciales por contestar, aún no han sido respondidos en su totalidad.

Bibliografía

- Brown, S. C., J. J. Bizzarro, G. M. Cailliet e D. A. Ebert. 2012. Breaking with tradition: redefining measures for diet description with a case study of the Aleutian skate *Bathyraja aleutica* (Gilbert 1896). *Environmental Biology of Fishes* 95 (1): 3-20.
- 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. Diazgranados 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, Secretaría Agrícola y Pesca San Andrés Isla, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, Instituto 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, Colombia. 56 pp.
- Charvet-Almeida, P., M. L. G Araújo y M. P. Almeida. 2005. Reproductive aspects of freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) in the Brazilian Amazon Basin. *Journal Northwest Atlantic Fisheries Sciences* 35: 165-171.
- Cortés, E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54:726-738
- Lasso C. A. 2004. Los Peces de la Estación Biológica El Frío y Caño Guaritico, Estado Apure, Llanos del Orinoco, Venezuela. Publicaciones del Comité Español del Programa MaB y de la Red IberoMaB de la UNESCO, N° 5. 454 pp.
- Lasso, C. A. 2005. Ecología trófica de las comunidades de peces en humedales neotropicales: los Llanos de Venezuela como caso de estudio. Pp. 172-202. *En: Fernández, L. (Ed.). Humedales de Iberoamérica. Experiencias de Estudio y Gestión. CYTED-Cooperación Iberoamericana. La Habana, Cuba.*
- Lasso, C. A. y P. Sánchez-Duarte. 2012a. *Paratrygon aiereba*. Pp. 146-148. *En: Mojica, J. I., J. S. Usma, R. Álvarez-León y C. A. Lasso (Eds.). 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, Colombia.*
- Lasso, C. A. y P. Sánchez-Duarte. 2012b. *Potamotrygon motoro*. Pp. 146-148. *En: Mojica, J. I., J. S. Usma, R. Álvarez-León y C. A. Lasso (Eds.). 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, Colombia.*
- Lasso, C. A. y P. Sánchez-Duarte. 2012c. *Potamotrygon schroederi*. Pp. 149-151. *En: Mojica, J. I., J. S. Usma, R. Álvarez-León y C. A. Lasso (Eds.). 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, Colombia.*
- Lasso, C. A., A. B. Rial y O. Lasso-Alcalá. 1996. Notes on the biology of the freshwater stingrays *Paratrygon aiereba* (Müller and Henle, 1841) and *Potamotrygon orbignyi* (Castelnaud, 1855) (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) in the Venezuelan llanos. *Aqua Journal of Ichthyology and Aquatic Biology* 2 (3): 39-52.
- Lasso, C. A., R. S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt y E. Agudelo-Córdoba (Eds.). 2013a. IX. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia. 368 pp.
- Lasso, C. A., P. Sanchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt, L. M. Ortiz-Arroyave, J. Agudelo y O. M. Lasso-Alcala, G. Rincon, J. P. C. B. da Silva, T. Loboda, J. P. Fontenelle, R. S. Rosa y M. R. de Carvalho. 2013b. *Potamotrygon orbignyi*. Pp. 228-246. *En: Lasso, C. A., R. S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt y E. Agudelo-Córdoba (Eds.). IX. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.*
- Lasso, C. A., M. A. Morales-Betancourt, P. Sánchez-Duarte y J. Agudelo. 2013c. *Paratrygon aiereba* (Orinoco). Pp. 107-109. *En: Lasso, C. A., R. S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt y E. Agudelo-Córdoba (Eds.). IX. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.*
- Lasso, C. A., P. Sanchez-Duarte, O. M. Lasso-Alcala, L. M. Ortiz-Arroyave, M. A. Morales-Betancourt, J. Agudelo, M. R. de Carvalho, J. P. C. B. da Silva, T. Loboda y J. Pedro Fontenelle. 2013d. *Potamotrygon schroederi*. Pp. 247- 255. *En: Lasso, C. A., R. S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt y E. Agudelo-Córdoba (Eds.). IX. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.*
- Lasso, C. A., J. S. Usma Oviedo, F. A. Villanarro, M. T. Sierra-Quintero, A. Ortega-Lara, L. Mesa, M. A. Morales-Betancourt, O. M. Lasso-Alcalá y M. Patiño. 2014. Peces de la Estrella Fluvial Inírida: ríos Guaviare, Inírida, Atabapo y su confluencia en el Orinoco. Pp. 100-127. *En: Trujillo, F., J. S. Usma y C. A. Lasso (Eds.). Biodiversidad de la Estrella Fluvial Inírida - WWF Colombia, CDA, Fundación Omacha, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Colombia. Bogotá D.C.*
- Mojica, J. I. y J. S. Usma. 2012. *Potamotrygon yepesi*. Pp. 152-153. *En: Mojica, J. I., J. S. Usma, R. Álvarez-León y C. A. Lasso (Eds.). 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, Colombia.*
- Ramírez-Gil, H. y R. E. Ajiaco. 2011. Diagnóstico de la pesquería en la cuenca del Orinoco. Capítulo 7. *En: Lasso, C. A., F. de Paula Gutiérrez, M. A. Morales-Betancourt, E. Agudelo, H. Ramírez y R. E. Ajiaco (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 Pes-*



M. A. Morales- B.

RAYAS ORINOQUIA

queros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.

- Rosales, J., C. Suárez y C. A. Lasso. 2010. Descripción del medio natural de la cuenca del Orinoco. Capítulo 3. 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.
- Sánchez-Duarte, P., M. P. Baptiste, C. A. Lasso, A. M. Suárez y A. Guzmán. 2013a. Marco normativo y comercialización de las rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) en el norte de América del Sur. Pp. 311-341. *En*: Lasso, C. A., R. S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt y E. Agudelo-Córdoba (Eds.). IX. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
- Sioli, H. 1975. Tropical rivers as expressions of their terrestrial environments. Pp. 275-288. *En*: Goley F. y E. Medina (Eds.). Tropical Ecological System. Trend in terrestrial and aquatic research. Springer-Verlag. New York Inc.

drobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.

- Sánchez-Duarte, P., C. A. Lasso, A. Acosta-Santos, M. A. Morales-Betancourt, E. Agudelo-Córdoba, C. A. Bonilla-Castillo, G. A. Gómez-Hurtado, A. Guzmán y L. M. Ortiz-Arroyave, T. Loboda, R. S. Rosa, J. P. C. B. de Silva, J. P. Fontanelle, M. R. de Carvalho, R. Barriga y H. Ortega. 2013a. *Paratrygon aiereba* (Amazonas). Pp.150-156. *En*: Lasso, C. A., R. S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt y E. Agudelo-Córdoba (Eds.). IX. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
- Sioli, H. 1975. Tropical rivers as expressions of their terrestrial environments. Pp. 275-288. *En*: Goley F. y E. Medina (Eds.). Tropical Ecological System. Trend in terrestrial and aquatic research. Springer-Verlag. New York Inc.

Anexo 1. Detalle de la información sobre aspectos reproductivos (fetos y óvulos) de *Potamotrygon orbignyi*, *Potamotrygon motoro*, *Potamotrygon schroederi* y *Paratrygon* sp1.

Especie	Fecha	Hembra AD (mm)	Fetos				Óvulos	
			n	AD (mm)	Peso (g)	Sexo	n	Diámetro (mm)
<i>Potamotrygon orbignyi</i>	2/14/12	259	2	-	-	-	-	-
	1/24/13	330	1	100	51,1	M	3	10
								15
								19
	1/24/13	325	1	82	22,8	M	-	-
	1/24/13	310	1	83	27	M	4	37
								19
								12
								6
	3/14/13	290	2	-	-	-	-	-
	3/16/13	310	-	-	-	-	3	-
	12/11/13	290	-	-	-	-	1	-
	3/18/14	390	1	92	50	-	-	-
	4/16/14	600	4	130	150	H	-	-
				135	150	M	-	-
132				140	M	-	-	
135				160	M	-	-	
1/18/15	470	1	80	24	M	-	-	
1/23/15	300	1	90	24	M	-	-	
4/22/15	500	5	122	100	H	-	-	
			120	90	M	-	-	
			120	80	H	-	-	
			120	90	M	-	-	
			122	100	M	-	-	
4/23/15	430	1	97	55,6	M	-	-	
12/12/15	290	2	42	3,1	H	-	-	
		-	41	3	H	-	-	
9/29/15	280	1	64	7,5	H	-	-	
1/23/16	307	-	-	-	-	3	-	
<i>Potamotrygon motoro</i>	3/7/13	280	1	-	-	-	2	10
			-	-	-	-	5	
3/13/13	225	1	70	-	-	-	-	

RAYAS ORINOQUIA

Anexo 1. Continuación.

Especie	Fecha	Hembra AD (mm)	Fetos				Óvulos	
			n	AD (mm)	Peso (g)	Sexo	n	Diámetro (mm)
<i>Potamotrygon motoro</i>	3/14/13	365	7	-	-	-	-	-
	3/14/13	230	-	-	-	-	1	10
	3/18/14	310	2	80	30	H	-	-
				78	25	M	-	-
	1/23/15	334	2	-	-	-	2	-
	4/19/15	380	7	68	6,6	M	-	-
				69	9,1	M	-	-
				67	10,2	M	-	-
				64	8,6	H	-	-
				64	9,3	H	-	-
				62	7,7	H	-	-
	42	2,12	M	-	-			
	5/5/16	310	-	-	-	-	3	-
5/5/16	320	2	74	25	H	-	-	
			75	25	M	-	-	
5/5/16	340	2	90	40	H	-	-	
			90	35	M	-	-	
<i>Potamotrygon schroederi</i>	3/14/13	250	-	-	-	-	2	16
			-	-	-	-	2	10
	3/14/13	370	-	-	-	-	2	10
			-	-	-	-	2	5
	1/18/15	330	-	-	-	-	3	8
-			-	-	-	3	8	
<i>Paratrygon</i> sp1	1/24/13	800	-	-	-	-	3	-
	3/17/13	700	-	-	-	-	2	-
	12/11/13	770	-	190	-	M	-	-
	-		-	180	-	H	-	-





Lago El Correo, sistema lagunar Tarapoto. Foto: M. A. Morales-B.

A. Acosta



14. DIVERSIDAD DE RAYAS DE AGUA DULCE EN EL RÍO AMAZONAS COLOMBIANO: RESULTADOS PRELIMINARES

Astrid Acosta-Santos, Edwin Agudelo y Santiago R. Duque

Resumen

A partir de la revisión de 113 especímenes de rayas de agua dulce (Potamotrygonidae: Myliobatiformes), colectados en las áreas de influencia de los municipios de Leticia y Puerto Nariño, en el sector colombiano del río Amazonas, se confirmó la presencia de los cuatro géneros descritos para la familia. La mayor representatividad específica a nivel de géneros fue para *Potamotrygon*, el cual agrupó el 68% de los individuos, representados en las especies *P. constellata*, *P. motoro*, *P. orbignyi*, *P. scobina* y *Potamotrygon* sp., seguido por *Plesiotrygon* con las dos especies descritas para él género, *P. iwamae* y *P. nana*, mientras que el género *Heliotrygon* estuvo representado por *H. gomesi* y la especie de *Paratrygon* reportada para la cuenca amazónica, fue *P. aireba*.

Palabras clave. Amazonia. Especies. Potamotrygonidae. Río Amazonas.

Introducción

El río Amazonas con más de 6.768 km de longitud, se cataloga como el sistema fluvial más largo del mundo y conforma la cuenca más amplia del planeta. En su

recorrido, drena suelos de la cordillera de los Andes, el Escudo Brasileño y el Escudo Guayanés, los cuales poseen características físicas y químicas particulares que le son otorgadas a sus aguas, haciendo de la cuenca amazónica un complejo de aguas que de acuerdo con su composición física y química, se pueden clasificar en tres tipos generales: aguas blancas, negras y claras (Sioli 1984).

Para el caso de Colombia, la Amazonia alcanza una superficie de 483.164 km², lo que representa el 42% del área continental nacional y el 7% de toda la gran Amazonia (Murcia *et al.* 2003). Sobre los 116 km del río que le corresponde al país, este forma una amplia variedad de hábitats como llanuras de inundación, terrazas aluviales y bosques inundados o várzeas, cada uno de ellos con condiciones particulares, las cuales dependen en gran medida, del pulso hídrico anual caracterizado por presentar cuatro épocas marcadas: aguas altas, bajas y los períodos intermedios de ascenso y descenso, durante las cuales se generan transformaciones espaciales que modifican abruptamente el paisaje (Junk *et al.*

RAYAS AMAZONIA COLOMBIANA

1989) y que han favorecido la presencia de una gran biodiversidad íctica.

Colombia es después de Brasil, el país con mayor riqueza de peces tropicales de agua dulce. Según las cifras más recientes suministradas en el último listado de peces de agua dulce de Colombia, los ecosistemas acuáticos colombianos son hábitat de aproximadamente 1.435 especies de peces, de ellas, nueve corresponden a la familia Potamotrygonidae (Maldonado *et al.* 2008), las cuales han sido reportadas a partir de inventarios realizados para peces óseos, razón por la cual se asume que la biodiversidad de dicho grupo es subestimada a nivel nacional. Bajo ese contexto, hasta el 2013 la información disponible sobre la presencia de potamotrygonidos en las subcuencas amazónicas se basaba en los listados de peces producto de inventarios realizados por Bogotá-Gregory y Maldonado-Ocampo (2006) donde reportaron la presencia de *Potamotrygon motoro* y *Potamotrygon cf. signata* para el río Amazonas, siendo esta última producto de una identificación errónea, ya que esta especie se encuentra en la cuenca del río Parnaíba (Brasil; <http://researcharchive.calacademy.org> 2016). Por su parte, Galvis *et al.* (2006) y Sanabria-Ochoa *et al.* (2007), reafirmaron la presencia de *Potamotrygon motoro* en la región de Leticia y adicionalmente, registraron la presencia de *Plesiotrygon iwamae* en un centro de acopio de peces ornamentales.

En el listado de peces de agua dulce de 2008, Maldonado-Ocampo y colaboradores reportaron para la cuenca amazónica las especies *Paratrygon aiereba*, *Potamotrygon constellata*, *P. motoro*, *P. schroederi*, *P. castexi* (sinónimo de *Potamotrygon falkneri*) y *P. histrix*; sin hacer discriminación a nivel de subcuencas, sin embargo, las dos

últimas corresponden a especies asignadas al sector alto de la cuenca del río Madre de Dios y la cuenca del río Paraná-Paraguay, respectivamente (<http://researcharchive.calacademy.org> 2016). En 2010 Lasso *et al.* (2010) reporta a *Plesiotrygon iwamae* para el río Amazonas. A partir de la publicación del libro rojo de peces de agua dulce (Mojica *et al.* 2012), se reporta la presencia de las especies *Paratrygon aiereba* y *Potamotrygon motoro*, para las subcuencas de los ríos Amazonas y Putumayo y *P. schroederi* y *P. orbignyi* las cuales no se relacionan con alguna subcuenca amazónica, adicionalmente, está última carece de voucher en colecciones ictiológicas de ejemplares provenientes de la región amazónica.

De acuerdo con los lineamientos propuestos a nivel nacional y local en el Plan de Acción Nacional para la Conservación y Manejo de Tiburones, Rayas y Quimeras-PAN Tiburones, en el cual se establece la necesidad de promover investigación biológica, ecológica y pesquera para el grupo de rayas de agua dulce, se establecieron para la cuenca amazónica las especies *Potamotrygon motoro*, *P. orbignyi* y *P. schroederi* con un grado de prioridad muy alta y *Paratrygon aiereba* y *Potamotrygon constellata* grado alto (Caldas *et al.* 2010). Atendiendo esta disposición nacional, en el marco del convenio existente entre el Instituto Humboldt y el Instituto Sinchi (2011), se inicia la colecta de material biológico en los municipios de Puerto Nariño (Amazonas) y Puerto Leguizamo (Putumayo).

Con este nuevo esfuerzo se adicionan a la lista a *Heliotrygon gomesi* y *Plesiotrygon nana* y se incluye información sobre historia natural y uso de todas las especies (Lasso *et al.* 2013). Para dar continuidad al proceso se adelantó una tesis de maestría

con la Universidad Nacional de Colombia, sede Leticia, con la intención de avanzar con la evaluación de aspectos básicos del grupo en el sector colombiano del río Amazonas.

Zona de influencia del proyecto

En el plano que inunda el tramo del río Amazonas que le corresponde a Colombia (Figura 1), se encuentra una gran cantidad de islas, lagos de várzea y sistemas lagunares laterales, separados entre sí por bosques inundables (Aldana y Daza 2005) y playas que se forman en la época de aguas bajas (Figura 2a). Uno de los sistemas lagunares más importantes para la región lo constituyen los lagos de Yahuaraca (Figura 2b), localizados sobre la margen colombiana del río a 2 km de la ciudad de Leticia. Este complejo sistema

depende en gran medida de los aportes de agua blanca que le hace el río Amazonas, a partir de los cuales los 17 lagos que lo conforman, se inundan en mayor o menor escala de acuerdo con su cercanía al río; así como de la quebrada Yahuaraca, la cual es de aguas negras (Palma 2012). De igual forma, en el tramo fluvial entre los municipios de Leticia y Puerto Nariño hay diversos ríos de origen amazónico que son de aguas negras o intermedias de acuerdo con Duque *et al.* (1997), como el río Amacayacu y la quebrada Matamatá.

Por su parte, el municipio de Puerto Nariño a 87 km aguas arriba de Leticia, se localiza sobre el río Loretoyacu (Figura 2c). Su origen en la llanura amazónica le confiere a sus ecosistemas acuáticos la coloración y características de las aguas negras. Dichos



A. Acosta

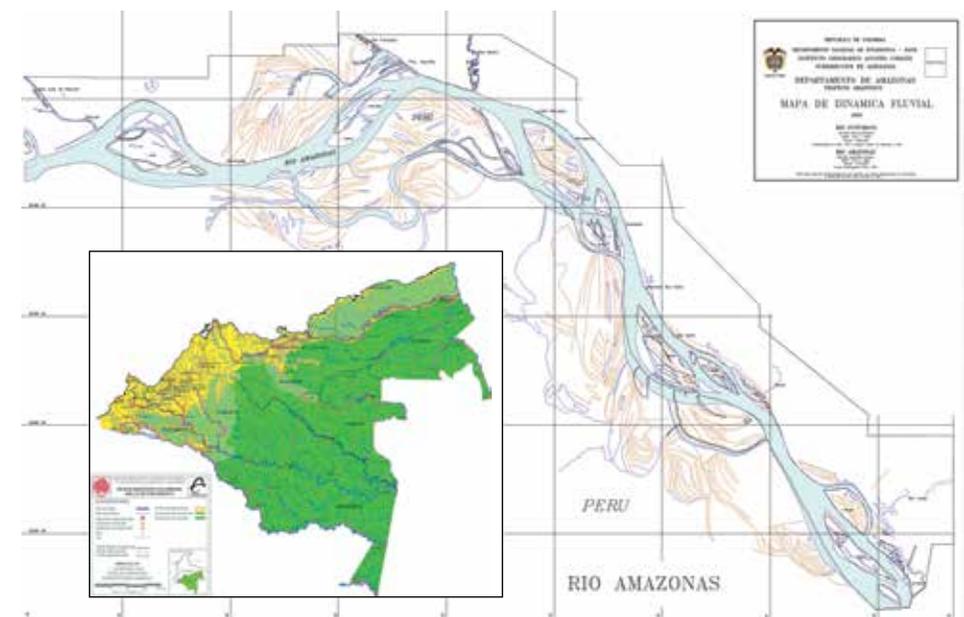


Figura 1. Mapa del río Amazonas, sector sur de Colombia. Modificado de Departamento Nacional de Estadística-DANE e Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2003).

ecosistemas son de dos tipos: lóticos y lénticos, los primeros como los ríos Loretoyacu y Amacayacu y los segundos, como el sistema lagunar de Tarapoto, el cual recibe aguas principalmente del río Loretoyacu y en algunas ocasiones, la pluma de agua blanca del río Amazonas. El complejo Tarapoto está conformado por 21 lagos donde se destacan: el lago Tarapoto (Figura 2d), por ser el más grande y por los servicios ecosistémicos que ofrece a los locales, se considera el más importante, seguido por el Tarapoto Largo, Tarapoto Redondo y El Correo (Moreno 2014). Los dos primeros son influenciados por las

aguas del río Amazonas (aguas blancas tipo I, de acuerdo con Núñez-Avellaneda y Duque 2001), mientras que El Correo, se encuentra más alejado de este, mostrando condiciones limnológicas más cercanas a las aguas negras (Palma 2012). Dichos atributos y los diversos tipos de ambientes acuáticos favorecen la presencia de un elevado número de especies ícticas (Galvis *et al.* 2006).

Material y métodos

El material biológico se colectó empleando métodos de pesca activos y pasivos, principalmente mallas de monofilamento a la

deriva, espineles (línea de anzuelos calibres 3 – 7) colocados sobre algunos sectores de la ribera del río (Figura 3a, b), cañas de pescar (Figura 3c) y redes de arrastre (Figura 3d). Los muestreos se realizaron siguiendo dos estrategias diferentes.

Primero, en asociación con los pescadores artesanales que realizan sus faenas en el canal principal de los ríos Amazonas y Loretoyacu y en sus ecosistemas acuáticos asociados. Los individuos obtenidos hicieron parte de las capturas incidentales durante la extracción de peces óseos

y fueron comprados directamente en los puertos de los dos municipios por personal del instituto Sinchi y la Fundación Omacha, en Leticia y Puerto Nariño, respectivamente. Los especímenes acopiados en Puerto Nariño fueron fotografiados en fresco y almacenados en congeladores, para su posterior revisión.

En segundo lugar, a partir de salidas de campo realizadas a sitios específicos de interés donde se tienen reportes de la presencia de especies poco frecuentes o donde se han extraído pocos (menos de



Figura 2. Ambientes acuáticos amazónicos: a) playa formada en el periodo de aguas bajas en el cauce principal del río Amazonas, frente a la isla de Ronda; b) Lago I, sistema lagunar de Yahuaraca en la zona de influencia de Leticia; c) río Loretoyacu, en el muelle principal de Puerto Nariño; d) Lago Tarapoto, humedales de Tarapoto, área de influencia de Puerto Nariño. Fotos: A. Acosta-Santos.

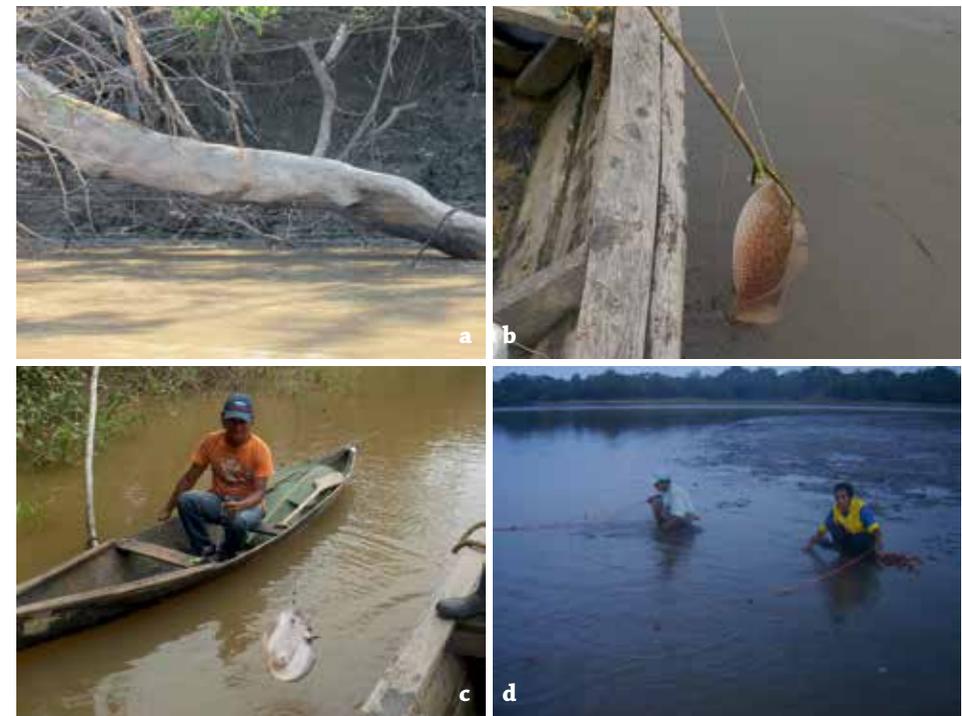


Figura 3. Métodos empleados para la captura de las rayas. a) Espinel sobre la ribera del río Amazonas; b) espécimen de *P. scobina* colectado mediante el empleo de espinel; c) espécimen de *P. motoro* colectado con caña de pescar en la bocana del río Amacayacu; d) colecta mediante el uso de red de arrastre en el lago Tarapoto (Puerto Nariño, Amazonas). Foto: A. Acosta-Santos.



A. Acosta

tres) ejemplares de una especie determinada (Figura 3b).

Para su correcta identificación taxonómica se fotografiaron en “fresco” en vista dorsal (Figura 4a) y ventral (Figura 4b), fueron medidos siguiendo el protocolo establecido por Rosa (1985) y modificado por Carvalho y Lovejoy (2011, ver Lasso *et al.* 2013). Las medidas se tomaron empleando una cinta métrica y un calibrador digital marca Mitutoyo. Las relaciones morfométricas fueron expresadas en términos de porcentaje con respecto al ancho del disco (%AD) como unidad de estandarización para realizar comparaciones directas (Carvalho y Lovejoy 2011). También se realizaron conteos de los dientes expuestos sobre la línea central en mandíbula y maxila, así como de la fila superior, inferior y medios inferiores (Figura 4c).

Las identificaciones se realizaron teniendo en cuenta las descripciones taxonómicas publicadas para los holotipos y las revisiones de algunas de ellas realizadas posteriormente. Para la confirmación de algunas identificaciones fue necesario contar con expertos en Colombia y Brasil quienes colaboraron a partir de imágenes y algunas medidas morfométricas. Al menos un espécimen de cada especie fue depositado como material de referencia en las Colecciones Ictiológicas del Instituto Sinchi - CIACOL y del Instituto Humboldt- IAvH.

Resultados y discusión

Como producto del trabajo conjunto entre los Institutos Sinchi y Humboldt y la tesis de maestría, se analizaron 113 ejemplares. Resultado preliminar de la revisión de los ejemplares de rayas colectadas, se reporta la presencia de ocho especies nominales, así como un espécimen identificado a nivel

de género (*Potamotrygon* sp.) (Tabla 1). El análisis del material permitió confirmar la presencia de los cuatro géneros descritos para la familia Potamotrygonidae y las seis especies reconocidas para la región

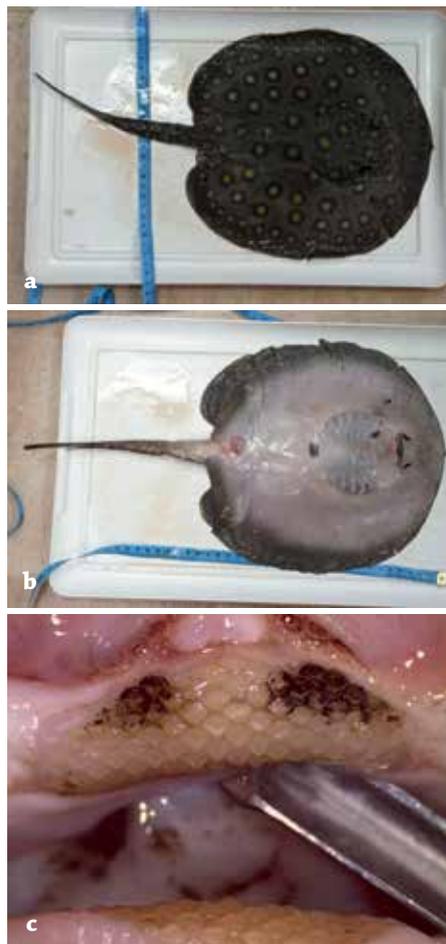


Figura 4. Fotografías en fresco de *Potamotrygon motoro*: a) vista dorsal; b) vista ventral y c) dientes expuestos de la mandíbula superior de un ejemplar de *Paratrygon aiereba*. Fotos: A. Acosta-Santos.

según Lasso *et al.* (2013), incrementando el número de especies para la zona en dos.

Heliotrygon gomesi

La presencia del género *Heliotrygon* es reportado a partir de la colecta de cuatro especímenes de la especie *Heliotrygon gomesi* (Figura 5a), asociados a ambientes de aguas negras (lago El Correo), identificado a partir de los caracteres diagnósticos de la especie (ver Carvalho *et al.* 2013). Las medidas de los especímenes se muestran en la tabla 2.

Plesiotrygon spp

La presencia de la especie *Plesiotrygon iwamae* (Figura 5b) se confirmó a partir

del estudio de seis especímenes colectados en el cauce principal del río Amazonas, con base en la descripción hecha por Rosa y colaboradores (1987) y Sánchez-Duarte *et al.* (2013). La identificación de la especie *Plesiotrygon nana* (Figura 5c) se realizó a partir de la colecta de una hembra inmadura, proveniente del lago Tarapoto (Tabla 3). Su presencia en ambientes de aguas negras confirma que esta no se encuentra restringida al cauce principal de ríos de aguas blancas, como ocurre con *Plesiotrygon iwamae* (Carvalho y Ragno 2011).

Paratrygon aiereba

Se identificaron 25 especímenes de *Paratrygon aiereba* (Tabla 4) a partir de las

Tabla 1. Especies de rayas de agua dulce, reportadas para la zona sur de la Amazonia colombiana. Localidad: 1) cauce principal del río Amazonas; 2) sistema lagunar de Yahuar-caca, Amazonas; 3) lago interno de la isla Korea; 4) humedales de Tarapoto.

Especie	Localidad	Tipo de agua
<i>Heliotrygon gomesi</i> Carvalho y Lovejoy, 2011	4 (Lago el Correo)	Negra
<i>Plesiotrygon iwamae</i> Rosa, Castello y Thorson, 1987	1	Blanca
<i>Plesiotrygon nana</i> Carvalho y Ragno, 2011	4 (Lago el Correo)	Negra
<i>Paratrygon aiereba</i> (Müller y Henle, 1841)	1,2,3,4	Negra, blanca
<i>Potamotrygon constellata</i> (Vaillant, 1880)	2,3,4	Negra, blanca
<i>Potamotrygon motoro</i> (Müller y Henle, 1841)	1,2,3,4	Negra, blanca
<i>Potamotrygon orbignyi</i> (Castelnau, 1855)	1,2,3,4	Negra, blanca
<i>Potamotrygon scobina</i> Garman, 1913	1,2,3,4	Negra, blanca
<i>Potamotrygon</i> sp.	1	Blanca

Tabla 2. Relaciones morfométricas para cuatro hembras adultas de *Heliotrygon gomesi* colectadas en el lago Tarapoto, humedales de Tarapoto, zona de influencia de Puerto Nariño. Abreviaturas: ancho del disco (AD), largo del disco (LD).

Estadio de desarrollo	Intervalo (mm)		Promedio (mm)		%AD	
	AD	LD	AD	LD	AD	LD
Adultos (n=4)	445-563	463-601	540	554,75	100	102,73



A. Acosta

RAYAS AMAZONIA COLOMBIANA

publicaciones de Rosa (1991) y Lasso *et al.* (2013). El material se colectó en ecosistemas de aguas blancas y negras, ya que gracias al alto grado de adaptación a las diferentes condiciones físicas y químicas del medio, es posible encontrarla en todos los ambientes acuáticos de la cuenca amazónica (Frederico *et al.* 2012). Se encontraron tres patrones diferentes de coloración (Figura 6a), los cuales podrían estar relacionados con los ambientes de colecta como la tipología del agua y el tipo de sustrato (Sliva *et al.* 2007).

Potamotrygon spp

Para el género *Potamotrygon*, las especies que presentaron un área de distribución más amplio, fueron *P. constellata*, *P. motoro*, *P. orbignyi* y *P. scobina*, las cuales se encontraron en ecosistemas de aguas blancas y negras. Al igual que *Paratrygon*

aiereba exhibieron diferencias en los patrones de coloración en concordancia con los lugares de colecta (Figura 6). En la tabla 5, se presentan las relaciones morfométricas de las especies.

El único espécimen de *Potamotrygon* sp. (Figura 5d) fue colectado en el canal principal del río Amazonas, a la altura de la ciudad de Leticia (Tabla 5). Pese a los esfuerzos realizados para aumentar el número de especímenes de esta especie, no ha sido posible capturarla nuevamente.

Para el caso de *P. constellata*, *P. motoro*, *P. orbignyi* y *P. scobina*, es necesario realizar un análisis más detallado a partir de muestras de ADN, para determinar si dichas diferencias son la expresión de especies altamente policromáticas (García-Villamil *et al.* 2013) o por el contrario, si estarían

Tabla 3. Relaciones morfométricas para seis individuos de *Plesiotrygon iwamae* y uno de *Plesiotrygon nana*. AD: ancho de disco; LD: largo del disco.

Estadio de desarrollo	Intervalo (mm)		Promedio (mm)		%AD	
	AD	LD	AD	LD	AD	LD
<i>P. iwamae</i>						
Adultos (4 H)	520-616	540-664	567,66	594,33	100	104,69
Juveniles (1 H)	228,81	249	-	-	100	108,82
Neonato (1 M)	99,9	124	-	-	100	124,12
<i>P. nana</i>						
Adulto (1 H)	522,13	523,4	-	-	100	100,24

Tabla 4. Relaciones morfométricas para 25 individuos de *Paratrygon aiereba*. AD: ancho de disco; LD: largo del disco.

Estadio de desarrollo	Intervalo (mm)		Promedio (mm)		%AD	
	AD	LD	AD	LD	AD	LD
Adultos (13 H: 8 M)	530-886	603-1002	648,66	711,76	100	109,72
Juveniles (3 H: 1 M)	180-337	201-368	237,84	264,9	100	111,37



A. Acosta

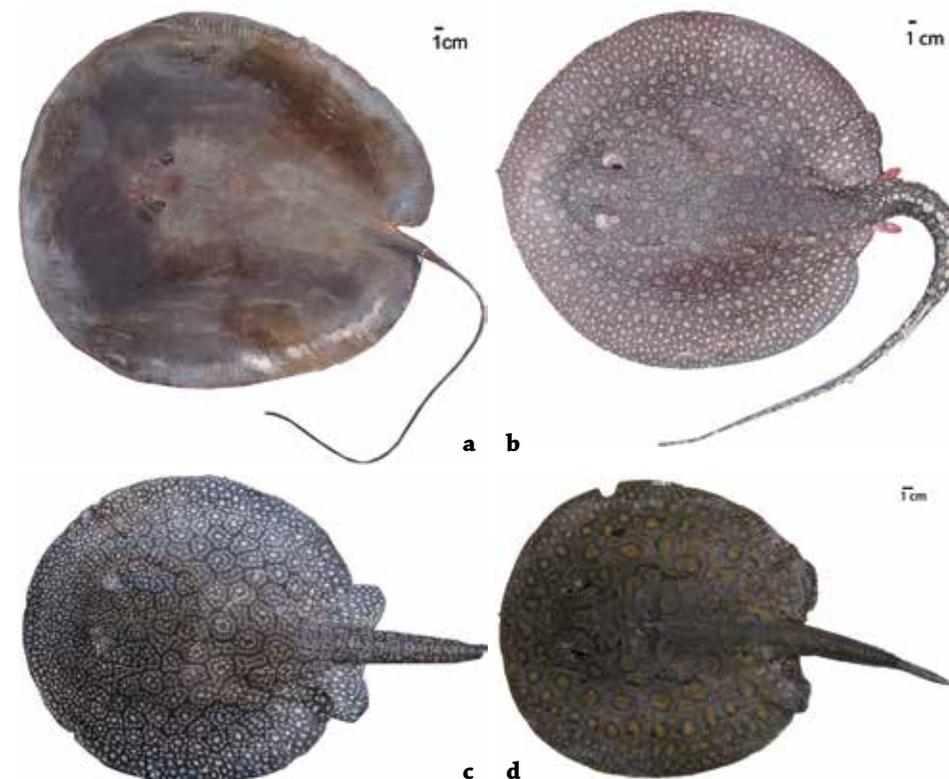


Figura 5. a) *Heliotrygon gomesi*; b) *Plesiotrygon iwamae*; c) *Plesiotrygon nana*; d) *Potamotrygon* sp. Fotos: A. Acosta-Santos.

relacionadas con diferencias entre poblaciones que tienen distribuciones geográficas amplias (Lobola y Carvalho 2013, ver Capítulo 15).

Teniendo en cuenta la información obtenida hasta ahora, se ha realizado un aporte significativo al conocimiento de rayas de agua dulce presentes en el sector colombiano del río Amazonas. Este es el elemento básico para el desarrollo de futuras investigaciones en la zona de estudio y que puede ser empleado a futuro

en la generación de propuestas de manejo y conservación del recurso, de acuerdo con los compromisos que el Estado colombiano ha asumido en el PAN Tiburones Colombia (Caldas *et al.* 2010).

Recomendaciones

A partir de los resultados preliminares de identificaciones taxonómicas se requiere la evaluación de aspectos pesqueros como la toma de información de capturas, esfuerzo y comercio, para fortalecer el sistema de información nacional y así



A. Acosta

Tabla 5. Relaciones morfométricas para las especies colectadas del género *Potamotrygon*. Abreviaturas: ancho del disco (AD), largo del disco (LD).

Estadio de desarrollo	Intervalo (mm)		Promedio (mm)		%AD	
	AD	LD	AD	LD	AD	LD
<i>P. constellata</i>						
Adultos (2H)	371-489,7	414-514,4	430,37	464,23	100	107,8
<i>P. motoro</i>						
Neonato (2H: 1M)	70,5-84,1	73,2-89,6	75,29	78,25	100	103,93
Juvenil (9H: 12M)	132-238	141-255	185,02	198,46	100	107,02
Adultos (10H: 14M)	249-550	265-592	347,54	370,21	100	106,52
<i>P. orbignyi</i>						
Neonato (1M)	77,19	84,98	-	-	100	110,09
Juveniles (8H: 4M)	120-201	123-214	175,33	183,83	100	104,84
Adultos (3H: 1M)	233-294	250-304	254	268,25	100	105,61
<i>P. scobina</i>						
Juveniles (1H; 2M)	164-186	170-201	178	188,33	100	105,8
Adultos (4H; 2M)	214-672	218-704	392,83	418,66	100	106,57
<i>Potamotrygon sp.</i>						
Adulto (1 M)	323,85	346,5	-	-	100	106,9

obtener información verídica para cada una de las especies presentes en el sector. Se requiere iniciar con trabajos enfocados en genética de poblaciones que complementen la información biológica y que permita, tomar las acciones necesarias para regular la extracción del recurso en el sector del río Amazonas correspondiente a Colombia.

Bibliografía

- Aldana, M. A. y E. G. Daza. 2005. Dinámica fluvial del Amazonas, sector colombiano (casos específicos Isla Mocagua – Isla La Fantasía). Tesis de grado, Departamento de Geografía. Facultad de Ciencias Humanas.

na. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia. 126 pp.

- Bogotá-Gregory, J. D. y J. A. Maldonado-Ocampo. 2006. Peces de la zona hidrogeográfica de la Amazonia, Colombia. *Biota Colombiana* 7 (1): 55-94.
- 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. Diazgranados 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, Secretaría Agricultura y Pesca San Andrés Isla, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Instituto.



Figura 6. Diferencias en los patrones de coloración a) *Paratrygon aiereba*; b) *Potamotrygon constellata*; c) *Potamotrygon motoro*. Fotos: A. Acosta-Santos.



A. Acosta



Continuación figura 6. Diferencias en los patrones de coloración: d) *Potamotrygon orbignyi*; e) *Potamotrygon scobina*. Fotos: A. Acosta-Santos.

to de Investigaciones Marinas y Costeras, Instituto 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, Colombia. 56 pp.

- Carvalho, M. R., T. Lobola, J. P. da Silva, J. P. Fontanelle, C. A. Lasso, A. Acosta-Santos y E. Agudelo-Córdoba. (2013). *Heliotrygon gomesi*. Capítulo 5. Pp. 131-133. En: Lasso, C. A., R. S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A.

Morales-Betancourt y E. Agudelo-Córdoba (Eds.). IX. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Hidrobiológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.

- Carvalho, M. R. y M. P. Ragno. 2011. An unusual, dwarf new species of Neotropical freshwater stingray, *Plesiotrygon nana* sp. nov., from the upper and mid Amazon basin: the second species of *Plesiotrygon* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). *Papéis Avulsos de Zoologia. Museo de Zoologia da Universidade de São Paulo* 51 (7): 101-138.
- Carvalho, M. R. y N. Lovejoy. 2011. Morphology and phylogenetic relationships of a remarkable new genus and two new species of Neotropical freshwater stingrays from the Amazon basin (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). *Zootaxa* 2776: 13-48
- Duque, S. R., J. E. Ruiz, J. Gómez y E. Roessler. 1997. Limnología. Pp. 71-134. En: IGAC (Ed.). Zonificación ambiental para el plan modelo Colombo-Brasileño (Eje Aporris-Tabatinga: PAT). Editorial Linotipia. Santa fé de Bogotá.
- Frederico, R. G., I. P. Farias, M. L. Góes de Araújo, P. Charvet-Almeida y J. A. Alves-Gomes. 2012. Phylogeography and conservation genetics of the Amazonian freshwater stingray *Paratrygon aiereba* Müller & Henle, 1841 (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). *Neotropical Ichthyology* 10 (1): 71-80.
- Galvis, G., J. I. Mojica, S. R. Duque, C. Castellanos, P. Sánchez-Duarte, M. Arce, A. Gutiérrez, L. F. Jiménez, M. Santos, S. Vejarano-Rivadeneira, F. Arbeláez, E. Prieto y M. Leiva. 2006. Peces del medio Amazonas. Región de Leticia. Serie de Guías Tropicales de Campo No. 5. Conservación Internacional. Editorial Panamericana, Formas e Impresos. Bogotá, Colombia. 548 pp.
- García-Villamil, D. A., C. A. Lasso y S. Caballero. 2013. Capítulo 6. Pp 283-295. En: Lasso, C. A., R. S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt y E. Agudelo-Córdoba (Eds.). IX. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, Bioecología, uso y conservación. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Hidrobiológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia. 368 pp.
- Loboda, T. S. y M. de Carvalho. 2013. Systematic revision of the *Potamotrygon motoro* (Müller & Henle, 1841) species complex in the Paraná-Paraguay basin, with description of two new ocellated species (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Potamotrygonidae). *Neotropical Ichthyology* 11 (4): 693-737.
- 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

RAYAS AMAZONIA COLOMBIANA

- 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., Colombia. 319 pp.
- Moreno, M. 20014. Descripción geográfica. Pp. 21-29. *En*: Trujillo, F. y S. Duque (Eds.). 2014. Los humedales de Tarapoto: aportes al conocimiento sobre su biodiversidad y uso. Serie humedales de la Amazonia y la Orinoquia. Fundación Omacha, Corpoamazonia, Universidad Nacional Sede Leticia.
 - Murcia, U., C. Marín, J. C. Alonso, C. A. Salazar, F. Gutiérrez, C. Domínguez, F. Trujillo, J. H. Arguelles, M. Rendón, R. Ocampo y W. Castro. 2003. Diseño de la línea base de información ambiental sobre los recursos naturales y el medio ambiente en la Amazonia colombiana. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D. C., Colombia. 215 pp.
 - Núñez-Avellaneda, M. y S. R. Duque. 2001. Fitoplancton en algunos ríos y lagos de la amazonia colombiana. Pp. 305-335. *En*: Franky y Zárate (Eds.). Imani Mundo: Estudios en la Amazonia Colombiana. Unibiblios Bogotá.
 - Palma, L. 2012. Efecto de la conectividad del río Amazonas en la ecología del fitoplancton en lagos amazónicos. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia, Sede Amazonia.
 - Rosa, R. S., H. P. Castello y T. B. Thorson. 1987. *Plesiotrygon iwamae*, a new genus and species of neotropical freshwater stingray (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). *Copeia* (2): 447-458.
 - Rosa R. S. 1985. A systematic revision of the South American Freshwater stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). Thesis Doctoral. Faculty of the School of Marine Science. The College of William and Mary in Virginia. 523 pp.
 - Sanabria-Ochoa, A. I., P. Victoria-Daza e I. C. Beltrán (Eds.). 2007. Peces de la amazonia colombiana con énfasis en especies de interés ornamental. Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (INCODER), Universidad Nacional de Colombia e Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Ramos López Editorial, Fotométrica Ltda. Primera edición. Bogotá, Colombia. 489 pp.
 - Sánchez-Duarte, P., C. A. Lasso, A. Acosta-Santos, M. A. Morales-Betancourt, E. Agudelo-Córdoba, C. A. Bonilla-Castillo, G. A. Gómez-Hurtado, A. Guzmán y L. M. Ortiz-Arroyave (Colombia); T. Loboda, R. S. rosa, J. P. de Silva, J. P. Fontanelle, M. R. de Carvalho (Brasil), R. Barriga (Ecuador) y H. Ortega (Perú). *Paratrygon aiereba*. Capítulo 5. Pp 137-156. *En*: Lasso, C. A., R. S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt y E. Agudelo-Córdoba (Eds.). IX. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, Bioecología, uso y conservación. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Hidrobiológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
 - Silva, N.F., A.T. Oliveira; A.P. Gomes, S.M.V. Melo, A. Shibuya; M.L.G. Araújo, O.T.F. Costa, M.N. Fernandes y W.P. Duncan. 2007. Determinantes da distribuição geográfica da arraia amazônica, *Potamotrygon cf. histrix* Müller & Henle 1834 (Potamotrygonidae: Chondrichthyes): Evidências ecofisiológicas. Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 23 a 28 de Setembro de 2007, Caxambu – MG.
 - Sioli, H. 1984. 5. The amazon and its main affluents: Hydrography, morphology of the river courses, and river types. Pp. 127-165. *En*: Sioli, H. (Ed). The Amazon. Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. ISBN90-6193-108-8. Dr. W. Junk Publishers, Dordreeht, Boston, Lancaster. Printed in the Netherlands.



Río Amazonas, Leticia, Colombia. Foto: M. A. Morales-Betancourt.



Caño Caimán, afluente del río Inírida. Foto: M. A. Morales-B.

M. A. Morales-B.



15.

ESTRUCTURA POBLACIONAL Y DIVERSIDAD GENÉTICA DE LA RAYA DE AGUA DULCE *Potamotrygon motoro* (MÜLLER Y HENLE, 1841) (MYLIOBATIFORMES, POTAMOTRYGONIDAE) EN LAS CUENCAS DEL ORINOCO Y AMAZONAS (COLOMBIA)

Mariana Renza-Millán, Francisco A. Villa-Navarro, Carlos A. Lasso, Monica A. Morales-Betancourt y Susana Caballero

Resumen

Se estudiaron las relaciones genéticas para determinar si existen diferentes unidades de manejo de conservación de *P. motoro* en Colombia, utilizando marcadores mitocondriales. Para esto se analizaron 109 muestras colectadas en la Orinoquia (n=91) y Amazonia (n=22) y se analizaron por medio de la amplificación de los genes mitocondriales Citocromo Oxidasa sub unidad I y Citocromo *b*. Se encontró un alto valor de F_{st} al contrastar las dos cuencas donde se distribuye la especie, indicando una alta diferenciación genética (COI = 0,55918; Cyt*b* = 0,59012). Estos resultados sugieren tener en cuenta estas dos unidades evolutivas al momento de plantear los planes de conservación o manejo de la especie en Colombia.

Palabras clave. ADN mitocondrial. Conservación. Poblaciones. Unidades de Manejo.

Introducción

La taxonomía de la raya motora (*Potamotrygon motoro*) (Müller y Henle, 1841), ha sido considerada compleja dado que los patrones de coloración de la especie varían dependiendo de la ubicación geográfica de las poblaciones, aspecto discutido desde el descubrimiento de *P. motoro* en el Paraná - Paraguay (Devincenzi y Teague 1942, Castex 1964, Rosa 1985, Carvalho *et al.* 2003, Loboda 2010, Loboda y Carvalho 2013, Lasso *et al.* 2013, García *et al.* 2015).

Las comparaciones morfológicas realizadas por Rosa *et al.* (2010), sugieren que *Potamotrygon motoro* incluye un complejo de especies, hipótesis que García *et al.* (2015) confirman parcialmente, con base en estudios genéticos y filogenéticos sobre la familia Potamotrygonidae basados en marcadores moleculares Cyt-*b*, COI y ATPasa 6. Sin embargo, Loboda (2010) y Loboda y Carvalho (2013), reconocen

Potamotrygon motoro

una sola especie con amplia distribución y diferencias policromáticas, conclusiones basadas en estudios morfológicos hechos en las poblaciones pertenecientes a las cuencas del Amazonas y el Paraná (Brasil y Paraguay).

Potamotrygon motoro no es la única especie de raya dulceacuícola con dudas taxonómicas. Frederico *et al.* (2012), encontraron un complejo de especies en *Paratrygon aiereba*, utilizando los marcadores mitocondriales Citocromo Oxidasa sub Unidad I (COI) y ATPasa sub unidad 6 (ATP6). Bhummakasikara *et al.* (2013) desarrollaron microsátelites para *Himantura chaophraya*, especie de la familia Dasyatidae (grupo hermano de Potamotrygonidae), encontrando diferencias poblacionales marcadas, con el fin de fortalecer ideas de conservación y gestión para la especie en Tailandia.

La raya motora es la segunda especie de raya de agua dulce más extraída y exportada con fines ornamentales en Colombia (Lasso y Sanchez-Duarte 2012). Según los datos del Incofer (2012) (citado por Lasso 2013), entre los años 1999 y 2011, se exportaron 81.109 ejemplares. Debido a su baja fecundidad y madurez sexual tardía, esta especie es potencialmente vulnerable a diversos riesgos, como la extracción indiscriminada, la pesca indirecta y la degradación del hábitat (Lovejoy y Araujo 2000, Carvalho *et al.* 2003, Martin 2005, Lasso *et al.* 2013). Por lo mencionado anteriormente, en el Plan de acción nacional para la conservación y manejo de tiburones, rayas y quimeras de Colombia, la raya motora fue considerada especie prioritaria para realizar investigaciones sobre distribución, bioecología, genética de poblaciones y comunidades, entre otros (Caldas *et al.* 2010).

Es importante resaltar que no se conocía nada sobre la diversidad genética y la estructura poblacional de la especie en Colombia, por lo que es posible que la actividad pesquera pudiera estar reduciendo de forma significativa la diversidad genética en sus poblaciones (Laikre *et al.* 2005, Piorski *et al.* 2008). Esto es un aspecto de gran importancia, ya que los planes de conservación sin un conocimiento adecuado de las poblaciones y sobre su diversidad y posible diferenciación genética, pueden generar una sobreexplotación de alguna de las poblaciones de *P. motoro*, lo que acarrearía una reducción significativa en la diversidad genética.

La diversidad genética se define como cualquier medida que cuantifica la magnitud de la variabilidad genética dentro de una población. Es una fuente fundamental de la biodiversidad, ya que proporciona la materia prima para la evolución por medio de la selección natural (Fisher 1930, Hughes *et al.* 2008). Así, cuando la diversidad genética entre poblaciones presenta altos índices de variación, las diferencias entre estas poblaciones tienden a incrementar.

La estructura genética es un patrón en la composición genética de los individuos dentro de una población. Esta puede llegar a mostrar las condiciones en las que una población se encuentra (dispersión), o ser un reflejo de eventos vicariantes del pasado (Le Port y Laveri 2012).

Debido a lo anterior, se trató de determinar los niveles de diversidad genética y estructura poblacional de *P. motoro* en las cuencas del Orinoco y Amazonas de Colombia, con el fin de plantear posibles unidades de manejo y conservación para la especie en el país. Esta información es clave para diseñar estrategias que regulen

la actividad económica que gira alrededor de esta especie.

Material y métodos**Extracción de ADN, amplificación y secuenciación**

Se analizaron 114 muestras de *Potamotrygon motoro*, 95 pertenecientes a la cuenca del Orinoco correspondientes a seis subcuencas y 15 pertenecientes a dos subcuencas de la cuenca del Amazonas (Tabla 1, Figura 1). Los ejemplares se encuentran depositados en la colección del Instituto Alexander von Humboldt (IAvH) y las muestras de tejido en el banco de tejidos del IAvH con duplicado en la Universidad de los Andes.

La extracción de ADN se realizó mediante el uso de un kit comercial UltraClean® Tissue & Cells DNA Isolation de MoBio. Se amplificaron los genes mitocondriales Citocromo Oxidasa Sub Unidad I (COI) y Citocromo *b* (Cyt*b*) por medio de reacción en cadena de la Polimerasa (PCR). Se utilizaron los cebadores Glu-L14724 y Cb2-h15175 para Cyt*b*, descritos por Palumbi

et al. (2012) y para amplificar COI se utilizaron los cebadores Fish cox1 F1 y Fish cox1 R1. Las condiciones de amplificación variaron según el gen utilizado, para COI se utilizaron las condiciones de PCR descritas por Ward *et al.* (2005). Para Cyt*b* se utilizaron las condiciones utilizadas en el estudio desarrollado por Olivares *et al.* (2013).

Los productos de PCR amplificados exitosamente fueron limpiados utilizando BigDye terminator de Applied Biosystems. Las secuencias se obtuvieron en el laboratorio de secuenciación de la Universidad de los Andes en el secuenciador ABI 3500 DNA sequencer.

Análisis de datos

Para determinar las conexiones entre haplotipos y lograr visualizar las relaciones entre estos, se realizó una red haplotípica en el software TCS (Clement *et al.* 2000). Para los análisis genéticos se utilizó el software Arlequin para estimar la diferenciación y subdivisión de las poblaciones a nivel intra e inter cuenca. Para estimar la posible diferenciación significativa de las

M. A. Morales-B.

**Tabla 1.** Número de muestras analizadas por subcuenca.

Cuenca	Subcuenca	n
Orinoco	Río Bitá (cauce principal y caños afluentes)	4
	Río Orinoco (cauce principal y laguna inundable RN Bojonawi)	45
	Caño Dagua (afluente río Orinoco)	9
	Caño Piragua (afluente río Orinoco)	2
	Caño Cinaruquito (afluente río Meta)	3
	Río Inírida (cauce principal y caños afluentes: Caimán, Bocón)	32
Amazonas	Río Putumayo (cauce principal)	10
	Río Amazonas (cauce principal)	5

Potamotrygon motoro



M. A. Morales-B.

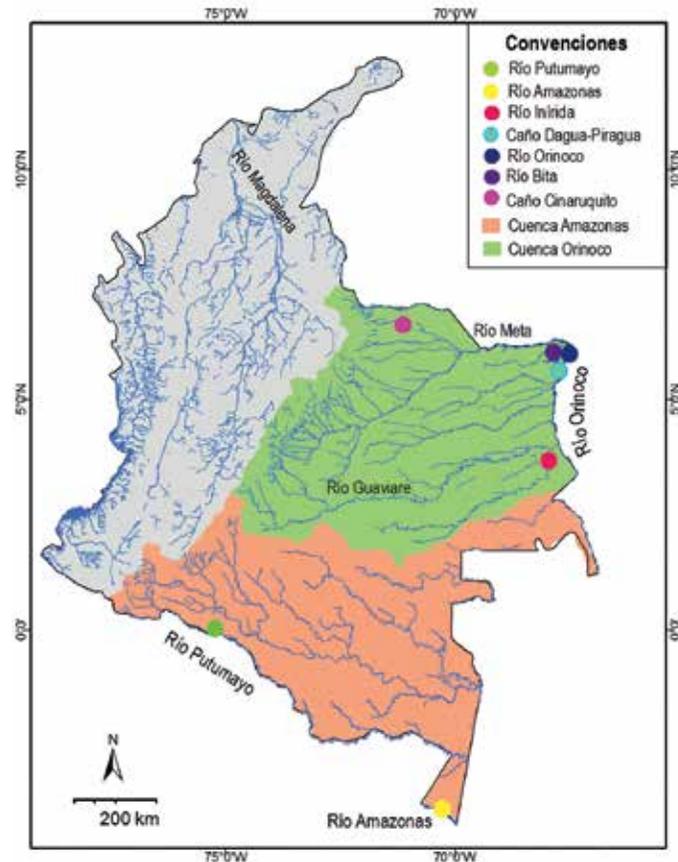


Figura 1. Localización geográfica de los puntos de colecta.

poblaciones, se utilizó el índice F_{ST} pairwise y Φ_{ST} (Excoffier *et al.* 2005), por medio de un análisis de varianza molecular.

Resultados

Citocromo Oxidasa Sub Unidad I

De las 65 secuencias de 532 pares de bases (pb) amplificadas para COI, se detectaron un total de 12 haplotipos, los cuales fueron definidos por 30 sitios variables. El haplotipo I se encontró compartido entre las cuencas del Orinoco (río Inirida)

y Amazonas (cauce principal), mientras que cinco haplotipos fueron únicos para la cuenca del Orinoco y seis haplotipos fueron únicos para la cuenca del Amazonas (Figura 2).

Para la cuenca del Orinoco se detectaron dos haplotipos compartidos dentro de la cuenca. El haplotipo A se comparte entre las localidades: río Inirida, río Orinoco y Caño Dagua – Caño Piragua. El haplotipo C se comparte entre río Inirida, Cinaruquito y Caño Dagua – Caño Piragua. Los

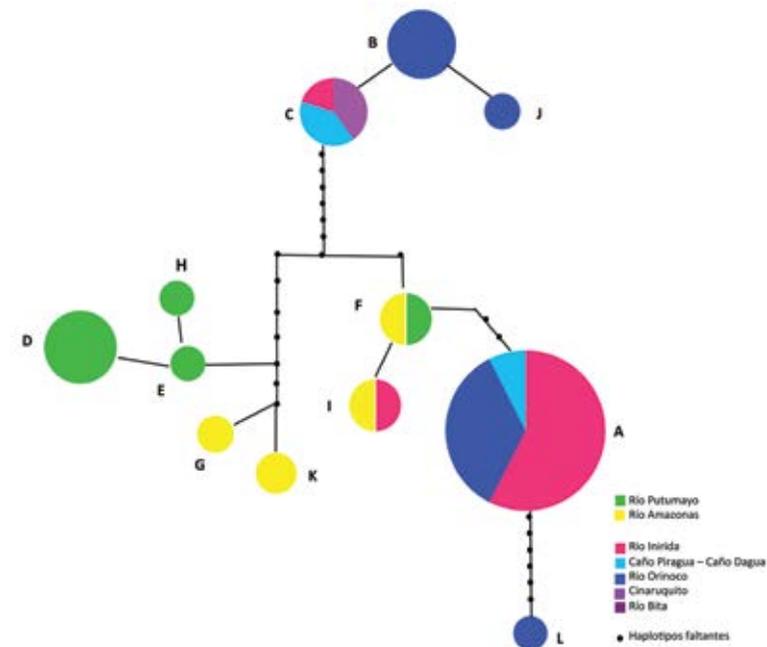


Figura 2. Red haplotípica para el gen mitocondrial COI, realizada por medio del software TCS. El tamaño de los círculos refleja la frecuencia de cada haplotipo. Los nombres de los haplotipos están escritos en la parte de afuera de cada círculo.

otros tres haplotipos fueron únicos para el río Orinoco.

En la cuenca del Amazonas, el único haplotipo compartido fue el F, entre las localidades de río Putumayo y río Amazonas, el resto de los haplotipos fueron únicos para cada localidad.

Los haplotipos E y F contaron con el mayor número de conexiones, lo que los podría plantear como los posibles haplotipos ancestrales.

Se encontró una alta diversidad haplotípica y nucleotídica en el río Amazonas ($h = 1$; $p=1,409\%$). Río Orinoco y Caño

Dagua-Caño Piragua obtuvieron valores mayores para la diversidad nucleotídica y no tanto para la diversidad genética (río Orinoco: $h = 0,595$; $p=1,180\%$; Caño Dagua- Caño Piragua: $h = 0,388$; $p=0,731\%$). No fue posible incluir las localidades de Cinaruquito y río Bitá dentro de los análisis genéticos para el gen COI, ya que la cantidad de muestras no era suficiente para incluirlas en dicho análisis; además, debido a la insuficiente cantidad de muestras de Caño Piragua, se unificó a Caño Dagua por cercanía geográfica (Tabla 2).

La diferenciación genética dentro y entre la cuenca del Orinoco (río Inirida, río Orinoco y Caño Dagua - Caño Piragua) y



M. A. Morales-B.

Potamotrygon motoro

Tabla 2. Diversidad nucleotídica (π) (representada en porcentaje) y haplotípica (h) de cada localidad mostradas en diagonal, diferencia genética Φ_{ST} (diagonal inferior) y F_{ST} (diagonal superior) entre las poblaciones de *Potamotrygon motoro*, para el gen mitocondrial COI. En negrita valores significativos, $P < 0,05$ en 10.000 permutaciones. Subcuencas: río Inírida (RI), río Orinoco (RO), Caño Dagua – Caño Piragua (CD-P), río Putumayo (RP) y río Amazonas (RA).

F_{ST} Φ_{ST}	RI	RO	CD-P	RP	RA
RI	$h=0,156$ $\pm 0,095$ $\pi=0,208$ $\pm 0,001$	0,654	0,774	0,699	0,672
RO	0,226	$h=0,595$ $\pm 0,099$ $\pi=1,180$ $\pm 0,006$	0,488	0,385	0,269
CDyP	0,087	-0,026	$h=0,388$ $\pm 0,164$ $\pi=0,731$ $\pm 0,004$	0,489	0,387
RP	0,853	0,590	0,697	$h=0,642$ $\pm 0,184$ $\pi=0,523$ $\pm 0,003$	0,213
RA	0,719	0,342	0,417	0,328	$h=1,000$ $\pm 0,176$ $\pi=1,409$ $\pm 0,01$

la cuenca del Amazonas (ríos Putumayo y Amazonas) se vio reflejada en los altos valores de Φ_{ST} y F_{ST} que fueron obtenidos en el AMOVA ($F_{ST} = 0,853$; $P < 0,05$). En cambio, los valores presentados por las poblaciones dentro de las cuencas no indican estructura dentro de las mismas (Tabla 1). En la red haplotípica construida para COI, se registró un haplotipo compartido entre la cuenca Orinoco (río Inírida) y Amazonas (río Putumayo). Al contrastar las dos cuencas, se encontró un F_{ST} de 0,456 y un Φ_{ST} de 0,55918 (ambos con $P = 0,001$). La diversidad genética y nucleotídica (dada en porcentaje) para la cuenca del Amazonas

presentó valores mucho más altos que los obtenidos por la cuenca del Orinoco (Tabla 3).

Citocromo b

Para *Cytb* se logró amplificación exitosa para 48 muestras de 429 pb. Se detectaron un total de 10 haplotipos, definidos por 15 sitios variables y cinco haplotipos para cada cuenca. No se encontró ningún haplotipo compartido entre cuencas (Figura 3).

Para el Orinoco se detectaron dos haplotipos compartidos dentro de la cuenca. El

Tabla 3. Diversidad genética (h) y nucleotídica (π) (representada en porcentaje) para *Potamotrygon motoro* en las cuencas del Orinoco y Amazonas, utilizando el gen mitocondrial COI.

	Amazonas	Orinoco
h	0,8590 \pm 0,0886	0,3780 \pm 0,0831
π	1,1085 \pm 0,0063	0,6802 \pm 0,0038

haplotipo A compartido entre las localidades de río Inírida, río Bitá y río Orinoco y el haplotipo B, compartido entre río Inírida, río Orinoco, río Bitá y Cinaruquito. El resto de los haplotipos fueron únicos para río Orinoco y río Bitá.

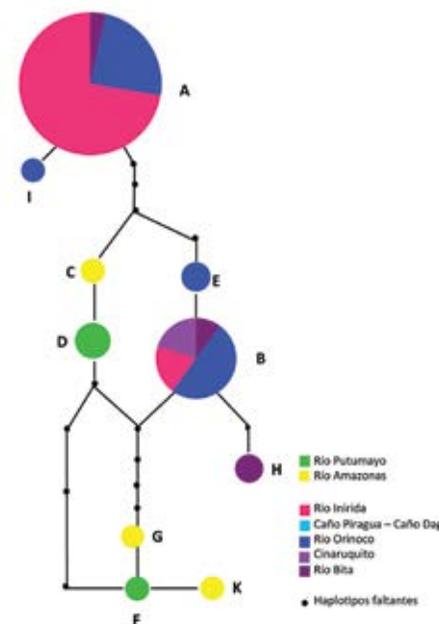


Figura 3. Red haplotípica para el gen mitocondrial *Cytb*, realizada por medio del software TCS. El tamaño de los círculos refleja la frecuencia de cada haplotipo. Los nombres de los haplotipos están escritos en la parte de afuera de cada círculo.

Se encontró una diversidad haplotípica y nucleotídica relativamente alta para dos de las localidades incluidas en este análisis. Las localidades que obtuvieron mayor diversidad haplotípica y nucleotídica fueron río Amazonas ($h=1$; $p=1,243\%$) y río Bitá ($h=1,000$; $p=0,971\%$). No fue posible incluir la localidad de Cinaruquito dentro de los análisis genéticos, ya que la cantidad de muestras no era suficiente para incluirlas en dicho análisis (Tabla 3).

La diferenciación genética entre la cuenca del Orinoco (río Inírida y río Orinoco) y la cuenca del Amazonas (río Putumayo y río Amazonas), se vio reflejada en los altos valores de F_{ST} y Φ_{ST} que fueron obtenidos en el ANOVA ($F_{ST} = 0,796$; $\Phi_{ST} = 0,802$; $P < 0,05$) (Tabla 4).

Al contrastar las dos cuencas, se encontró un F_{ST} de 0,388 ($P = 0,0005$) y un Φ_{ST} de 0,590. La diversidad genética y nucleotídica para la cuenca del Amazonas presentó valores mucho más altos que los obtenidos por la cuenca del Orinoco (Tabla 5).

Discusión

La evaluación de la diversidad genética y estructura poblacional de *P. motoro* ofrece un enfoque inicial para comprender el estado de conservación de la especie en Colombia, gracias al estudio de genes mitocondriales como lo son COI y *Cytb*.

Potamotrygon motoro



M. A. Morales-B.

Tabla 4. Diversidad haplotípica (h) y nucleotídica (π) de cada localidad mostradas en diagonal, diferencia genética Φ_{ST} (diagonal inferior), F_{ST} (diagonal superior) entre las poblaciones de *Potamotrygon motoro*, para el gen mitocondrial *Cytb*. En negrita valores significativos ($P < 0,05$) en 10.000 permutaciones. *datos significativos. Localidades: río Inirida (RI), río Orinoco (RO), río Bitá (RB), río Putumayo (RP) y río Amazonas (RA).

F_{ST} Φ_{ST}	RI	RO	RB	RP	RA
RI	$h=0,235$ +/- 0,109 $\pi=0,223$ +/- 0,001	0,170	0,636	0,694	0,626
RO	0,62306	$h= 0,582$ +/- 0,091 $\pi= 0,724$ +/- 0,004	0,10559	0,333	0,485
RB	0,58954	0,273	$h= 1,000$ +/- 0,176 $\pi= 0,971$ +/- 0,007	0,29771	0,289
RP	0,802	0,394	0,14754	$h=0,666$ +/- 0,314 $\pi=0,777$ +/- 0,006	0,166
RA	0,802	0,441	0	-0,147	$h=1,00$ +/-0,272 $\pi=1,243$ +/- 0,010

Tabla 5. Diversidad genética y nucleotídica (dada en porcentaje) para *Potamotrygon motoro* en las cuencas del Orinoco y Amazonas, utilizando el gen mitocondrial *Cytb*.

	Amazonas	Orinoco
h	0,9333 +/- 0,1217	0,4707 +/- 0,0828
π	0,9324 +/- 0,0062	0,5566 +/- 0,0034

La red haplotípica construida para el gen mitocondrial COI, muestra a E (río Putumayo) y F (río Amazonas),

como posibles haplotipos ancestrales. La red haplotípica dada para el gen mitocondrial *Cytb* muestra los haplotipos F (río

Putumayo) y B (río Orinoco, Cinaruquito y río Inirida) como probables haplotipos ancestrales para dicho gen. Aunque, uno de los probables haplotipos ancestrales pertenece a la cuenca del Orinoco, los tres restantes, reforzarían la hipótesis sobre el origen de las rayas dulceacuícolas en la cuenca del Amazonas, por medio de incursiones del mar de Pebas (Lovejoy *et al.* 1998, Carvalho *et al.* 2003, Albert *et al.* 2006).

Para la red del gen mitocondrial COI, los haplotipos A, C (río Inirida, río Orinoco y Caño Dagua - Caño Piragua) y F (río Amazonas y río Putumayo) podrían estar indicando un posible flujo genético dentro de cada cuenca, aunque río Inirida y río Orinoco se muestra como posibles poblaciones independientes, en el resto de las localidades (Caño Dagua - Caño Piragua, río Putumayo y río Amazonas) no se encontraron valores significativos dentro de cada una de las cuencas para los valores F_{ST} y Φ_{ST} .

El haplotipo I de la red construida para COI, es el único haplotipo compartido entre las cuencas del Amazonas y Orinoco (y para las dos redes construidas), que muestra localidades compartidas entre las dos cuencas (localidades: río Inirida y río Amazonas). Sin embargo, la ausencia de haplotipos compartidos entre las dos cuencas en la red de *Cytb* podría estar indicando una alta diferenciación. Esto podría tener explicación debido al levantamiento de la Cordillera Oriental de los Andes (6Ma), lo que causó la división de la cuenca paleo-Amazonas-Orinoco, dando origen a las cuencas del Orinoco y Amazonas de la actualidad (Hoorn *et al.* 1995, Lovejoy *et al.* 1998, Amaya-Calderon *et al.* 2016).

Según Wright (1978) los valores del índice de F_{ST} que se encuentran por debajo de 0,05 indican poca diferencia genética, entre 0,05 a 0,15 diferencia moderada, entre 0,15 y 0,25 gran diferencia, y todos los valores por encima de 0,25 indicarían una alta diferenciación. En el presente trabajo se encontraron altos valores de F_{ST} entre las dos cuencas, indicando una alta diferenciación genética entre la cuenca del Amazonas y el Orinoco (COI: $F_{ST} = 0,55918$ $P < 0,001$; *Cytb*: $F_{ST} = 0,59012$ $P < 0,001$).

Aunque se encontró significancia respecto a la diferenciación poblacional en los marcadores genéticos mitocondriales analizados, es importante resaltar que para lograr detectar con mayor exactitud el número de poblaciones probables, se debe utilizar un marcador con tasa de cambio más rápida, con la suficiente sensibilidad para detectar los eventos de colonización recientes. Este sería el caso de los microsátelites u otros marcados nucleares, que podrían ayudar con una detección más precisa de la diferenciación de la población (Cruz *et al.* 2014, Frederico *et al.* 2012, Toffoli *et al.* 2008).

Este trabajo refuerza los resultados encontrados por García *et al.* (2015), en el cual encuentran para *Potamotrygon motoro*, un complejo en el norte de Suramérica (Puerto Carreño, Puerto Inirida, río Caura-Venezuela, río Orinoco, Puerto Leguizamo y río Cuyuni-Guayana venezolana), utilizando los genes mitocondriales: COI, *Cytb* y ATP6. Igualmente, se encontró una clara separación para la especie utilizado el gen *Cytb*, sugiriendo una posible separación entre cuencas sin flujo genético constante entre estas.

En un estudio realizado por Cruz *et al.* (2012) donde se evaluó la hibridación

Potamotrygon motoro

entre *P. motoro* y *P. falkneri* en la cuenca del Paraná analizando genes mitocondriales (Dloop, *Cytb*, ATPasa6), el análisis para *Cytb* realizado con 88 muestras, no mostró diferencia genética poblacional entre las cuencas del Paraná, siendo más conservadas que las estudiadas en este trabajo. Los valores de *h* y *p* son más bajos que los encontrados en el presente trabajo (*h*=0,0874; *p*=0,08). Estos resultados, los relacionan con la reciente creación de la hidroeléctrica Itaipu y su corto tiempo para generar diferencias genéticas en genes tan conservados como ATPasa 6.

Para *Paratrygon aiereba* en la cuenca amazónica brasileña, Frederico *et al.* (2012) encontraron un valor significativo de diversidad genética poblacional ($\Phi_{ST} = 0,74$; $P < 0,008$), concluyendo la posibilidad de existir dos especies. Aunque el valor de Φ_{ST} en dicho trabajo es superior que el encontrado en el presente, es importante aclarar que Frederico *et al.* (2012) trabajaron con 27 individuos para el gen mitocondrial COI (en el presente trabajo se utilizaron 63) y que esto podría explicar en gran medida el alto valor dado, ya que al tener un número de individuos menor, podría estar potencializando el valor de Φ_{ST} .

De acuerdo a los análisis genéticos mitocondriales, el río Amazonas tiene la diversidad genética más alta para los dos genes utilizados en este estudio (COI: *h*=1 y *Cytb* *h*=1), siendo esto consistente con ser la localidad que presenta el mayor número de haplotipos únicos para *Cytb* y la segunda localidad en COI.

Al nivel de cuencas se encontró que Amazonas presenta una mayor diversidad haplotípica y nucleotídica, aunque esto puede estar sesgado por la diferencia en la cantidad de individuos estudiados para cada cuenca.

Algunos resultados obtenidos por COI, como el haplotipo compartido entre las dos cuencas, debe ser estudiado a mayor profundidad, ya que Toffoli *et al.* (2008) y Heberk *et al.* (2003), registraron que el barcoding COI no funciona muy bien para el grupo "Rosette spot", en el cual se incluye *Potamotrygon motoro*, lo que podría poner en cuestión el haplotipo compartido entre la cuenca del Orinoco y Amazonas presentado en dicha red. Además, es importante mencionar que las tasas de sustitución en peces cartilaginosos, son de siete a ocho veces más lentas que en primates o ungulados, probablemente debido a la existencia de menores tasas metabólicas, por lo que un marcador mitocondrial como COI no es tan exacto en conductos como en otras especies (Martin *et al.* 2005).

Aunque algunos autores (Heist 2004, Mendonça *et al.* 2009), indican que el marcador mitocondrial "Dloop" es muy eficiente en análisis de poblaciones de tiburones y rayas marinas y que es bien conocido que es una región bastante variable del ADN mitocondrial, Schluessel *et al.* (2010) sugieren que *Cytb* es el marcador molecular más apropiado para conductos debido a su gran variabilidad. Los índices de diversidad nucleotídica y haplotípica encontrados para *P. motoro* en este estudio fueron ligeramente mayores que en COI.

Conclusiones y recomendaciones

Este estudio es el primer trabajo de estructura poblacional genética en *Potamotrygon motoro* en Colombia para las cuencas del Orinoco y Amazonas, utilizando análisis de ADN mitocondrial.

Estos resultados permiten proponer la existencia de al menos dos unidades evolutivas independientes, una en Orinoco y otra en Amazonas, lo cual ofrece información clave para científicos,

administradores y gestores gubernamentales encargados de la regulación de pesca, con respecto a la gestión comercial y de conservación que se le debe dar a *Potamotrygon motoro*.

Se propone realizar análisis con marcadores moleculares nucleares, por ejemplo microsatélites, para poder evaluar diversos aspectos, entre esos, cuello de botella y establecer de una forma más contundente el número total de poblaciones.

Así mismo, realizar un seguimiento genético para asegurar el mantenimiento de inventarios, ya que muchas veces la tasa de mutación en una población puede ser bastante lenta, como lo sugieren los resultados de COI de esta investigación y trabajos realizados en *P. motoro* y *P. falkneri* en la cuenca del Paraná (Toffoli *et al.* 2008, Frederico *et al.* 2012, Cruz *et al.* 2014).

Bibliografía

- Albert, J. S., N. R. Lovejoy y W. R. G. Crampton. 2006. Miocene tectonism and the separation of cis - and trans - Andean rivers basin: evidence from Neotropical fishes. *Journal of South American Earth Sciences* 21: 1-14.
- Amaya-Calderón, L. A. 2016. Estructura poblacional y diversidad genética de la tortuga matamata, *Chelus fimbriatus* (Schneider, 1783), en las cuencas del Amazonas y el Orinoco: ¿trayectorias evolutivas independientes? Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas, Universidad de Los Andes. 17 pp.
- Carvalho, M. R., N. R. Lovejoy y R. S. Rosa. 2003. Family Potamotrygonidae (river stingrays). Pp. 22-28. In: Reis, R. E., S. O. Kullander y C. J. Ferraris (Eds.). Check list of the fresh water fishes of south and central america. Edipucrs, Porto Alegre.
- Clement, M., D. Posada y K. Crandall. 2000. TCS: a computer program to estimate gene genealogies. *Molecular Ecology* 9 (10): 1657-1660.
- Cruz, V. P., C. Oliveira y F. Foresti. 2012. The genetic dynamics and recent colonization of Southeastern Brazil by stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). *Science Med Medimond Fascículo* (3): 179-185.
- García, D. A., C. A. Lasso, M. A. Morales-Betancourt y S. J. Caballero. 2015. Molecular systematics of the freshwater stingrays (Myliobatiformes: Potamotrygonidae) of the Amazon, Orinoco, Magdalena, Essequibo, Caribbean, and Maracaibo basins (Colombia - Venezuela): evidence from three mitochondrial genes. *Mitochondrial DNA* 1-13.
- Excoffier, L. y H. E. L. Lischer. 2010. Arlequin suite ver 3.5: a new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows. *Molecular Ecology Resources* 10: 564-567.
- Fisher, R. A. 1930. The Genetical Theory of Natural Selection. Oxford University Press, Oxford.
- Frederico, R. G., I. P. Farias, M. L. Araújo, P. Charvet-Almeida y J. A. Alves-Gomes. 2012. Phylogeography and conservation genetics of the Amazonian freshwater stingray *Paratrygon aiereba* Müller & Henle, 1841 (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). *Neotropical Ichthyology* 10 (1): 71-80.
- Heist, E. J. 2004. Genetics of sharks, skates and rays. Pp. 471-485. En: Carrier, J. C., J. A. Musick y M. R. Heithaus (Eds.). Biology of sharks and their relatives. New York: CRC Press.
- Hebert, P. D. N., A. Cywinska, S. L. Ball y J. R. deWaard. 2003. Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences* 270: 313-321.
- Hoorn, C., J. Guerrero, G. A., Sarmiento y M. A. Lorente. 1995. Andean tectonics as a cause for changing drainage patterns in Miocene northern South America. *Geology* 23(3): 237-240.
- Hughes, A. R., B. D. Inouye, M. T. J. Johnson, N. Underwood y M. Vellend. 2008. Ecological consequences of genetic diversity. *Ecology Letters* 11: 609-623.
- Laikre, L., S. Palm y N. Ryman. 2005. Genetic population structure of fishes: implications for coastal zone management. *Ambio* 34: 111-119.



M. A. Morales-B.

Potamotrygon motoro

- Lasso, C. A. y P. Sánchez-Duarte. 2012. *Potamotrygon schroederi*. Pp. 149 - 151. En: 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.
- Lasso, C. A., R. S. Rosa, P. C. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt y E. Agudelo-Córdoba. (Eds.). 2013. IX. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
- Le Port A. y Lavery S. 2012. Population Structure and Phylogeography of the Short-Tailed Stingray, *Dasyatis brevicaudata* (Hutton 1875), in the Southern Hemisphere. *Journal of Heredity* 103(2): 174-185.
- Loboda, T. S. 2010. Revisao taxonomica e morfologica de *Potamotrygon motoro* (Muller y Henle, 1841) na bacia Amazonica (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Potamotrygonidae). Disertacion de Maestria, Instituto de Biociencias, Universidade de Sao Paulo, Sao Paulo. 305 pp.
- Loboda, T. S. y M. Carvalho. 2013. Systematic revision of the *Potamotrygon motoro* (Müller & Henle, 1841) species complex in the Paraná-Paraguay basin, with description of two new ocellated species (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Potamotrygonidae). *Neotropical Ichthyology* 11 (4): 693-737.
- Lovejoy, N. R., E. Bermingham y A. P. Martin. 1998. Marine incursion into South America. *Nature* 369: 421-422.
- Lovejoy, N. R. y M. L. G. de Araújo. 2000. Molecular systematics, biogeography y population structure of Neotropical freshwater needlefishes of the genus *Potamorhaphis*. *Molecular Ecology* 9: 259-268.
- Martin, R. A. 2005. Conservation of freshwater and euryhaline elasmobranchs: a review. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 85: 1049-1073.
- Mendonça, F. F., C. Oliveira, G. Burgess, R. Coelho, A. Piercy, O. B. F. Gadig y F. Foresti. 2009. Species delimitation in sharpnose sharks (genus *Rhizoprionodon*) in the western Atlantic Ocean using mitochondrial DNA. *Conservation Genetics* 12 (1): 193-200.
- Palumbi, S., A. Martin, S. Romano, W. O. McMillan, L. Stice y G. Grabowski. 2002. The Simple Fool's Guide to PCR Version 2. *University of Hawaii* 96822 (808): 1-45.
- Piorski, N. M., A. Sánchez, L. F. Carvalho-Costa, T. Hatanaka, M. Carrillo-Avila, P. D. Freitas y P. M. Galetti Jr. 2008. Contribution of conservation genetics in assessing neotropical freshwater fish biodiversity. *Brazilian Journal of Biology* 68 (4): 1039-1050.
- Rosa, R., P. Charvet-Almeida y C. C. Diban. 2010. Biology of the South American Potamotrygonid stingrays. Pp. 241 - 281. En: Carrier, J. C., J. A. Musick y M. R. Heithaus (Eds.). *Sharks and their relatives II: Biodiversity, adaptive physiology and conservation* CRC Press, Nueva York.
- Schluessel, V., D. Broderick, S. P. Collin y J. R. Ovenden. 2010. Evidence for extensive population structure in the white-spotted eagle ray within the Indo-Pacific inferred from mitochondrial gene sequences. *Journal of Zoology* 281: 46-55.
- Toffoli, D., T. Hrbek, M. L. G. Araújo, M. P. Almeida, P. Charvet-Almeida y I. P. Farias. 2008. A test of the utility of DNA barcoding in the radiation of the freshwater stingray genus *Potamotrygon* (Potamotrygonidae, Myliobatiformes). *Genetics and Molecular Biology* 31 (1): 324-336.
- Ward, R. D., T. S. Zemlak, B. H. Innes, P. R. Last y P. D. N. Hebert. 2005. "DNA Barcoding Australia's Fish Species." *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences* 360(1462):1847-57.
- Wright, S. 1951. The genetical structure of populations. *Annals of Eugenics* 15: 323-354.



Río Putumayo. Foto: M. A. Morales-Betancourt



Caño Dagua, afluente del Orinoco, Colombia. Foto: M. A. Morales-Betancourt.

M. A. Morales-B.



16. ENSAYOS DE REPRODUCCIÓN EN CAUTIVERIO DE LA RAYA MOTORO *Potamotrygon motoro* (MÜLLER Y HENLE, 1841) (POTAMOTRYGONIDAE) EN LA FUNDACION ORINOQUIA, PUERTO CARREÑO-VICHADA, COLOMBIA

Natalia Álvarez-Perdomo, Pedro René Eslava-Mocha y Jairo Fidel Novoa-Serna

Resumen

Potamotrygon motoro es una especie que habita los afluentes de la cuenca del Orinoco y Amazonas en Colombia, con gran aceptación en el mercado de los peces ornamentales, pero que es considerada como una especie vulnerable y con requerimientos de estudios urgentes. En la estación piscícola de la Fundación Orinoquía en Puerto Carreño se desarrollaron trabajos con la especie con el objetivo de aportar elementos para su manejo, alimentación y reproducción en cautiverio. Se reportan resultados luego de un año de investigación. Siete hembras y ocho machos capturados en el río Bitá y caño Dagua, afluentes del Orinoco, fueron mantenidos separados por sexo en piletas de concreto de 1m³ y alimentados con trozos de pescado fresco y lombrices. Los ensayos reproductivos se realizaron en proporción 1:4 (hembra : machos) donde se produjo cortejo y copula durante tres días. Cinco hembras parieron entre uno y siete individuos, entre 80 y 155 días

después de la copula; presentaron un peso de 101,29±20,42 g y ancho de disco 116,47±12,18 mm. Los neonatos fueron alimentados con lombrices y pequeños peces forrajeros. La supervivencia de los individuos nacidos en la estación piscícola fue del 100% al día 65, bajando hasta el 50% hasta el día 105 y manteniéndose hasta el día 144. Se considera exitosa la reproducción *ex situ* de la especie en el municipio de Puerto Carreño con parentales colectados del medio natural, logrando adaptar los animales a dietas y condiciones de manejo en cautiverio.

Palabras clave. Acuicultura. Conservación *ex situ*. Dieta. Manejo. Reproducción.

Introducción

El aprovechamiento y el comercio de peces ornamentales de los ríos se han convertido en actividades importantes para la economía colombiana, a tal punto que el país es uno de los principales exportadores de Suramérica (MADR y FAO 2014).

Aunque la actividad se viene desarrollando desde hace mucho tiempo, la mayoría de los peces exportados corresponde a peces capturados del medio natural, debido a que en Colombia no se ha dado la transición de individuos salvajes a líneas o variedades producidas en cautiverio, situación atribuida principalmente al desconocimiento de la biología básica de las especies y a que no se han desarrollado eficientemente sistemas reproductivos sostenibles que nos permitan competir con calidad y exclusividad de productos (Mancera-Rodríguez y Álvarez-León 2008).

Es mucha la diversidad de especies nativas que posee nuestro país y son bastantes los estudios que se deben realizar sobre la biología básica de estas, por tal motivo este estudio pretende aportar a los conocimientos reproductivos de *Potamotrygon motoro*, como especie de interés ornamental, la cual tiene gran importancia tanto ecológica como comercial (Sanabria *et al.* 2007, Ajiaco-Martínez *et al.* 2012).

Publicaciones sobre ensayos reproductivos de rayas en condiciones de cautiverio son escasas, entre las que se destaca la expuesta por Franco-Rojas y Peláez-Rodríguez en la publicación 'Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I (Lasso *et al.* 2013), denominado "Experiencias en la producción comercial de juveniles de la raya motoro (*Potamotrygon motoro*) y raya tigrita (*Potamotrygon orbignyi*), en la región andino-amazónica colombiana". Dichos autores mantuvieron a los reproductores, machos y hembras, en estanques de tierra en proporción 7:2 (hembras : machos).

Actualmente *P. motoro* se encuentra en el libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia como especie vulnerable (Mojica

et al. 2012), a raíz de la presión por explotación a la que es sometida. De no desarrollar estrategias para su conservación y alternativas a la extracción de individuos del medio natural, la supervivencia de la especie es incierta. Así mismo, la especie ha sido considerada por el Plan nacional para la conservación y manejo de tiburones, rayas y quimeras de Colombia-PAN Tiburones Colombia, con prioridad muy alta de investigación (Caldas *et al.* 2010). Es por ello, que el presente estudio tuvo como objetivo realizar ensayos de acostumbramiento a condiciones de cautiverio, incluyendo estudios sobre dieta y reproducción *ex situ*, con individuos provenientes del medio natural.

Material y métodos

Los ejemplares de raya motoro que se encuentran en las instalaciones de la Estación Piscícola de la Fundación Orinoquía, fueron obtenidos en dos salidas diferentes al caño Dagua y al río Bita, afluentes del Orinoco, en el año 2016 (Figura 1). Estos se encontraron en zonas bajas donde era posible su visualización y posterior captura con atarraya y trampas artesanales (Figura 2).

Toma de información morfométrica

Con el propósito de llevar el seguimiento a cada ejemplar, se elaboró una ficha de todas las rayas presentes en la estación piscícola de la Fundación Orinoquía. Todos los individuos que ingresaron fueron medidos, pesados y fotografiados a su llegada. Adicionalmente se les asignó un código compuesto por las iniciales del nombre científico, la fecha de ingreso en la estación piscícola de la Fundación, un número y la inicial del sexo.

Los individuos nacidos en cautiverio fueron medidos, pesados y fotografiados al nacer y posteriormente todos los meses.



M. A. Morales-B.

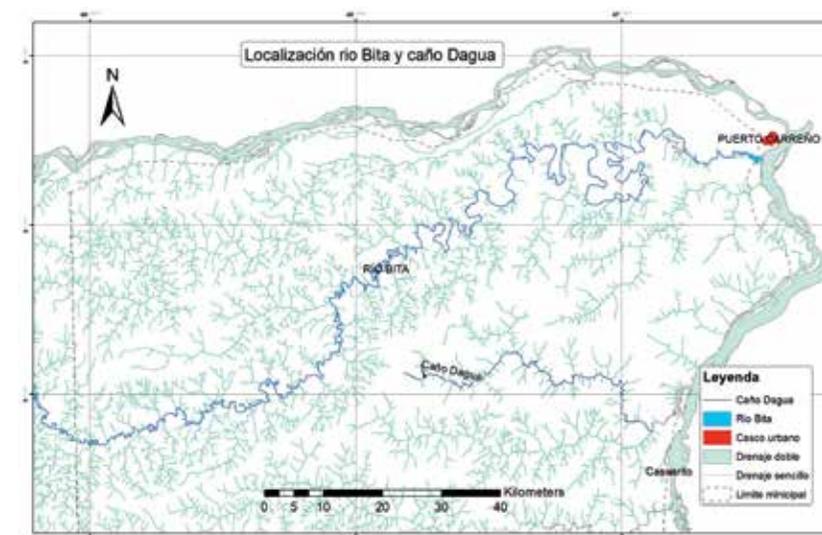


Figura 1. Localización del río Bita y Caño Dagua.



Figura 2. Captura de rayas: a) avistamiento; b) lance de atarraya; c) manipulación dentro de la embarcación posterior a la captura; d) liberación de un ejemplar capturado accidentalmente. Fotos: Fundación Orinoquía.



M. A. Morales-B.

Resultados y discusión

Durante las salidas fue posible la obtención de 15 ejemplares de raya motoro (ocho machos y seis hembras) en la primera salida, y una hembra en la última salida.

En las instalaciones de la estación, se adecuaron piletas de concreto donde se realizó un baño con sal a razón de 5 g/l como proceso profiláctico durante 15 minutos. Este proceso se realizó durante tres días con recambios diarios de agua

al 70% del volumen total. Posterior a este proceso los animales fueron separados por sexo, la pileta de los machos contaba con un volumen de 3,9 m³ y la de las hembras 1,22 m³. Es de anotar que las piletas cuentan con un sistema de recirculación permanente de agua con filtro externo. Luego de los dos primeros meses, a los ejemplares se les adecuaron las piletas mediante un recubrimiento con pintura epóxica negra, logrando mejorar los niveles de tranquilidad de los parentales (Figura 3).



Figura 3. Mantenimiento de los ejemplares en cautiverio: a) pileta de hembras, b) pileta de machos, c y d) aspecto de las piletas después de la adecuación. Fotos: Fundación Orinoquía.

Alimentación

A su llegada los ejemplares fueron alimentados con lombrices comunes extraídas de las cercanías de la estación piscícola de la Fundación durante dos semanas. Posteriormente, se empezó a alimentar con trozos de pescado picado obtenidos de la pesca en el muelle, dos raciones diarias correspondiente al 5% del peso vivo en cada pileta.

Reproducción

Para lograr la reproducción se realizaron ensayos juntando cuatro machos y una hembra durante tres días en una pileta de concreto de 1,5 m x 3,3 m y de 0,6 m de altura de la columna de agua. Se observó interacción reproductiva y evidencias de un comportamiento de cortejo, donde uno de los machos produjo heridas en los márgenes del disco de la hembra mediante mordiscos (Tabla 1) (Figura 4).

Las hembras preñadas presentaron un abultamiento en la zona dorsal próxima a la cola, además de mayor actividad y apetito (Figura 5).

Tabla 1. Ancho del disco de las hembras y machos usados en los ensayos de reproducción.

AD (mm)	
Hembras	Machos
440	350
320	340
410	270
275	340
300	344
300	305
-	340
-	360

Los primeros nacimientos ocurrieron 80 días después de la copula (tres individuos); 104 días (siete individuos) y 105 días (siete individuos) (Figura 6). A los 131 y 155 días se produjo el nacimiento de dos ejemplares muertos.

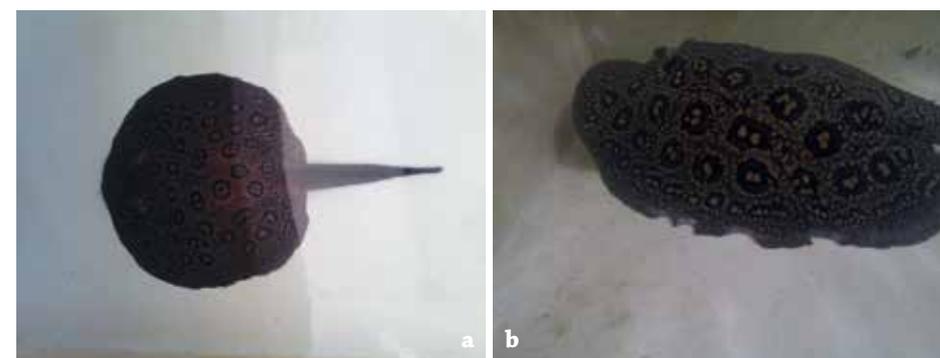


Figura 4. Hembra reproductora: a) aspecto del ejemplar antes de ser juntado con un macho; b) aspecto de la hembra después de ser juntada por tres días con el macho. Fotos: Fundación Orinoquía.



M. A. Morales-B.

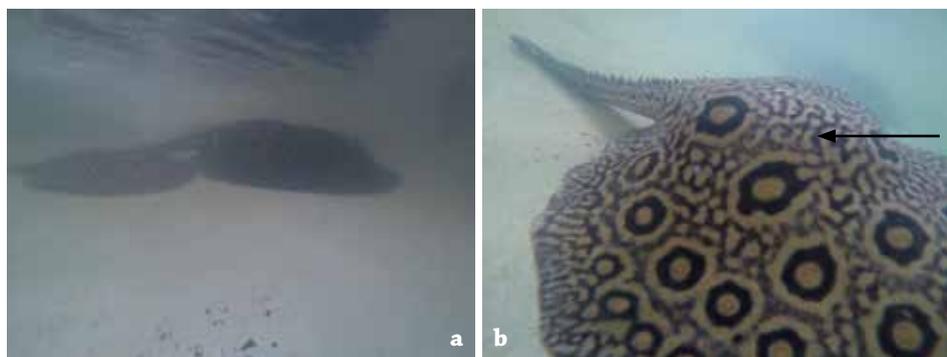


Figura 5. Hembras gestantes. a) Ejemplar con aproximadamente 47 días, b) ejemplar con aproximadamente 102 días. La flecha indica el abultamiento característico de la preñez. Fotos: Fundación Orinoquía .

Algunos de los nacimientos tuvieron lugar en la tarde pero la mayoría fueron en horas de la madrugada. En total nacieron 17 individuos vivos y dos muertos (Tabla 2).

Una vez medidos y pesados, fueron dejados en una pileta o estanque aparte para monitorear su comportamiento y alimentación. A partir del segundo día de nacidos se les empezó a ofrecer alimento



Figura 6. Neonatos de *P. motoro* nacidos en la estación piscícola de la Fundación Orinoquía producto de ensayos reproductivos. Fotos: Fundación Orinoquía.

Tabla 2. Ancho de disco (AD), largo del disco (LD), longitud total (LT) y peso (P) de los individuos de *P. motoro* nacidos en la estación piscícola de la Fundación Orinoquía producto de ensayos reproductivos.

Días de preñez de la madre	AD (mm)	LD (mm)	LT (mm)	P (g)
80	120	120	230	104
	130	130	240	108
	123	130	220	99
104	100	110	210	84,2
	110	120	210	81,3
	110	130	230	104,6
	110	130	230	109,5
	110	115	220	98,3
	120	130	240	117,1
	90	100	180	63
105	120	140	220	110,9
	120	130	220	108,1
	110	120	220	91,7
	120	120	230	107,7
	130	130	240	116,3
	120	140	250	115,6
131	130	140	240	119,2
	140	140	270	136,6
155	100	110	210	49,5

correspondiente a camarones de río muertos (Palaemonidae), peces pequeños muertos y lombrices.

Supervivencia

La supervivencia fue del 100% hasta el día 65, a partir de este hubo una mortalidad del 50% de la población hasta el día 105. Se presume que esta mortalidad estuvo asociada a una deficiencia en la dieta que se vio reflejada en la curva de crecimiento en peso de los individuos que hasta este día estuvo en los valores más bajos (Figura 7). A partir de esto, se hicieron modificaciones en la dieta aumentando la

frecuencia de alimentación. Inicialmente se alimentó tres veces por día, aumentando a cinco veces por día el alimento a saciedad de los individuos, hecho que mostró resultados positivos en el aumento de peso y supervivencia de los individuos (Figura 8).

Para el día 144 el grupo en promedio pesaba 129 g y presentaban un ancho de disco de 136 mm.

Parásitos

Algunos individuos ingresados a la estación tenían una infestación de parásitos



M. A. Morales-B.

de la familia Argulidae, se confirmó que estos se habían infectado en el río y no le estación. Se les aplicó un tratamiento con permanganato de potasio (KMnO_4) a razón de 1 g/m^3 durante tres días a todas las rayas, obteniendo buenos resultados en la remoción de los parásitos.

Conclusiones y recomendaciones

Se considera exitosa la experiencia en reproducción *ex situ* de *Potamotrygon motoro* en el municipio de Puerto Carreño con parentales colectados del medio natural, logrando adaptar los animales a dietas y condiciones de manejo en cautiverio.

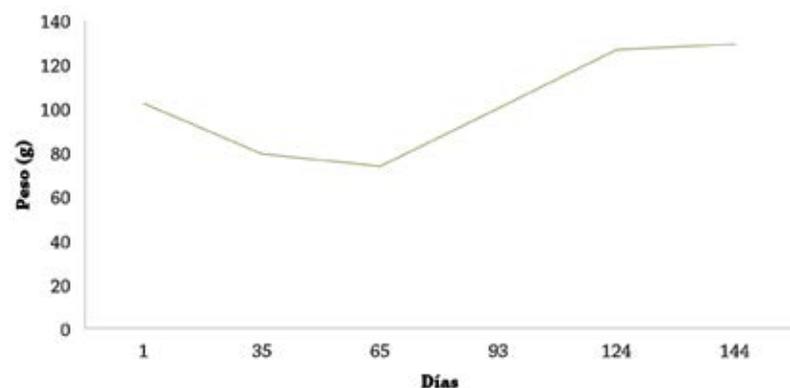


Figura 7. Curva de crecimiento de los individuos de *P. motoro* nacidos en la estación piscícola de la Fundación Orinoquía producto de los ensayos reproductivos; $n=7$.

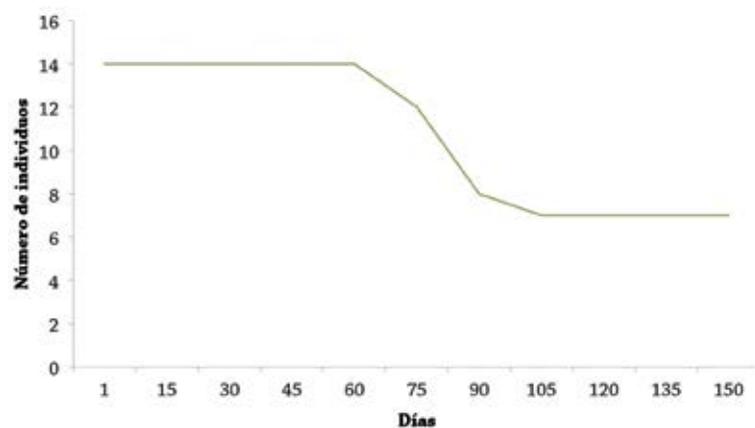


Figura 8. Supervivencia de los individuos de *P. motoro* nacidos en la estación piscícola de la Fundación Orinoquía producto de los ensayos reproductivos.

Los ensayos sobre alimentación con ración comercial de alimento seco no fueron exitosos, por lo que se recomienda hacer ensayos de acostumbramiento a este con mezclas de pescado y concentrado.

La primera alimentación de los neonatos se debe hacer al segundo día de nacido con peces pequeños y de ser posible, camarones, ya que han demostrado mayor preferencia por estos. La alimentación con artemia no es recomendada para este tipo de peces debido a su gran tamaño al nacer.

Las piletas de contención de los individuos deben proporcionar el mayor confort a los ejemplares de manera que se eviten situaciones de estrés que ocasionen enfermedades. El ruido y paso de muchas personas cerca a sus piletas pueden ser factores de estrés, así también como piletas de fondo muy claro puede provocar que algunos ejemplares cambien su coloración característica.

Bibliografía

- 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 de Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia. 152 pp.
- 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. Diazgranados 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, Secretaría Agricultura y Pesca San Andrés Isla, Ministerio de Ambiente,

Vivienda y Desarrollo Territorial, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, Instituto 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, Colombia. 56 pp.

- Lasso, C. A., R. S. Rosa, P. Sanchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt y E. Agudelo-Cordoba (Eds.). 2013. IX. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramerica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Peru, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Hidrobiológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia. 368 pp.
- MADR y FAO. 2014. Colombia: La pesca en Cifras 2014. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Mancera-Rodríguez, N. J. y R. Álvarez-León. 2008. Comercio de peces ornamentales en Colombia. *Acta Biologica Colombiana* 13 (1): 23–52.
- Mojica, J. I., J. S. Usma, R. A. León y C. A. Lasso (Eds.). 2012. Libro rojo de peces dulceacuicolas 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., Colombia. 319 pp.
- Sanabria-Ochoa, A. I., P. Victoria-Daza e I. C. Beltrán (Eds.). 2007. Peces de la Orinoquía Colombiana con énfasis en especies de interés ornamental. Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (INCODER) y Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D. C., Colombia. 425 pp.



17. DIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN DE LAS RAYAS (POTAMOTRYGONIDAE) EN LORETO - PERÚ: ASPECTOS TAXONÓMICOS, ECOLÓGICOS Y PESQUEROS

Hernán Ortega, Homero Sánchez, Max Hidalgo, Nicol Faustino, Silvia Valenzuela y Jessica Espino

Resumen

La familia Potamotrygonidae en Loreto (Perú), es objeto de una pesquería de importancia económica y además poco conocida desde el punto de vista científico. Por lo anterior, se evaluó la riqueza, distribución, aspectos ecológicos, pesqueros y amenazas, en ríos Nanay, Itaya y Amazonas (julio–octubre 2013). Los hábitats acuáticos se describieron limnológicamente. Se examinaron 32 ejemplares de la Colección MUSM, (12–35 cm, ancho-disco), identificándose siete especies de los géneros *Potamotrygon*, *Plesiotrygon* y *Paratrygon*. Se elaboró el mapa de distribución de estas especies y se completó con otras tres especies (*Heliotrygon* y *Potamotrygon*). Los datos de captura y comercio (DIREPRO: 2000–2014) registrarán 428.379 ejemplares (12.000–52.000/año). En el mundo acuarófilo se conoce 101 formas que son aprovechadas, notándose sobrepesca para *Potamotrygon motoro* y *Paratrygon aireba*. Las capturas afectan las poblaciones de Potamotrygonidae, por lo que son necesarios criterios taxonómicos adecuados para registrar las especies. La actualización de información en Perú permitirá apoyar

iniciativas de conservación promovida por Colombia y Bolivia para *P. motoro* y *P. aireba*, según criterios IUCN, y otros de conservación y manejo (CITES). Se concluye que son urgentes los estudios taxonómicos, ampliando cobertura geográfica (posibles formas nuevas); enfatizar aspectos ecológicos de rayas, compartiendo resultados con especialistas de países vecinos para adoptar medidas conjuntas de control, manejo y uso sostenible.

Palabras clave. Amazonia peruana. Comercio. Conservación. Peces. Taxonomía.

Introducción

La familia Potamotrygonidae incluye las rayas exclusivas de aguas continentales. Su amplia distribución se extiende desde Uruguay hasta las Guayanas. Actualmente se conocen 28 especies para América del Sur (Lasso *et al.* 2013, Loboda y Carvalho 2013, Fontenelle *et al.* 2014). En la Amazonia peruana habita en ríos y lagunas en altitudes menores de 400 m y en la última década han tenido una alta demanda como peces ornamentales (Ortega *et al.* 2012), como lo ha demostrado las investigaciones

RAYAS AMAZONIA PERUANA

realizadas principalmente en Loreto (Perú), que muestran una problemática de la actividad pesquera, la notable importancia económica y los evidentes riesgos en la conservación. Adicionalmente, es muy probable que existan formas nuevas, que incluirían géneros y especies en los alrededores de Iquitos, Pucallpa, Contamana, Puerto Maldonado, etc. y/o en ríos fronterizos: Putumayo, Pastaza, Güeppi, Lagartococha, Purús, Tahuamanu Yavarí, Heath y Madre de Dios.

Por otro lado, la información estadística recopilada por la Dirección Regional de Producción (DIREPRO) sobre la extracción y comercio, permite demostrar la importancia económica y la necesidad de establecer criterios adecuados de registros correctos, manejo de datos y ordenamiento de la comercialización de rayas.

De esta forma, el presente estudio describe el estado actual de conocimiento sobre la diversidad, distribución, algunos aspectos ecológicos, caracterización de los hábitats de preferencia y notas sobre la reproducción de las rayas en la Amazonia peruana. Así mismo, se evalúan los aspectos pesqueros, la actividad económica relacionada con la captura, manejo, comercio y problemática de las rayas amazónicas en Loreto. Todo esto con el objeto de evaluar el estado de conservación de las especies para finalmente compartir los resultados que sirvan para adoptar medidas de control, manejo y uso sostenible de este valioso recurso amazónico.

Material y métodos

El área de estudio para la evaluación de campo, corresponde principalmente a los alrededores de Iquitos, provincia de

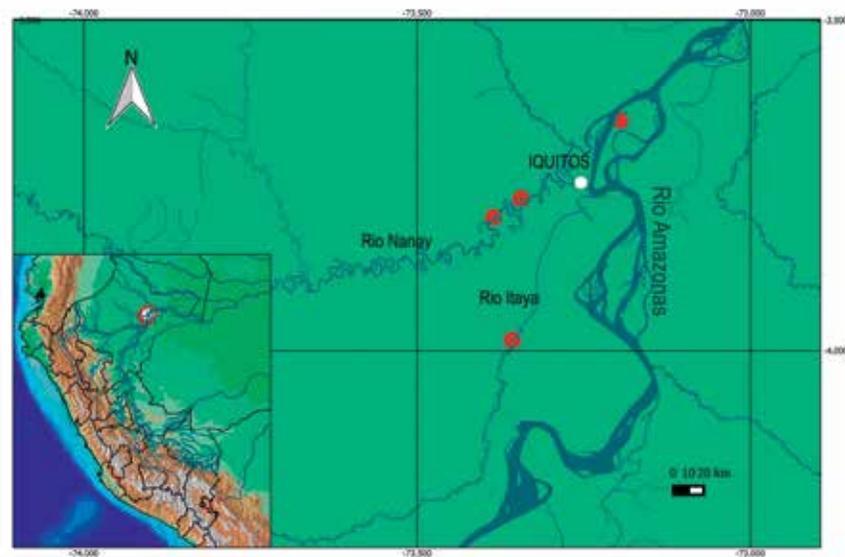


Figura 1. Zonas de muestreo de las rayas en Loreto, PERÚ. Octubre 2013. Río Itaya: 18M 0682382 / 9559441; río Amazonas: 18M 0700484 / 9596209; río Nanay: 18M 0679332 / 9580001, 18M 0683867 / 9583132

Maynas, sector que comprende parte de los ríos Nanay, Itaya y Amazonas en Loreto, Perú (Figura 1).

Los registros de datos descriptivos y las colectas directas de las rayas fueron realizados entre julio y octubre de 2013. El procesamiento de la información estadística y preparación de algunos productos, entre noviembre del 2014 y mayo del 2016. La caracterización limnológica directa realizada en los ambientes acuáticos de los ríos Amazonas, Nanay e Itaya fue importante para conocer los hábitats más frecuentes de las rayas y describirlos desde la tipología de aguas (blancas - negras). Se analizaron los siguientes parámetros: temperatura, pH, conductividad y sólidos

totales disueltos (STD); así como, los componentes particulados del sustrato (limo, arena, etc.). Las mediciones relacionadas comprenden: ancho promedio del cauce, profundidad del punto de muestreo, vegetación de orilla, etc. Los métodos de colectas fueron los que se emplean para la captura de rayas: en los ríos grandes y medianos de la región, redes de arrastre desde dos embarcaciones con el esfuerzo de seis pescadores; en ríos pequeños, con anzuelos en espineles y empleo de invertebrados como carnada.

Para las jornadas de pesca en el río Amazonas se emplearon una red de arrastre de paño alquitranado, de 50 x 6 m de malla menuda (8 mm), con abundante plomo en



Figura 2. Captura de rayas en el río Amazonas, Loreto (Perú): a) tendido de redes; b) recogiendo redes; c) redes recogidas y d) captura de ejemplar de *Plesiotrygon iwamae*. Fotos: H. Sánchez.



H. Ortega

RAYAS AMAZONIA PERUANA



H. Ortega

la línea de fondo. Las dos embarcaciones avanzaron haciendo un rodeo para conducir la red y entre los seis pescadores, tres en cada bote, recogieron lentamente la red hacia uno de los botes (Figura 2). Las repeticiones permitieron estimar el esfuerzo y confirmar las dificultades durante la captura y el manejo de los ejemplares durante el traslado, hasta el confinamiento para su adaptación en los estanques de los acuarios. Los ejemplares obtenidos también forman parte de la Colección Ictiológica MUSM.

Para las estimaciones de la actividad pesquera en torno a las rayas, se analizaron y procesaron los datos registrados por DIREPRO - Loreto en Iquitos y que corresponden a la extracción, comercialización y destino de las rayas de Loreto, obtenidas entre los años 2000 y 2014, inclusive.

La información está reunida principalmente por grupos de especies y acompañada de los nombres comunes, a menudo

comerciales, que incluye palabras en inglés y particularidades morfológicas y de coloración de los ejemplares de las rayas.

Resultados y discusión

Diversidad actual de las rayas en la Amazonia peruana

En la Amazonia peruana, se reconocen actualmente diez especies válidas, reunidas en cuatro géneros: *Heliotrygon*, *Paratrygon*, *Potamotrygon* y *Plesiotrygon* (Lasso et al. 2013). En la tabla 1 se listan las especies y las cuencas hidrográficas donde se distribuyen.

Como resultado del análisis de los datos de la distribución de las rayas, se observa que la mayor información proviene de la región Loreto y particularmente de los ríos Nanay, Amazonas e Itaya y otros tributarios menores. En segundo lugar la región y cuenca de Madre de Dios, seguida por la región Ucayali y en menor medida

Tabla 1. Listado de especies y distribución de las rayas por ríos y cuencas hidrográficas de la Amazonia peruana.

Especies	Ríos y cuencas
<i>Heliotrygon gomesi</i> Carvalho & Lovejoy, 2011	Nanay, Amazonas
<i>Heliotrygon rosai</i> Carvalho & Lovejoy, 2012	Nanay, Amazonas
<i>Paratrygon aiereba</i> (Muller & Henle, 1841)	Amazonas, Ucayali, Madre de Dios; Amazonas
<i>Plesiotrygon iwamae</i> Rosa, Castello & Thorson, 1987	Amazonas, Amazonas
<i>Plesiotrygon nana</i> Carvalho & Ragno, 2011	Nanay, Amazonas
<i>Potamotrygon falkneri</i> Castex & Maciel, 1963	Ucayali, Amazonas, Urubamba, Tambopata, Madre de Dios; Amazonas
<i>Potamotrygon motoro</i> (Muller & Henle, 1841)	Amazonas, Huallaga, Madre de Dios; Amazonas
<i>Potamotrygon orbignyi</i> (Castelnau, 1855)	Ucayali, Nanay y Mazán; Amazonas
<i>Potamotrygon tataniae</i> Silva & Carvalho, 2011	Madre de Dios; Madeira
<i>Potamotrygon tigrina</i> Carvalho, Sabaj-Perez & Lovejoy, 2011	Nanay, Amazonas

las de San Martín y Amazonas (Figura 3). No obstante, todavía existen grandes vacíos de información.

Por otra parte, el análisis de las nominaciones en los registros de captura, comercio y procedencia, muestran una gran

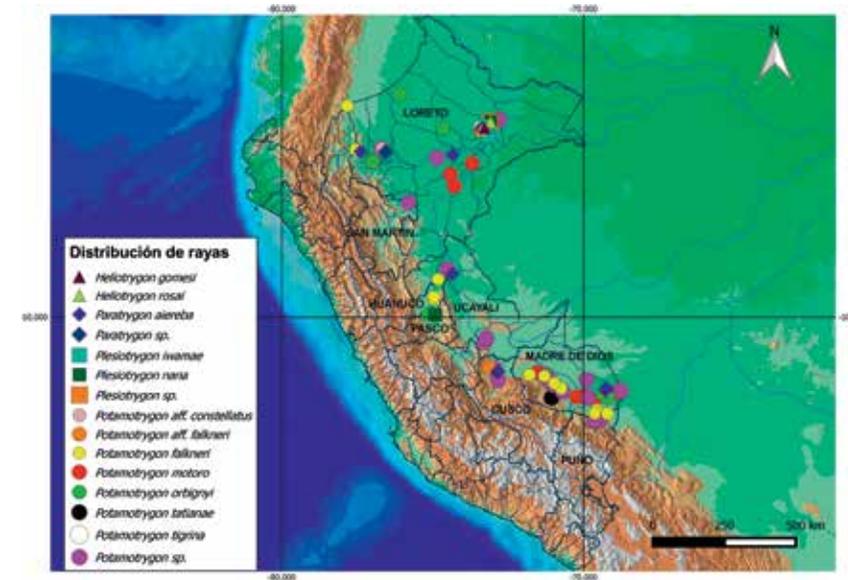


Figura 3. Distribución de las especies de rayas (Potamotrygonidae) por departamentos en la Amazonia peruana.

Tabla 2. Nombres científicos y comunes asociados para las rayas en el Perú.

Especies válidas	Nombres comunes / comerciales
<i>Heliotrygon gomesi</i>	Raya china
<i>Heliotrygon rosai</i>	Raya coli, raya colly, raya coly, raya collie
<i>Paratrygon aiereba</i>	Raya ceja, raya manzana, raya pineapple, raya manta
<i>Plesiotrygon iwamae</i>	Raya antena
<i>Plesiotrygon nana</i>	Raya antena enana
<i>Potamotrygon falkneri</i>	Raya otorongo, raya tigre, raya tigrillo, raya estrella
<i>Potamotrygon motoro</i>	Raya común, raya motoro, raya motora
<i>Potamotrygon orbignyi</i>	Raya motelo, raya tigrina, raya pintada
<i>Potamotrygon tataniae</i>	Raya
<i>Potamotrygon tigrina</i>	Raya tigre, raya tigrina



H. Ortega



Figura 4. Especies de rayas (Potamotrygonidae) registradas en la Amazonia peruana: a) *Heliotrygon gomesi*, río Nanay; b) *Heliotrygon rosai*; c) *Paratrygon aiereba*, río Ucayali, Pucallpa; d) *Plesiotrygon iwamae*; e) *Plesiotrygon nana*, río Amazonas, Maynas, Loreto; f) *Potamotrygon falkneri*. Fotos: Carvalho y Lovejoy (2011) (a, b), E. Pareja (c, e, f.); H. Sánchez (d).

Figura 4. Especies de rayas (Potamotrygonidae) registradas en la Amazonia peruana: g) *Potamotrygon motoro*; h) *Potamotrygon orbignyi*; i) *Potamotrygon tatiana*; j) *Potamotrygon tigrina*, río Nanay. Fotos: J. Espino (g), E. Pareja (j); M. Hidalgo (h); Silva y Carvalho (2011) (i).

disparidad en cuanto al uso de nombres científicos, que corresponde a las asignaciones específicas reales. En ese sentido, en la tabla 2 se listan las especies con los nombres científicos y comerciales o comunes, apropiados. En la figura 4 se muestran ejemplares de algunas de las especies.

Descripción de los ambientes acuáticos de las rayas en Loreto

Por lo general, las rayas frecuentan los ambientes lóticos y lénticos de la Amazonia peruana en altitudes menores de 500 m s.n.m. Son comunes en las playas o zonas ribereñas que presentan fondo suave,

RAYAS AMAZONIA PERUANA



H. Ortega

principalmente de arena con limo, arcilla y también con material vegetal, como la hojarasca (Figura 5).

En otras latitudes y en mayores altitudes (300–400 m s.n.m.) de la Amazonia peruana, se observan otros componentes del sustrato, como canto rodado, grava, arena y hojarasca. Este es el caso de los ríos Camisea, Cashiriari, en el bajo Urubamba o en los ríos Tambopata, Candamo, Alto Madre de Dios y Las Piedras en Madre de Dios.

Los ríos Itaya y Amazonas son típicos de aguas blancas, mientras que el río Nanay presenta aguas claras. El sustrato generalizado es de arena y limo en algunas secciones cerca de la orilla. Los detalles de la

caracterización de los ambientes acuáticos se muestran en la tabla 3.

Notas ecológicas sobre las rayas en la Amazonia peruana

Las colectas realizadas en el río Manu, en Madre de Dios (agosto 2014), documentó el aborto de seis crías de *Potamotrygon motoro*. Luego del evento, la raya adulta y cuatro crías fueron liberadas.

Captura y comercio de rayas

Los registros acumulados por la DIREPRO, incluyen cifras de capturas, mortalidad y destino final, entre el 2000 y 2014. Las cifras arrojan para los 15 años, un total de 425.293 ejemplares o unidades comercializadas. Separados por especies o grupos de especies, se destaca como dominante la

Tabla 3. Características descriptivas de los hábitats acuáticos evaluados en Loreto, Perú (octubre 2013).

Datos descriptivos	Río Itaya	Río Amazonas	Río Nanay	
Comunidad / Locación	Caserío Soledad	Orillas Padre Isla	Shansho	Suni
Provincia / Departamento	Maynas / Loreto	Maynas / Loreto	Maynas / Loreto	Maynas / Loreto
Coordenadas WGS 84(UTM)	18M 0682382 / 9559441	18M 0700484 / 9596209	18M 0679332 / 9580001	18M 0683867 / 9583132
Altitud (m s.n.m.)	170	90	100	98
Fecha	21-22/10/2013	30/10/2013	10/10/2013	12/10/2013
Hora de Inicio /	17:15	09:00	08:00	08:00
Hora Final /	08:00	16:00	15:00	17:00
Tipo de ambiente acuático	lótico	lótico	lótico	lótico
Amplitud de cauce (m)	30	600	70	80
Profundidad (m)	1 a 3	2 a 15	1 a 2	1 a 5
Tipo de agua	clara (mixta)	blanca	negra	negra
Color aparente	verde (claro)	marrón	té oscuro	té oscuro
Transparencia (cm)	30	10	60	60
Orillas (amplitud / vegetación)	estrecha	amplia	amplia	amplia
	protegida	descubierta	descubierta	descubierta
Substrato (%)	limo (10%) y arena (90%)	limo (10%) y arena (90%)	limo (10%) y arena (90%)	limo (10%) y arena (90%)
Temp. ambiente (°C)	35,2	29,5	30	32
Temp. agua (°C)	31,5	27	28	29
pH (UPH)	5,6	8,2	4,65	5,1
Conductividad (µS/cm)	7,8	189,6	3,8	3,5
TDS (ppm)	5,6	122	7,3	6,5
Salinidad (ppm)	17,1	19	15,5	15,3
Especies capturadas	No rayas, otras especies	<i>Plesiotrygon iwamae</i> , <i>Potamotrygon motoro</i>	No rayas, otras especies	<i>Potamotrygon tigrina</i> , <i>Paratrygon aereba</i>



Figura 5. Ambientes donde se distribuyen las rayas de Loreto (Perú). a) Río Nanay, b) río Amazonas, c) río Itaya, d) río Mazán. Fotos: H. Sánchez (a-c), M. Hidalgo (d).

RAYAS AMAZONIA PERUANA



H. Ortega

raya común o raya motora (*Potamotrygon motoro*), que es la especie más comercializada, conformando entre el 75 y 96% del total de rayas registradas anualmente. El resto de las especies se encuentran entre el 4 y 25% del total de ejemplares registrados. Otro elemento que a resaltar, es que desde el 2000 hasta el 2008 las cifras de capturas fueron en incremento constante llegando al máximo con 51.000 ejemplares. A partir del 2009 el número rayas fue disminuyendo notablemente hasta el 2014 (Tabla 4, Figura 6).

Por otro lado, considerando el registro total de unidades o ejemplares de rayas y las cifras de exportación (US dólares), se observa que fueron mayores entre los

años 2004 y 2009, superando los 30 mil ejemplares y el ingreso de US dólares entre 350 y 585 mil por año (Tabla 5). La actividad implica la exportación de decenas de miles de unidades y ha experimentado una tendencia a la baja (Tabla 5, Figura 7).

Poblaciones, abundancia y precios

En relación a las rayas amazónicas no existen evaluaciones poblacionales o estimaciones de abundancia, la única referencia relacionada es el hecho de que los pescadores involucrados demoran más tiempo en las jornadas de capturas, porque deben alejarse más para localizar y obtener el mismo número o menos ejemplares para

Tabla 4. Resumen de la captura y comercialización de *Potamotrygon motoro* según datos estadísticos de DIREPRO (Loreto). Periodo: 2000 y 2014.

Años	Unidades de <i>P. motoro</i>	Número total de rayas	% (<i>P. motoro</i>)
2000	9.600	12.800	75
2001	13.000	15.000	86,6
2002	17.000	20.000	85
2003	21.000	25.000	84
2004	28.000	35.000	80
2005	30.000	34.000	88,2
2006	32.000	39.000	82
2007	36.000	42.000	85,7
2008	45.000	51.000	88,3
2009	36.000	40.000	90
2010	28.030	29.664	94,6
2011	23.181	24.244	95,6
2012	23.145	24.052	96,2
2013	21.504	22.311	96,4
2014	13.495	14.308	94,3
Totales	376.995	428.379	88

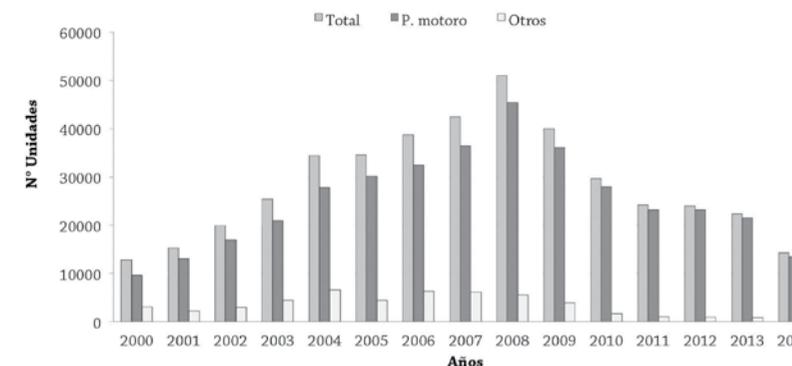


Figura 6. Registro anual de capturas de rayas y cifras atribuidas a *Potamotrygon motoro* entre 2000 y 2014.

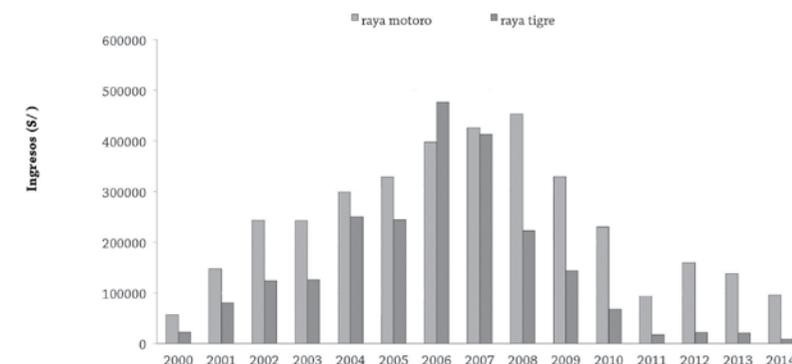


Figura 7. Ingresos (USA dólar) generados por comercio de raya motora (*P. motoro*) y raya tigre (*P. tigrina*). Periodo: 2000-2014. DIREPRO-LORETO, PERÚ.

el sostenimiento del comercio de peces ornamentales.

Los precios por unidad o ejemplar varían de acuerdo a las especies, las más caras son aquellas más raras y/o nuevas. Puede variar, de cuatro a 200 US dólares, dependiendo si se trata de la raya común o la raya tigre.

Experimentos, aspectos ecológicos, conservación y perspectivas

El Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP) desarrolló una experiencia de reproducción en cautiverio considerando tres especies diferentes. Fue cuidadosa la selección de los reproductores, la calidad del agua y el manejo

RAYAS AMAZONIA PERUANA



H. Ortega

Tabla 5. Resumen de la extracción y comercialización de la rayas amazónicas en Loreto. Datos obtenidos por DIREPRO, Iquitos. Periodo: 2000-2014.

Años	Nombres comunes	Especies probables	Unidades capturadas	Unidades exportadas	Valor USD
2000	17	6	12.798	10.154	72.991
2001	29	5	15.305	12.23	98.049
2002	33	6	19.443	16.993	189.763
2003	29	7	24.405	22.767	270.275
2004	32	7	34.441	30.593	403.558
2005	30	4	34.591	31.177	385.654
2006	51	6	38.769	33.499	497.649
2007	44	3	42.513	39.258	585.331
2008	46	8	51.050	49.286	473.914
2009	35	8	39.977	39.668	357.403
2010	29	7	29.664	29.567	243.457
2011	25	5	24.229	24.062	166.419
2012	19	6	23.145	22.989	53.224
2013	15	5	21.504	21.112	45.933
2014	12	5	13.459	13.104	31.89
15	100	21	425.293	396.459	3.875.511

de los peces. Al final, fue un éxito parcial, se lograron resultados positivos en dos de cuatro parejas de rayas del género *Potamotrygon* (IIAP-FINCYT 2010).

Es necesaria la investigación básica cooperativa; primero para el descubrimiento de posibles especies nuevas y segundo, sobre la biología de las especies de rayas de aquellas más comercializadas. Sobre existe una excesiva demanda que motiva la captura intensiva e incluye sub adultos y juveniles; se conoce que la mortalidad registrada es preocupante (aprox. 40%).

Es importante establecer un ordenamiento en la pesquería de rayas. Este debe

comenzar por los registros adecuados de las capturas y comercialización, lo cual significa una tarea de capacitación para el conocimiento de las principales especies. Basado en la gran importancia económica que representa, es urgente la preparación de manuales ilustrados, para incentivar el reconocimiento de formas nuevas.

Es necesario generar interés en acuicultura y estudios sobre la genética de las especies más comercializadas dirigidas a la conservación de las rayas amazónicas. Finalmente, es necesario adoptar medidas de uso sostenible de este importante recurso que es compartido con los países amazónicos.

Bibliografía

- Carvalho, M. R. y M. P. Ragno. 2011. An unusual, dwarf new species of Neotropical freshwater stingray, *Plesioptrygon nana*, sp. nov., from the upper and mid Amazon basin: the second species of *Plesioptrygon* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). *Papéis Avulsos de Zoologia* 51 (7): 101-138.
- Carvalho, M. R., M. H. Sabaj y N. R. Lovejoy. 2011. *Potamotrygon tigrina*, a new species of freshwater stingray from the upper Amazon basin, closely related to *Potamotrygon schroederi* Fernandez-Yépez, 1958 (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). *Zootaxa* 2827: 1-30.
- Da Silva, J. P. C. B. y M. R. De Carvalho. 2011. A new species of Neotropical freshwater stingray of the genus *Potamotrygon* Garman, 1877 from the Río Madre de Dios, Peru (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). *Papéis Avulsos de Zoologia* 51 (8): 139-154.
- Fontenelle, J. P. 2013. Revisão taxonômica do complexo *Potamotrygon scobina* Garman, 1913 (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Potamotrygonidae), com inferências biogeográficas. Unpublished Master's Dissertation, Universidade de São Paulo, São Paulo. 225 pp.
- IIAP-Fincyt-Acuario. 2010. Manual de reproducción de rayas (Potamotrygonidae) en la Amazonía peruana. Región Loreto. 36 pp.
- Lasso, C. A., R. S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt y E. Agudelo-Córdova (Eds.). 2013. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D.C., Colombia. 368 pp.
- Loboda, T. S. y M. R. Carvalho. 2013. Systematic revision of the *Potamotrygon motoro* (Müller & Henle, 1841) species complex in the Paraná-Paraguay basin, with description of two new ocellated species (Chondrichthyes: Myliobatiformes: Potamotrygonidae). *Neotropical Ichthyology* 11 (4): 693-737.
- Ortega, H., M. Hidalgo, G. Trevejo, E. Correa, A. M. Cortijo, V. Meza y J. Espino. 2012. Lista anotada de los peces de aguas continentales del Perú. Segunda Edición. Ministerio del Ambiente - Museo de Historia Natural. Lima, Perú. 56 pp.



18. MARCO NORMATIVO Y COMERCIO DE LAS RAYAS DE AGUA DULCE (FAMILIA POTAMOTRYGONIDAE) EN ARGENTINA, PARAGUAY Y URUGUAY Y NUEVAS CONSIDERACIONES SOBRE CITES

María Piedad Baptiste E. y Paula Sánchez-Duarte

Resumen

Complementando la información generada anteriormente (2013) sobre el marco normativo y comercialización de rayas de agua dulce en Suramérica, se presenta un resumen de las leyes que rigen en Argentina, Paraguay y Uruguay, así como la evolución que ha tenido la propuesta de uso comercial de las especies de rayas de agua dulce en el marco de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre -CITES- desde 2008 hasta 2016. Se destaca la inclusión de ocho especies de rayas de agua dulce distribuidas en Colombia y todo el género *Potamotrygon* de Brasil en el Apéndice III de CITES, lo que conlleva una gran responsabilidad en la articulación interinstitucional y la generación de conocimiento tanto bioecológico como comercial de las especies.

Palabras clave. Comercio internacional. Conferencia de las partes. Países de distribución. Peces ornamentales. Uso sustentable.

Introducción

Las rayas de agua dulce son objeto de varias presiones entre las que se incluyen

el uso alimenticio y medicinal no sostenible, las pesquerías negativas a consecuencia de actividades como el ecoturismo y principalmente el comercio ornamental (Lasso *et. al.* 2013a). Estos aspectos relativos al uso, comercio e incluso el tráfico de las especies están muy relacionadas con los marcos regulatorios, la articulación interinstitucional al interior de los países en donde se distribuyen e incluso en el ámbito internacional.

Los niveles de explotación de algunos animales y plantas son elevados y su comercio, junto con otros factores, como la destrucción del hábitat, son capaces de mermar considerablemente sus poblaciones e incluso hacer que algunas especies estén al borde de la extinción. La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre-CITES, es un acuerdo internacional concertado entre los gobiernos (182 países parte) que tiene por finalidad velar por que el comercio internacional de especímenes de animales y plantas silvestres no constituya una amenaza para su supervivencia (CITES 2016a).

CONSERVACIÓN



MARCO NORMATIVO

La CITES somete el comercio internacional a unos controles específicos y las especies están amparadas en tres apéndices con diferente grado de restricción (para mayor detalle consultar la página oficial de CITES <https://cites.org/esp/disc/how.php>).

Este capítulo complementa la información descrita en el capítulo 7 del volumen I del libro Rayas de agua dulce de Suramérica (Sánchez-Duarte *et al.* 2013), resumiendo los principales marcos regulatorios nacionales en Argentina, Paraguay y Uruguay y también presenta una recopilación de las acciones relativas al comercio internacional en el contexto de CITES entre 2008 a 2016, la evolución, logros y nuevos retos en la Conferencia de las Partes (reunión de los países parte de la Convención) de CITES CoP16 y CoP17.

Marco normativo y comercio en Argentina, Paraguay y Uruguay

Argentina

En la República Argentina rige la Ley Nacional 24922 referente al Régimen Federal de Pesca del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Esta ley

fue el primer intento legislativo de reunir en una sola norma legal los distintos elementos referidos a la explotación de los recursos pesqueros (Cepparo *et al.* sin fecha). Sin embargo, dicha ley no incluye las aguas continentales del país.

En relación con la exportación de peces ornamentales, la Dirección de Acuicultura dependiente de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos - SAGPyA, es la que autoriza las importaciones y/o exportaciones (Resolución 1314/04), respecto del tráfico de organismos acuáticos ornamentales, con diligenciamiento inmediato de los certificados otorgados, a través del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) y la Aduana Nacional. Facilitan así a los permisionarios, en sintonía con la realidad, los trámites a efectuar, sean cultivadores, extractores, intermediarios o comerciantes (Panné-Huidobro y Luchini 2008). En términos de comercialización, en el 2007 Argentina reportó cerca de 343.000 unidades de peces ornamentales exportados, pertenecientes a unos 100 géneros, de unas 32 familias y 12 órdenes. Los mismos provienen tanto de cultivo como

de captura de ambientes naturales. Entre las familias se encuentran las rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) y en particular el género *Potamotrygon*, pero no se especifica el epíteto de la especie (*Potamotrygon* spp) (Panné-Huidobro y Luchini op. cit.). Sin embargo, cabe anotar que la exportación de estas especies no se considera importante para el país y se encuentra en la categoría de otros, tanto para familias (incluida en el 2,76 %), como para géneros (incluida en el 21,16 %). Algunos de los reportes sobre exportaciones reflejan tres especies (Tabla 1) (Chiaramonte en CITES 2015).

Paraguay

Para la República del Paraguay la ley No. 3556 de 2008 de Pesca y Acuicultura es la que regula la pesca, acuicultura y las actividades conexas a las mismas, en cuerpos de aguas naturales, modificados y estanques que se encuentran bajo dominio público o privado. En el capítulo VIII referente a la acuicultura, el artículo 26d menciona que la acuicultura comercial ornamental es aquella que trata de las crías en cautiverio de especies ornamentales autóctonas o exóticas. Estas últimas debidamente autorizadas por la autoridad de aplicación. Pese a tener este marco regulatorio que

incluye temas de acuicultura, las exportaciones de peces vivos del país representan un porcentaje ínfimo, con apenas el 0,1 % (Tabla 2). Será sancionada la exportación comercial de peces de especies autóctonas, a excepción de las provenientes de la acuicultura y actividades productivas.

Bajo este contexto, las especies de rayas de agua dulce son escasamente utilizadas en las pesquerías comerciales, su uso se restringe a la pesca artesanal de subsistencia y a la pesca deportiva. Las especies no se encuentran dentro del listado de productos para el comercio y el uso de estas en la acuariofilia es muy escaso. La pesca de rayas sucede usualmente por capturas incidentales (bycatch), no siendo el foco principal de las intenciones de captura (Mandelburger 2014), por lo que no hay registros detallados o reportes sobre exportaciones.

Uruguay

En la República Oriental del Uruguay, la Dirección Nacional de Recursos Acuáticos (DINARA), perteneciente al Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, es quien define y ejecuta la política pesquera y acuícola del gobierno nacional. En la Ley No. 19175 se declaran de interés general



M. A. Morales-B.

Tabla 1. Especies, año y unidades de rayas de agua dulce exportadas desde Argentina.

Especie	Año	Unidades
<i>Potamotrygon motoro</i>	2004	76
	2005	53
	2008	3
	2013	3
<i>Potamotrygon brachyura</i>	2013	12
<i>Potamotrygon falkneri</i>	2013	18

Tabla 2. Exportaciones de peces desde Paraguay hacia el mundo. Años 2010-2015 (US\$). Fuente: Tomado de URUGUAY XXI (2016) con base en los datos de Trade Map.

Descripción	Año					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Peces vivos; peces ornamentales	19.000	14.000	0	0	0	0
Peces vivos; peces ornamentales; de agua dulce	0	0	15.000	14.000	14.000	12.000
Peces vivos; los demás	0	0	0	1.000	0	0

MARCO NORMATIVO

la conservación, investigación, desarrollo sostenible y el aprovechamiento responsable de los recursos hidrobiológicos y los ecosistemas que los contienen, y es donde se reconoce que la pesca y la acuicultura son actividades que fortalecen la soberanía territorial y alimentaria de la nación.

En esta ley no se hace referencia específica a la pesca ornamental, sin embargo, esta es una actividad que se ha desarrollado en el país a nivel privado y está formada por pequeños productores a escala artesanal. Así, se pueden reconocer tres grupos de peces ornamentales: a) peces exóticos tropicales, de los cuales se crían 16 especies; b) peces exóticos de clima templado y c) peces autóctonos, que en este momento solamente se crían a nivel de aficionado, pero no tienen fines comerciales. Los peces autóctonos comercializados son capturados del medio natural (Uruguay - Plan nacional de desarrollo de la acuicultura 2008).

En cuanto a los mercados, se pueden definir un mercado interno, que es relativamente pequeño (500.000 peces/año conformados por unos 300.000 exóticos de clima templado, unos 280.000 exóticos tropicales y unos 20.000 autóctonos), un mercado regional (fundamentalmente con Brasil y en menor medida con Argentina), que puede captar tanto exóticos de clima templado como exóticos tropicales, y un mercado internacional, con exportaciones a Estado Unidos, Europa y Japón, que captarían fundamentalmente peces autóctonos (Uruguay - Plan nacional de desarrollo de la acuicultura *op. cit.*). Sin embargo, las especies de rayas de agua dulce no hacen parte de los peces autóctonos comercializados.

Comercio Internacional: Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres-CITES

En el marco de CITES la discusión sobre los volúmenes de extracción de las rayas de agua dulce se ha dado desde el 2008 (Sánchez-Duarte *et al.* 2013) (Figura 1).

El tema recobró mayor fuerza desde el 2013, durante la Conferencia de las partes (CoP16) en la cual tras haber presentado dos propuestas de enmienda (ver línea de tiempo) y no ser aprobadas, se adoptaron una serie de decisiones 16.130 a 16.135, dirigidas tanto a la Secretaría, al Comité de Fauna y a los países de distribución natural y que establecieron:

Dirigida a la Secretaría

16.130. La Secretaría deberá solicitar mediante notificación a los Estados del área de distribución de las rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) que informen sobre el estado de conservación, la gestión y el comercio nacional e internacional.

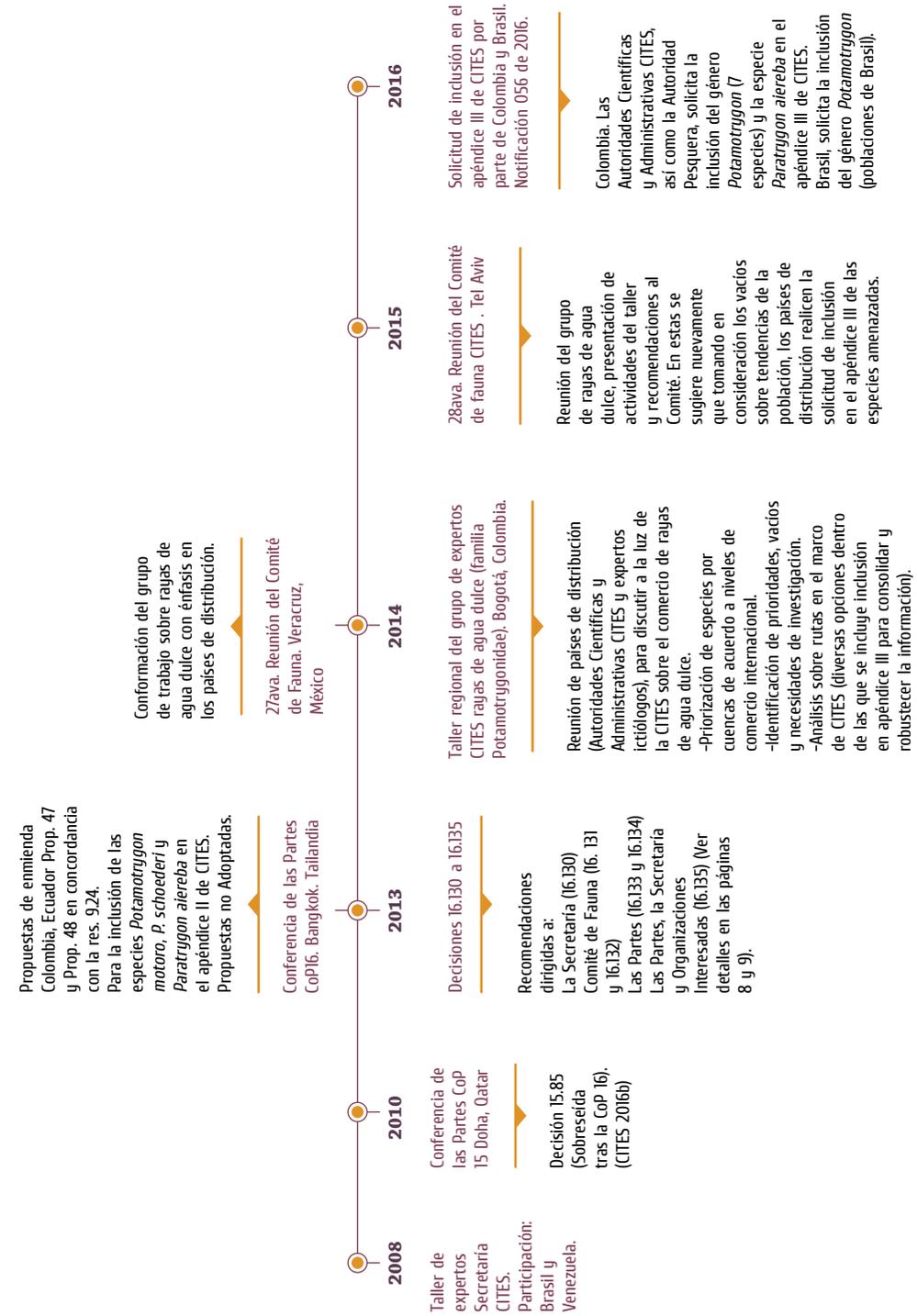
Dirigida al Comité de Fauna

16.131. El Comité de Fauna deberá establecer un grupo de trabajo con los Estados del área de distribución de las rayas de agua dulce con el objeto de evaluar y priorizar la pertinencia de incluir especies en el Apéndice II de la CITES.

16.132. El Comité de Fauna deberá considerar la información provista sobre rayas de agua dulce de acuerdo a lo solicitado bajo la Decisión 16.130; e:

- a) identificar las especies de mayor preocupación, incluyendo aquellas que cumplan con los criterios de inclusión de Apéndice II de la Convención;

Figura 1. Resumen de las principales acciones desarrolladas en torno a la familia Potamotrygonidae en el marco de CITES.



M. A. Morales-B.



MARCO NORMATIVO

- b) formular recomendaciones específicas a los Estados del área de distribución de las rayas de agua dulce; y
- c) presentar un informe a la 17ª reunión de la Conferencia de las Partes sobre los progresos realizados por el grupo de trabajo, con sus recomendaciones y conclusiones.

Dirigida a las Partes

16.133. Se alienta a los Estados del área de distribución de las rayas de agua dulce a proporcionar información al Grupo de trabajo, al Comité de Fauna y a la Secretaría, con arreglo a lo previsto en la decisión 16.130.

16.134. Se alienta a los Estados del área de distribución a colaborar en el desarrollo y la aplicación de programas de investigación y monitoreo para apoyar la evaluación del estado de conservación y amenazas de las poblaciones de rayas de agua dulce en su área de distribución natural.

Dirigida a las Partes, la Secretaría y las organizaciones interesadas

16.135. Sujeto a la disponibilidad de fondos externos, las Partes, la Secretaría de la CITES y otras organizaciones interesadas deberán buscar mecanismos para intercambiar información sobre comercio, conservación y manejo de las especies de rayas de agua dulce mediante la organización de talleres regionales, entre otras actividades.

En cumplimiento con las decisiones 16.131 y 16.132, la Autoridad Científica de Colombia (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt) participó en la vigésimo octava reunión del comité de Fauna. En esta se incluyó como uno de los puntos de agenda y grupos de trabajo el de la conservación de especies de rayas de agua dulce.

Dicho grupo estuvo conformado por los países de distribución asistentes: Brasil, Colombia y Perú y otros países como Canadá y Estados Unidos, el representante ante el comité de Fauna Marcel Calvar de Uruguay y las ONG Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), Defenders of Wildlife, Humane Society International, Ornamental Fish International, Red de Supervivencia de Especies, TRAFFIC Internacional y Wildlife Conservation Society.

Posterior a esto y como resultado de la vigesimoséptima Reunión del Comité de Fauna en 2014 (CITES 2014), se conformó el grupo de trabajo de rayas de agua dulce, en el cual se definió como primera tarea concertar un espacio de discusión para abordar la Decisión 16.132 Conf. 16. (CoP16).

Con el apoyo de la OTCA y su Secretaria Permanente se propició un dialogo de especialistas de la región en materia de rayas de agua dulce y fue así como con el apoyo técnico del Programa Regional Amazonia (BMZ/DGIS/GIZ) – PRA y las ONG Humane Society International y Defenders of Wildlife, se realizó el “Taller regional de expertos de rayas de agua dulce (familia Potamotrygonidae) grupo CITES” en la ciudad de Bogotá entre el 28 y 29 de octubre de 2014.

La síntesis de las actividades desarrolladas en el grupo de trabajo que se presentan a continuación se elaboró a partir de los informes desarrollados por Machado-Allison (2014) y CITES (2015).

El objetivo del taller fue compilar y analizar información relativa al comercio y estado de conservación de las rayas de agua dulce de Suramérica, a fin de identificar cuáles



Figura 2. Participantes del Taller regional de expertos de rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) grupo CITES. Bogotá-Colombia.

son las especies de mayor preocupación dado el comercio internacional.

Asistieron representantes de los siguientes países de distribución: Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela (Figura 2), no asistieron delegados de Surinam y Guyana.

En la primera parte del taller, para tener un panorama general, cada representante hizo una presentación sobre el estado del conocimiento de las rayas de agua dulce de su país. A continuación, se dividieron a los asistentes en mesas de trabajo según la distribución de las especies y se les pidió integrar la información relacionada con la resolución 9.24 (Tabla 3), que fue diseñada con la finalidad de tener los elementos necesarios para la discusión e identificación de prioridades.

Posterior a la discusión sobre la información integrada en la matriz, cada mesa de trabajo priorizó las especies (Tabla 4).

Discusión**Especies**

En el taller se analizaron y evaluaron total o parcialmente 29 especies de rayas de agua dulce. La mayor diversidad fue registrada en la cuenca del Amazonas. Las rayas *P. motoro*, *P. orbignyi*, *P. schroederi* y *P. aiereba* son ampliamente conocidas y explotadas comercialmente (ornamental y consumo) en varios países. Algunas de estas han sido reproducidas en cautiverio en Asia y en Colombia (Franco-Rojas y Peláez-Rodríguez 2013). Por otro lado, *P. magadalenae* es la principal especie exportada desde Colombia y los datos disponibles sobre sus poblaciones no parecen mostrar problemas con su comercialización (Lasso *et al.* 2013b).

Para Brasil es crítico el tema de las especies no descritas y en eso radica su interés de incluir todo el género, ya que no hay información sobre lo que puede estar pasando con éstas especies.



M. A. Morales-B.



M. A. Morales-B.

MARCO NORMATIVO

Tabla 3. Información solicitada para cada especie, a cada país de distribución de las rayas de agua dulce de Suramérica.

Especie	
Biogeografía	Distribución
Biología y taxonomía de las especies	Estatus taxonómico
	Estructura de la población
	Reproducción / fecundidad
	Alimentación
Amenazas	Directas / indirectas
Tendencias	Fragilidad del hábitat
	Fragilidad de la especie
	Estado de conservación del hábitat
Tendencias de manejo y uso	Ordenación pesquera
	Comercio ornamental
	Instrumentos jurídicos
	Planes nacionales
	Registro estandarizado
Usos sociales	Valor cultural
	Médico / farmacéutico
	Alimento
Comercial	Ornamental

Priorización de las especies

Se discutieron tres alternativas bajo el contexto de CITES: 1) mantener la propuesta original presentada por Colombia, pero fortalecida con mayor información y en esta ocasión apoyada por los países participantes en el Taller; 2) hacer una nueva propuesta de incluir a todo el género *Potamotrygon*; o 3) hacer una nueva propuesta de incluir a toda la familia Potamotrygonidae.

Aunque se definió una lista de especies de mayor preocupación, la problemática en la identificación taxonómica (principalmente especies de amplia distribución o

las endémicas de la cuenca del Amazonas), se considera importante solicitar a la Secretaría apoyo para el estudio de estas especies.

Cuotas de exportación, vigilancia y comercio ilegal

Colombia es posiblemente el único país de la región que posee información histórica sobre la explotación de las especies de raya de agua dulce en el comercio de especies ornamentales (Sánchez-Duarte et al. 2013). Venezuela tiene información parcial sobre la explotación para consumo (Barbarino y Lasso 2005, 2009). A pesar de que la Autoridad Nacional de Acuicultura

Tabla 4. Conformación de las mesas de trabajo y especies priorizadas.

Mesa	Cuencas	Países	Especies priorizadas
1	Orinoco, Magdalena-Cauca, Maracaibo áreas del Caribe	Colombia, Venezuela	<i>Potamotrygon motoro</i> (cuenca Orinoco), <i>Potamotrygon schroederi</i> , <i>Paratrygon aiereba</i>
2	Amazonas	Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú	<i>Potamotrygon motoro</i> (cuenca Amazonas), <i>Potamotrygon schroederi</i> , <i>Paratrygon aiereba</i> , <i>Potamotrygon leopoldi</i>
3	Paraná-Paraguay	Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay Uruguay	<i>Potamotrygon brachyura</i> , <i>Potamotrygon motoro</i>

y Pesca-AUNAP en Colombia regula la actividad de exportación de rayas de agua dulce, con una cuota de 23.000 unidades por año (Resolución 301 del 2011), cuota dada sin el aval técnico debido a que la falta de información ha sido la excusa para no endurecer la ley, sin tener en cuenta la actual presión que es muy fuerte sobre las rayas ornamentales.

En Colombia la Policía Ambiental es quien hace control en las regiones, sin embargo, no tiene la capacidad o experticia en la identificación de las diferentes especies de rayas y también afecta el control la alta movilidad y rotación del personal. Adicionalmente, los acopiadores reportan cifras diferentes a las de la autoridad pesquera. En Perú, uno de los grandes problemas es que la lista de especies de rayas con fines de comercio ornamental incluye cerca de 100 nombres distintos. Los datos de exportación son de 12.000 a 50.000 individuos al año, son dudosos. Es muy posible que las capturas hayan sido mucho mayores ya que en esta cifra no se tiene en

cuenta la mortalidad antes de la exportación. Por otro lado, es necesario tratar de determinar el origen de los individuos que se están utilizando en las exportaciones ya que pueden provenir de Brasil, Ecuador o el mismo Perú.

Finalmente, es necesario indicar que las pesquerías de rayas se comportan de manera diferente a la de otros peces, se capturan los juveniles y quedan los adultos, que se pueden seguir reproduciendo (Lasso com. pers.). Sin embargo, puede ser que no haya reclutamiento, lo que disminuirá eventualmente la capacidad de la población.

Metodología para generar información sobre tendencias poblacionales

Buscando implementar una metodología estandarizada se propone: 1) realizar estudios tipo Rap's (Proceso de Evaluación Rápido) o algún otro que se haya sido aplicado para estudios poblacionales de tiburones y rayas marinas en otros países; 2) utilizar tecnología de percepción

MARCO NORMATIVO

remota (RAD); 3) tomar como ejemplo la experiencia del SEPEC (Servicio Estadístico Pesquero Colombiano) y el POPC (Programa de Observadores Pesqueros Colombia) en Colombia, los cuales son los encargados de las estadísticas de desembarco y el monitoreo a bordo de la pesca en el país.

Así mismo, se plantea desarrollar un modelo matemático utilizado en especies marinas con el cual se pueda estimar el estado de la población y que sea aplicable a rayas de agua dulce.

Los resultados del taller de expertos se presentaron en 2015 en el marco de la vigésimo octava reunión del Comité de Fauna (AC 28 Com. 2), donde se conformó nuevamente un grupo de trabajo que tuvo como mandato discutir dos tareas: 1) examinar la información del taller de expertos de 2014 y considerar y aconsejar al Comité de Fauna de qué manera el grupo de trabajo debería completar la tarea sobre estas decisiones, e inclusive las opciones para la posible inclusión de las rayas de agua dulce en los Apéndices de la CITES, y 2) formular recomendaciones para que estas sean consideradas al comité de Fauna.

Como resultado del mandato, se formularon las siguientes recomendaciones ante el Comité de Fauna:

1. Instar a las Partes a tomar nota del informe del taller de expertos en rayas de agua dulce (familia Potamotrygonidae), celebrado en Colombia (28 y 29 de octubre de 2014), que figura en el Anexo del documento AC28 Doc. 18, incluidas las especies definidas como de preocupación prioritaria (complejo de especies *Paratrygon* "aiereba" - cuencas hidrográficas del Amazonas y el Orinoco).

Potamotrygon leopoldi (cuenca del Amazonas), *Potamotrygon schroederi* (cuencas del Amazonas y Orinoco), *Potamotrygon brachyura* (otras cuencas hidrográficas); complejo de especies *Potamotrygon* "motoro" (todas las cuencas) y la necesidad de aumentar la información disponible actualmente sobre sus poblaciones.

2. Procurar que todos los Estados del área de distribución de las rayas de agua dulce (familia Potamotrygonidae) agreguen a todas las especies de dicha familia que sean motivo de preocupación al Apéndice III.
3. Instar a las Partes y en particular a las que son Estados del área de distribución, a seguir considerando opciones para incluir a la especie en el Apéndice II.
4. Seguir intercambiando información sobre estas especies entre los Estados del área de distribución.
5. Solicitar a la Secretaría de la CITES, las ONG, las OIG (incluida la FAO) y las Partes que presten apoyo a los Estados del área de distribución para la realización de modelos matemáticos sobre las tendencias poblacionales de rayas de agua dulce.
6. Instar a las Partes y a las ONG a que investiguen la industria de cría en cautiverio de rayas de agua dulce (familia Potamotrygonidae) a nivel mundial, incluidas las especies involucradas, las cantidades producidas y el origen del plantel parental, así como la demanda internacional de comercio.
7. Pedir a las Partes que tomen nota de la información adicional que figura en el documento AC28 Inf. Doc. 25.
8. El informe a la CoP17, solicitado en la Decisión 16.132 c), debería incluir las recomendaciones que figuran en

los párrafos 1 a 7 supra, así como el informe del taller de expertos en rayas de agua dulce (familia Potamotrygonidae), celebrado en Colombia los días 28 y 29 de octubre de 2014, que figura en el Anexo I del documento AC 28 Doc. 18.

Como respuesta a las recomendaciones formuladas por el Comité de Fauna, los países de distribución que habían relevado la temática ante la CITES, avanzaron en su proceso de consolidación de acciones referentes a las especies de la familia Potamotrygonidae.

En el caso de Colombia, gracias a la gestión conjunta entre la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), la Autoridad Administrativa (Ministerio de Ambiente) y Autoridades Científicas (Instituto de Ciencias Naturales, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras-Invemar y el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt), concertaron la inclusión en el apéndice III de la CITES del género *Potamotrygon* spp y la especie *Paratrygon aiereba*, de acuerdo a la Res. Conf 9.25 Rev CoP16.

Parte de los elementos incluidos en el documento de solicitud de apéndice III de CITES a la secretaria (Instituto Humboldt *et al.* 2016), incluye la especificación de las especies (siete especies del género *Potamotrygon* y una especie del género *Paratrygon* con distribución en Colombia), así como la información referente a las condiciones intrínsecas y extrínsecas como justificación, para su inclusión en el apéndice III.

Las especies solicitadas por Colombia incluyen:

- *Potamotrygon constellata*, estatus de amenaza global Datos Insuficientes DD.
- *Potamotrygon magdalenae* (raya del Magdalena), estatus de amenaza en Colombia Casi amenazada NT; global Datos Insuficientes DD.
- *Potamotrygon motoro* (raya motora) estatus de amenaza en Colombia Vulnerable VU; global Datos Insuficientes DD.
- *Potamotrygon orbignyi* (raya tigrina), estatus de amenaza en Colombia Casi amenazada NT; global Preocupación menor LC.
- *Potamotrygon schroederi* (guacamaya), estatus de amenaza en Colombia Vulnerable VU; global Datos Insuficientes DD.
- *Potamotrygon scobina* (raya mariposa), estatus de amenaza global Datos Insuficientes DD.
- *Potamotrygon yepezi* (raya de río), estatus de amenaza en Colombia Vulnerable VU; global Datos Insuficientes DD.
- *Paratrygon aiereba* (raya manta), estatus de amenaza en Colombia Vulnerable VU.

A continuación se presenta la justificación de la solicitud de inclusión en el Apéndice III (información sobre las condiciones intrínsecas y extrínsecas de las especies). La familia Potamotrygonidae presenta dimorfismo sexual, consistente principalmente en la presencia de órganos que ayudan en la copulación interna ("claspers") en machos. A estos atributos se suma lo siguiente (Lasso *et al.* 2013a):

- Presentar una baja fecundidad ovárica (aproximadamente entre 2 a 10 óvulos).
- Un período de gestación largo y crecimiento lento, conocido como estrategia reproductiva k.



M. A. Morales-B.

MARCO NORMATIVO

- Ser organismos vivíparos aplacitados que dependen de la hembra en todas las fases de desarrollo del embrión.

Son especies bénticas, lo que funcionalmente las convierte en organismos muy susceptibles a las modificaciones del hábitat, como la de remoción de fondos o contaminación a través de la sedimentación. Sus hábitos de alimentación son depredadores y basan gran parte de su dieta en insectos, cangrejos y peces cuando son especies con grandes tallas.

El género *Potamotrygon* se distribuye en aguas continentales de Suramérica, con 25 especies descritas (Eschmeyer *et al.* 2016), de las cuales Lasso *et al.* (2013a), citan siete como distribuidas en Colombia. *Paratrygon* es un género monotípico distribuido para gran parte de Suramérica, excepto Chile, Argentina, Paraguay y Uruguay, aunque es muy probable que incluya un complejo de especies, al menos para el Orinoco (Lasso com. pers.). Es evidente la falta de resolución específica en algunas especies, las cuales son consideradas como un complejo de especies, el cual, en la medida en que la resolución taxonómica sea mayor, pueden derivar en especies nuevas restringidas al territorio colombiano en muchos casos. Ante esta perspectiva, reconocer la categoría de amenaza de algunas especies es una tarea difícil, ya que el estatus de DD (datos insuficientes) asignado a nivel mundial a la mayoría de las especies aquí mencionadas, muestra el desconocimiento biológico, biogeográfico y taxonómico de estos organismos.

Tienen importancia pesquera comercial para fines alimenticios (Lasso *et al.* 2011), sin embargo, la mayor presión del recurso se centra en el aprovechamiento como

peces ornamentales, lo cual constituye un aporte económico importante a nivel regional (Mojica *et al.* 2012, Lasso *et al.* 2013a). Por lo cual dadas las características biológicas del grupo, se consideran muy susceptibles a los impactos antrópicos como la explotación comercial -sobre todo como ornamentales- y a la modificación de sus hábitats.

Conferencia de las Partes CoP 17 Johannesburgo, Sur África 24 de septiembre al 5 de octubre de 2016

La reunión de los países parte de la Convención CITES, celebraron la decimo-séptima reunión en la que se discutieron y aprobaron documentos referentes al comercio de rayas de agua dulce. Entre los documentos se presentó el Doc. 87 CoP17, sobre cuestiones específicas: proyectos de decisión de las rayas de agua dulce (CITES 2016c). Este documento fue presentado por el Comité de Fauna en el cual se propusieron las siguientes decisiones:

Dirigidas a los Estados del área de distribución

17.AA Se alienta a los Estados del área de distribución de las rayas de agua dulce (familia Potamotrygonidae) a que sigan intercambiando información sobre la conservación, la gestión y el comercio de esas especies.

17.BB Se alienta a los Estados del área de distribución de las rayas de agua dulce (familia Potamotrygonidae) a que incluyan todas las especies objeto de preocupación identificadas por el Comité de Fauna, en el Apéndice III y consideren opciones para incluir las especies en el Apéndice II.

Dirigida a las Partes y las organizaciones interesadas

17.CC Se alienta a las Partes y a las organizaciones interesadas a realizar y promover

la investigación en lo que concierne a la cría en cautividad de rayas de agua (familia Potamotrygonidae) a nivel global, incluyendo las especies afectadas, el número de especímenes producidos, el origen del plantel parental, la dinámica del comercio internacional y la evolución del mercado.

Dirigida a las Partes, a la Secretaría y otras organizaciones interesadas

17.DD Se alienta a la Secretaría CITES, sujeto a la obtención de financiación externa, las organizaciones no gubernamentales, las organizaciones intergubernamentales (inclusive la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) y las Partes, a apoyar a los Estados del área de distribución a realizar modelizaciones matemáticas sobre las tendencias de población de las rayas de agua dulce (familia Potamotrygonidae); y la Secretaría debe informar sobre esas actividades al Comité de Fauna, según proceda, y la colaboración entre las Partes con establecimientos de cría en cautividad *ex situ* para las rayas de agua dulce y las Partes con programas de conservación *in situ*.

Las decisiones que fueron presentadas y adoptadas en la CoP17 Com. I. 16 serán numeradas posteriormente de acuerdo al número de decisiones aprobadas en la Conferencia de las partes y entrarán en vigor en el mes de enero de 2017 (90 días después de la realización de la CoP y pueden ser consultadas en www.cites.org. en la sección de documentos y decisiones).

Como resultado de la solicitud de los gobiernos de Brasil y Colombia en referencia a las especies de la familia Potamotrygonidae, pasada la Conferencia de las Partes, la Secretaría CITES emitió la notificación 052 de 2016 en la que comunica

a todos los países las enmiendas sobre la inclusión de especies en el apéndice III y en la que se refleja además de las ocho especies colombianas, todas las poblaciones de Brasil del género *Potamotrygon*.

Conclusiones y recomendaciones

El comercio de las especies de rayas de agua dulce (familia Potamotrygonidae), evidencia la necesidad inminente de la consolidación de esfuerzos intersectoriales articulados (entre el sector pesquero, el sector ambiental y el gremio productor), que tomen como base la generación de información de las poblaciones, los ecosistemas, la estandarización de procesos de monitoreo y estadísticas pesqueras. También la armonización de procesos normativos y cooperación entre los países de distribución, cuyo resultado sea vea reflejado en cuotas de aprovechamiento para un manejo y uso sustentable de las especies.

Como parte de las acciones que se deben implementar luego de la inclusión de las especies de rayas de agua dulce en el Apéndice III de CITES, los países (Brasil y Colombia) deberán expedir permisos de exportación CITES para su comercialización. A su vez, al interior de Brasil y Colombia se deberá contar con estadísticas estandarizadas e información taxonómica, bioecológica y sobre todo poblacional, que de soporte a las decisiones sobre cupos y cuotas de exportación y que contribuya a la generación de información sobre tendencias poblacionales de las especies que son objeto de uso.

Bibliografía

- Barbarino, A. y C. A. Lasso. 2005. Pesquería y aspectos biológicos de la raya manta-*Paratrygon aiereba* (Müller y Henle 1841) (Myliobatiformes, Potamotrygonidae), en



M. A. Morales-B.

MARCO NORMATIVO



M. A. Morales-B.

- el río Apure (Venezuela). *Memoria de La Fundación La Salle de Ciencias Naturales* 163: 93-108.
- Barbarino, A. y C. A. Lasso. 2009. La pesca comercial de la raya manta *Paratrygon aiereba* (Müller y Henle 1841) (Myliobatiformes, Potamotrygonidae), en el río Apure (Venezuela). *Acta Apuroquia* 1 (1): 24-31.
 - Cepparo, M. E., G. Gabrielidis, E. Prieto y M. Huertas. Sin fecha. Evolución de la legislación pesquera argentina desde la segunda mitad del siglo XX. Dirección URL del informe: <http://bdigital.uncu.edu.ar/1143>. Fecha de consulta del artículo: 27/05/16.
 - CITES-Convencción sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre. 2014. AC27 Ex-Sum. Cons. Resumen ejecutivo consolidado. Vigésimo séptima reunión del Comité de Fauna Veracruz (México), 28 de abril – 3 de mayo de 2014. Disponible en: <https://cites.org/sites/default/files/esp/com/ac/27/sum/S-AC27-ExSum-Cons.pdf>.
 - CITES. 2015. AC28 Com. 2. Punto 18 de la Agenda. Vigésimo octava reunión del Comité de Fauna. Tel Aviv (Israel), 30 de agosto-3 de septiembre de 2015. Disponible en <https://cites.org/sites/default/files/esp/com/ac/28/Com/S-AC28-Com-02-Rev.%20by%20Sec.pdf>
 - CITES. 2016a. Que es la CITES. Página oficial de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora CITES. Disponible en: <https://cites.org/esp/disc/what.php>
 - CITES. 2016b. Decisiones de la Conferencia de las Partes en la CITES sobre leídas pero no suprimidas después de su 16a reunión. Disponible en: <https://cites.org/sites/default/files/esp/dec/valid16/S-CoP15-Dec-sobreseidas-despues-de-CoP16.pdf>
 - CITES. 2016c. CoP17 Doc. 87. Cuestiones específicas sobre los apéndices. Mantenimiento de los Apéndices. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae spp.). Disponible en: <https://cites.org/sites/default/files/esp/cop/17/WorkingDocs/S-CoP17-87.pdf>
 - Eschmeyer, W. N., R. Fricke y R. van der Laan (Eds.). 2016. Catalog of fishes: genera, species, references. Consultada 27 07 2016. Disponible en: <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>.
 - Franco-Rojas, H. H. y M. Peláez-Rodríguez. 2013. Experiencias en la producción comercial de juveniles de la raya motoro (*Potamotrygon motoro*) y raya tigrina (*Potamotrygon orbignyi*), en la región andino-amazónica colombiana. Pp. 335-337. En: Lasso, C. A., R. de S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt y E. Agudelo-Córdoba (Editores). 2013. IX. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
 - Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Instituto Amazónico de Investigación Científica SINCHI, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Autoridad Nacional Pesquera AUNAP, Colombia. 2016. Concepto técnico remitido a la Secretaría de CITES, para la inclusión del genero *Potamotrygon* y *Paratrygon aiereba* en el apéndice III de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre -CITES.
 - Machado-Allison, A. 2014. Memorias del taller de expertos de rayas de agua dulce (familia Potamotrygonidae). Grupo de trabajo CITES. Informe presentado al Programa Regional Amazonia (BMZ/DGIS/GIZ) - PRA 28 y 29 de octubre de 2014 Bogotá, Colombia. 124 pp.
 - 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.
 - Lasso, C. A., H. B. Ramos-Socha, T. S. Rivas-Lara y C. E. Rincón-López. 2011. *Potamotrygon magdalenae*. (136-137). 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, S. E. Muñoz Torres y A. I. Sanabria Ochoa (Eds.). I. Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia. Serie Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
 - Lasso, C. A., R. S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt y E. Agudelo-Córdoba (Eds.). 2013a. IX. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia. 368 pp.
 - Lasso, C. A., P. Sánchez-Duarte, C. M. Rodríguez Sierra, M. Grijalva-Bendeck, L. M. Ortiz-Aroyave y H. B. Ramos-Socha. 2013b. *Potamotrygon magdalenae*. Pp. 195-206. En: Lasso, C. A., R. de S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt y E. Agudelo-Córdoba (Editores). 2013. IX. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
 - Uruguay. Plan nacional de desarrollo de la acuicultura. 2008. Estrategia general para el desarrollo de la acuicultura sostenible en la República Oriental del Uruguay. Montevideo, DINARA – FAO. 40 pp.
 - Uruguay XXI. 2016. Promoción de inversiones y exportaciones. Ficha productodestino, sector pesca. 17 pp.
 - Mandelburger, D. 2014. Rayas de agua dulce, Paraguay. Presentación Taller de Expertos de rayas de agua dulce (familia Potamotrygonidae). Grupo de trabajo CITES. Programa Regional Amazonia (BMZ/DGIS/GIZ) – PRA, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Defenders of Wildlife, Humane Society International. 28 y 29 de octubre de 2014. Bogotá, Colombia.
 - Panné-Huidobro, S y L. Luchini. 2008. Importación y exportación de organismos acuáticos ornamentales en Argentina Años 2010- 2011. Informe presentado a la Dirección de Acuicultura, Argentina. 27 pp.
 - Sánchez-Duarte, P., M. P. Baptiste, C. A. Lasso, A. M. Suárez Q. y A. Guzmán. 2013. Marco normativo y comercialización de las rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) en el norte de América del Sur. Capítulo 7. Pp. 311-341. En: Lasso, C. A., R. de S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt y E. Agudelo-Córdoba (Eds.). 2013. IX. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.



Río Loretoyacu, afluente del Amazonas colombiano. Foto: M. A. Morales-B.

M. A. Morales-B.



19. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Carlos A. Lasso, Mónica A. Morales-Betancourt y Domingos Garrone-Neto

Si bien ha habido un incremento muy importante en el estudio y conocimiento de las rayas de agua dulce en los últimos cinco años, es indudable que todavía queda mucho por hacer, desde los aspectos taxonómicos y sistemáticos básicos, hasta estudios poblacionales dirigidos al aprovechamiento sostenible como recurso ornamental.

A la fecha se han descrito 31 especies de rayas agrupadas en cuatro géneros: *Heliotrygon* (2 sp.), *Paratrygon* (1 sp.), *Plesiotrygon* (2 sp.) y *Potamotrygon* (26 sp.), y recientemente se estableció un nuevo género de rayas marinas (*Styracura*), ahora asignado a la familia Potamotrygonidae. A nivel continental, Brasil es el país con la mayor riqueza de especies (24 sp.), seguido de Colombia (11 sp.), Perú (10 sp.), Argentina y Paraguay (6 sp.), Bolivia, Venezuela y Ecuador (5 sp. c/u), Uruguay y Surinam (3 sp.) y finalmente las Guayanas (Guyana y Guayana Francesa), con dos especies cada una. La tasa de descripción de especies ha ido incrementando notablemente y en estos dos últimos años se describieron

siete especies, considerando que todavía quedan muchas especies por describir, especialmente en la cuenca del Amazonas y el Orinoco.

A nivel hidrográfico y de acuerdo con las especies actualmente descritas, la cuenca con mayor riqueza es la del Amazonas (22 sp.), seguida por Paraguay (7 sp.), Paraná (6 sp.), Orinoco (5 sp.), Parnaíba (3 sp.), Uruguay y Essequibo (2 sp.) y Surinam, Mearin, Maracaibo, Corantin, Inini, Maroni, Oyapoc, Tampoc, Magdalena, Atrato, con una especie cada una.

Como puede verse, hay varias especies de rayas con una amplia distribución pero también hay un nivel de endemismo importante en varias cuencas y muchas especies muestran especializaciones de acuerdo al tipo de macrohábitat y tipología de aguas (claras, blancas y negras).

Se incluye los diagnósticos y estudios de casos de países no considerados en el primer libro (Bolivia, Argentina, Paraguay y Uruguay) y por vez primera para

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

las cuencas transamazónicas, como las del Paraná- Paraguay, Uruguay y Parnaíba. De igual forma, se recoge la información taxonómica, geográfica, bioecológica y en algunos casos pesquera, de 13 especies. Esta síntesis permitirá contar con la información necesaria o al menos básica, para poder conservar y aprovechar de manera sostenible, este preciado recurso. En ese sentido, es recomendable seguir realizando trabajos taxonómicos tradicionales basados en la morfo-anatomía e incluyendo osteología, musculatura y otros aspectos sistemáticos. Sin embargo, sería muy apropiado combinar estos enfoques con otros estudios sobre la sistemática molecular, para buscar coincidencias –o diferencias- y evidenciar posibles patrones filogeográficos dirigidos a la conservación del recurso (e. g. definición de unidades evolutivas independientes), que nos permitan un manejo a nivel de cuencas. Ejemplo de algunos casos serían el grupo o “complejo” de especies de *Potamotrygon orbignyi* y *Paratrygon* spp por citar algunos. Por supuesto quedan muchas áreas por prospectar que deben ser exploradas (p. e. Orinoco y Amazonas) o revisitadas (p. e. Paraná-Paraguay), para ampliar los conocimientos necesarios. En esta última cuenca es imprescindible poner atención especial al potamotrigónido más grande, la raya boba o gigante, *Potamotrygon brachyura*, que enfrenta retos importantes para su conservación. Igualmente, para la cuenca del alto Paraná, es necesario controlar y estudiar los procesos de colonización de los potamotrigónidos en la región, ya que este es uno de los pocos casos conocidos de distribución de las rayas fuera de su área de distribución natural. Esta cuenca está muy poblada y tiene un extenso sistema fluvial, impactado en gran medida por

las actividades antrópicas (represas), las cuales son responsables de la colonización de las rayas que se presentan actualmente en la región.

Hay que continuar generando información de línea base sobre la biología y ecología de las especies (uso del hábitat, migraciones, crecimiento, hábitos alimenticios y reproducción), como insumo para ensayos posteriores de conservación *ex situ*, mediante ensayos de acuicultura con miras a su producción. Se ha observado que esto es viable pero se requiere seguir avanzando para contar a futuro con paquetes tecnológicos eficientes y viables, que permitan la cría en cautiverio. Esto debe ir acompañado de la toma de datos *in situ* sobre las poblaciones de las especies de uso ornamental y/o amenazadas. La metodología para tal fin ya ha sido probada en Colombia con éxito y podría ser replicada en sistemas de aguas claras y tal vez negras en otras regiones de la Orinoquia y Amazonia. Estos registros o censos poblacionales apuntarían también a la actualización de los análisis de riesgo de extinción de las especies (Libros Rojos) y a la construcción de los planes nacionales de conservación de rayas, como el PAN Tiburones y Rayas de Colombia.

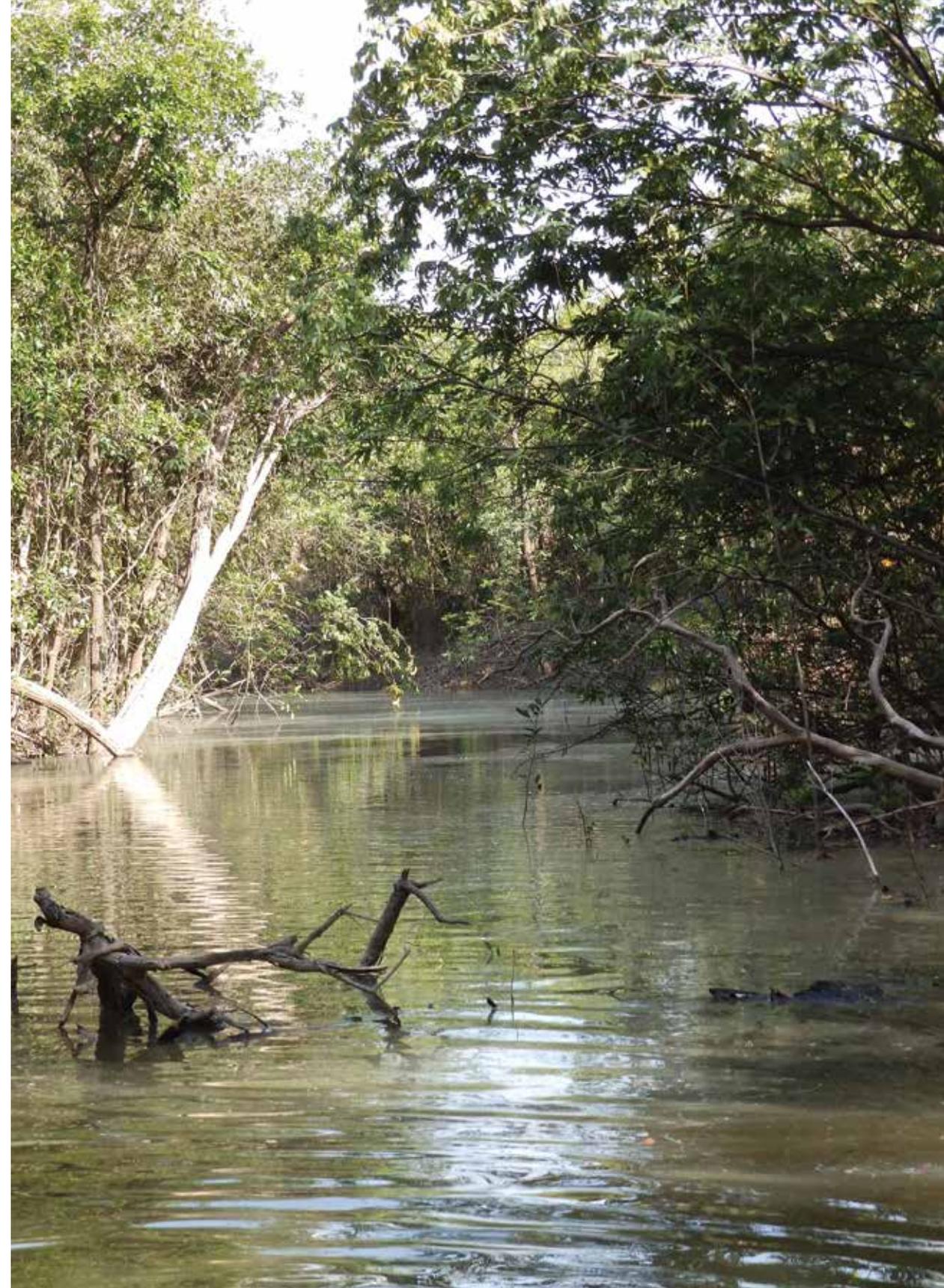
Finalmente, es oportuno señalar que ha avanzado mucho a nivel técnico e incluso político. Prueba de ello es la inclusión (2016) de varias especies en el Apéndice III de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre-Cites, pero se requiere seguir realizando esfuerzos aún mayores para conocer y conservar las rayas de agua dulce.



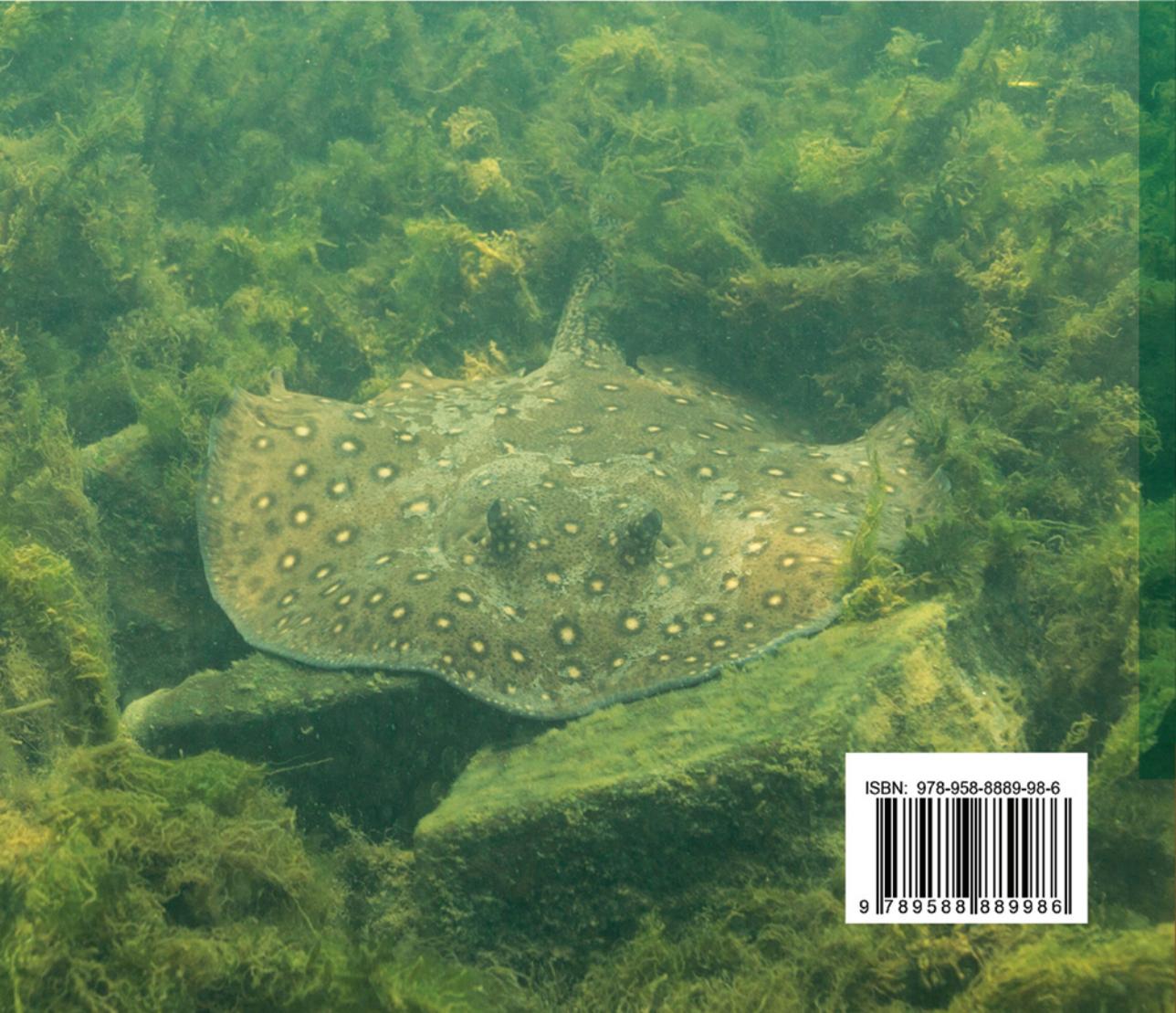
Paratrygon sp1. Foto: M. A. Morales-Betancourt.

Anexo. Listado de las especies del catálogo y su respectivo crédito fotográfico.

Especie	Autor
<i>Potamotrygon albimaculata</i>	Marcelo R. de Carvalho
<i>Potamotrygon amandae</i>	Domingos Garrone-Neto
<i>Potamotrygon brachyura</i>	Sergio Bogan
<i>Potamotrygon falkneri</i>	Domingos Garrone-Neto
<i>Potamotrygon histrix</i>	João Paulo C. B. da Silva
<i>Potamotrygon jabuti</i>	Marcelo R. de Carvalho
<i>Potamotrygon limai</i>	João Pedro Fontenelle
<i>Potamotrygon motoro</i>	Francisco Carvajal
<i>Potamotrygon pantanensis</i>	Thiago Loboda
<i>Potamotrygon rex</i>	Marcelo R. de Carvalho
<i>Potamotrygon schuhmacheri</i>	Domingos Garrone-Neto
<i>Potamotrygon signata</i>	Guilherme Moro
<i>Potamotrygon wallacei</i>	Wallace Duncan



Caño Mosco, afluente del río Bitá, Colombia. Foto: M. A. Morales-Betancourt.



ISBN: 978-958-8889-98-6



9 789588 888998