



SERIE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS
Y PESQUEROS CONTINENTALES
DE COLOMBIA

XII. CUENCAS PERICONTINENTALES DE COLOMBIA

ECUADOR, PERÚ Y VENEZUELA

TIPOLOGÍA, BIODIVERSIDAD, SERVICIOS
ECOSISTÉMICOS Y SOSTENIBILIDAD DE
LOS RÍOS, QUEBRADAS Y ARROYOS
COSTEROS



Carlos A. Lasso, Juan Felipe Blanco-Libreros y Paula Sánchez-Duarte
(Editores)



SERIE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS
Y PESQUEROS CONTINENTALES
DE COLOMBIA

XII. CUENCAS PERICONTINENTALES DE COLOMBIA

ECUADOR, PERÚ Y VENEZUELA

TIPOLOGÍA, BIODIVERSIDAD, SERVICIOS
ECOSISTÉMICOS Y SOSTENIBILIDAD DE
LOS RÍOS, QUEBRADAS Y ARROYOS
COSTEROS

Carlos A. Lasso, Juan Felipe Blanco-Libreros
y Paula Sánchez-Duarte
(Editores)

Este libro es dedicado a la memoria de Frederick N. Scatena (1954-2013), geomorfólogo, hidrólogo y ecólogo, quien nos enseñó desde los altos de Bisley, el curso del río Mameyes y otros ríos en la Sierra de Luquillo en Puerto Rico, la importancia de los estudios interdisciplinarios a largo plazo para el manejo de las cuencas hidrográficas tropicales.
Gracias maestro y amigo!

A Camilo Ernesto Rincón-López (1977 - 2014),
en reconocimiento a su labor formativa y entusiasmo en el estudio
y conservación del Pacífico y Chocó colombiano.



© Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2015

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 y Ricardo Restrepo.

Revisión de textos: Carlos A. Lasso y Paula Sánchez-Duarte.

Fotos portada: Diana Morales-Betancourt, Juan Felipe Blanco, Oscar M. Lasso-Alcalá y Carlos A. Lasso.

Fotos contraportada: Luis José García-Melo y A. Cabrera.

Foto portada interior: Diana Morales-Betancourt.

Diseño y diagramación: zOOM diseño S.A.S. - Luisa Fernanda Cuervo G.

Impresión: JAVEGRAF – Fundación Cultural Javeriana de Artes Gráficas

Impreso en Bogotá, D. C., Colombia, febrero de 2015 - 1.000 ejemplares.

CITACIÓN SUGERIDA

Obra completa: Lasso, C. A., J. F. Blanco-Libreros y P. Sánchez-Duarte (Editores). 2015. XII. Cuencas pericontinentales de Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela: tipología, biodiversidad, servicios ecosistémicos y sostenibilidad de los ríos, quebradas y arroyos costeros. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.

Capítulos o casos de estudio: Blanco-Libreros, J. F., E. Contreras y L. P. Giraldo. 2015. El flujo y transformación de la materia orgánica: proceso ecosistémico maestro en las cuencas pericontinentales. Capítulo 6. Pp. 171-187. *En:* Lasso, C. A., J. F. Blanco-Libreros y P. Sánchez-Duarte (Editores). 2015. XII. Cuencas pericontinentales de Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela: tipología, biodiversidad, servicios ecosistémicos y sostenibilidad de los ríos, quebradas y arroyos costeros. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.

Cuencas pericontinentales de Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela: tipología, biodiversidad, servicios ecosistémicos y sostenibilidad de los ríos, quebradas y arroyos costeros / editado por Carlos A. Lasso, Juan F. Blanco-Libreros y Paula Sánchez-Duarte; Serie Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia, XII -- Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2015.

455 p.: il., col.; 16.5 x 24 cm.

Incluye bibliografía, fotografías y tablas
ISBN DIGITAL: 978-958-8889-26-9

1. Peces. 2. diadromía. 3. macroinvertebrados acuáticos. 4. hidroclimatología. 5. anfidromía. 6. Colombia. 7. Ecuador. 8. Perú. 9. Venezuela.

I. Lasso, Carlos A. (Ed.) II. Blanco-Libreros, Juan F. (Ed.) III. Sánchez-Duarte, Paula (Ed.) IV. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

CDD: 577.64098 Ed. 23

Número de contribución: 505

Registro en el catálogo Humboldt: 14944

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.

C. A. Lasso



COMITÉ CIENTÍFICO

- **Anabel Rial Bouzas** (BioHábitat A. C. 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 – Unellez, 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** (Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador)
- **Ricardo Restrepo M.** (Universidad Santo Tomás de Aquino – USTA, Colombia)
- **Ricardo Rosa** (Universidad Federal de Paraíba, Brasil)
- **Rosa E. Ajiaco-Martínez** (Universidad de los Llanos – Unillanos, Colombia)

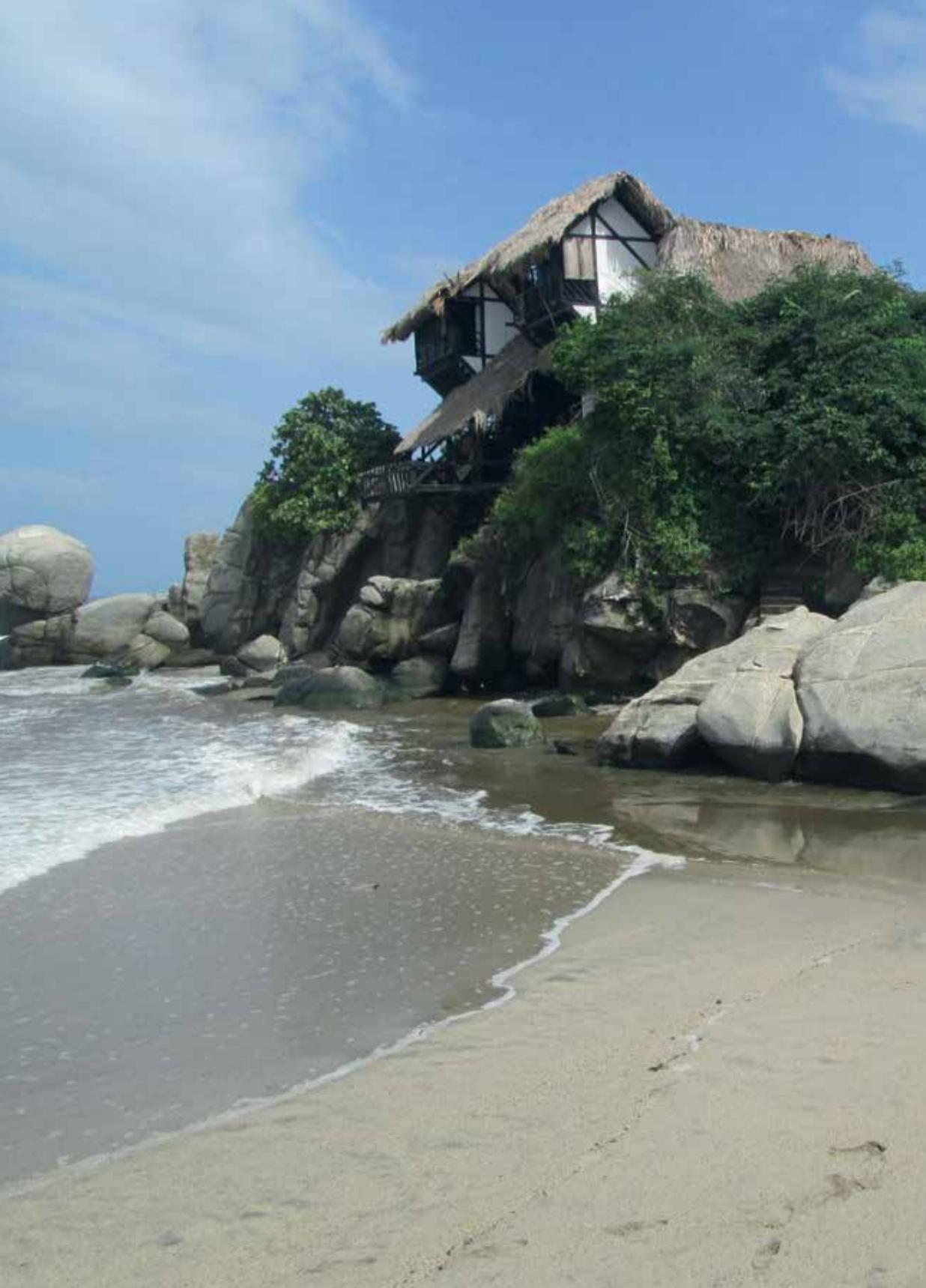


TABLA DE CONTENIDO

Presentaciones	9
Prólogo	13
Autores y afiliaciones	15
Agradecimientos	19
Resumen ejecutivo	21
Executive summary	25
Introducción	29
1. ¿Qué es una cuenca pericontinental?	35
2. Generalidades del entorno geológico e hidro-climatológico de las cuencas pericontinentales	67
3. La diadromía como convergencia evolutiva en peces, crustáceos decápodos y gasterópodos en las cuencas pericontinentales de Colombia	95
4. Camarones asociados a las aguas pericontinentales (ríos, quebradas y arroyos costeros), de la vertiente Caribe y Pacífico, incluyendo la región insular de Colombia	119
5. La entomofauna y otros macroinvertebrados acuáticos de sistemas insulares y pericontinentales de las cuencas del Pacífico y Caribe, Colombia	141
6. El flujo y transformación de la materia orgánica: proceso ecosistémico maestro en las cuencas pericontinentales	171

TABLA DE CONTENIDO

7. Servicios ecosistémicos, cambios globales y sostenibilidad dentro de las cuencas pericontinentales de Colombia.	189
8. Casos de estudio	229
Colombia	230
8.1. Isla Gorgona	231
8.2. Serranía del Baudó	241
8.3. Serranía del Darién	257
8.4. Serranía de San Jacinto	267
8.5. Peces de las aguas interiores del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Colombia: diversidad, amenazas y recomendaciones para su conservación	277
8.6. Biotas acuáticas de la serranía de La Macuira, Parque Nacional Natural Macuira, Guajira colombiana	293
8.7. Composición y estructura de la ictiofauna de ríos y arroyos costeros de la Sierra Nevada de Santa Marta, Caribe colombiano	315
Ecuador	338
8.8. Peces de los afluentes de la costa del Ecuador: composición, biogeografía, aspectos ecológicos, uso y conservación	339
8.9. La cuenca del río Santiago-Cayapas, provincia de Esmeraldas, noroccidente del Ecuador: importancia en las comunidades locales y relación con las actividades industriales	363
Perú	378
8.10. Ríos y arroyos costeros representativos del Perú: caracterización, diversidad de la biota acuática y amenazas a la conservación	379
Venezuela	396
8.11. Ictiofauna dulceacuícola de la cuenca del río Tuy, vertiente Caribe, Venezuela: composición, uso y conservación	397
8.12. Ríos costeros y sus ictiofaunas en el occidente de Venezuela: biogeografía y conservación	415
8.13. Biodiversidad acuática (peces, crustáceos y moluscos), de los ríos costeros del Litoral Central, vertiente Caribe, Venezuela: composición, uso y conservación	433



PRESENTACIONES

Colombia no es solo un país “megadiverso” en términos de especies, sino que lo es también a nivel de ecosistemas. Tradicionalmente estamos acostumbrados a mostrar nuestros ambientes terrestres como la imagen de lo que es Colombia en el contexto internacional, dada la riqueza ecosistémica que alberga nuestro territorio. Amazonia, Orinoquia, Andes, Caribe y Chocó Biogeográfico son ya expresiones biogeográficas frecuentes en nuestro discurso cuando nos referimos a la biodiversidad colombiana, pero los asociamos, por lo general, a los ecosistemas terrestres y nos olvidamos, casi siempre, de la gran riqueza hídrica y biodiversidad acuática de Colombia.

Las cinco grandes cuencas hidrográficas que surcan nuestro país, Amazonas, Orinoco, Caribe, Magdalena y Pacífico, posicionan también a Colombia como una potencia en biodiversidad. La gran riqueza de especies y el elevado nivel de endemismo en peces y cangrejos dulceacuícolas continentales, por citar un par de grupos biológicos, son ejemplo de ello. Los servicios ecosistémicos que brindan estas grandes cuencas, en especial la pesca, ya fueron objeto de estudio por parte del Instituto Humboldt años atrás cuando pusimos en

contexto la contribución de las pesquerías como elemento fundamental de la seguridad alimentaria colombiana. Ahora bien, hay un sinnúmero de pequeños ríos, arroyos y quebradas costeras -definidas en este libro como cuencas pericontinentales- en las vertientes del Pacífico y Caribe, incluida la región insular, que son de gran importancia para la población colombiana, tanto en las grandes ciudades costeras como en las pequeñas poblaciones de los lugares más apartados de nuestra geografía. Son estos sistemas los que aportan el recurso hídrico, como agua potable, riego, ganadería, entre otros, de vital importancia para la subsistencia regional, en especial en las regiones secas del Caribe colombiano. Adicional a esto, son fuente de alimento (peces, crustáceos y moluscos) como recurso de subsistencia e incluso, en algunos casos, de cierta relevancia económica, incluido el turismo. Los servicios de provisión, regulación, hábitat y culturales, que brindan estas cuencas pericontinentales, son entonces la base para el sostenimiento de muchas comunidades rurales y de nuestras ciudades.

El libro que hoy presentamos y que incluye la participación de 37 investigadores pertenecientes a 17 instituciones, recoge

PRESENTACIONES

todos los aspectos mencionados y resalta la importancia de estas cuencas también desde el punto de vista ecológico y/o evolutivo, como es el caso de la diadromía y el flujo y transformación de la materia orgánica. Todos estos sistemas son caracterizados en detalle y se realiza un análisis sobre el impacto del cambio global sobre los mismos. Finalmente, si bien esta obra está centrada en Colombia, se consideran casos de estudio de países vecinos (Ecuador,

Perú y Venezuela) con los cuales compartimos muchos elementos de la biodiversidad en las cuencas del Pacífico y el Caribe. Esperamos que esta contribución llene parte del vacío existente sobre el conocimiento de estas regiones tan singulares e importantes para el país y sean objeto de especial atención por parte de los tomadores de decisiones frente a unas amenazas que avanzan sin parar.

Brigitte L. G. Baptiste

Directora Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

Cuando comenzamos a trabajar en el mundo de las cuencas hidrográficas, es difícil comprender en su totalidad la complejidad de las interacciones en estos sistemas. Pensamos ingenuamente, por ejemplo, que trabajaremos sólo con un aspecto, como la biología de fauna acuática. Pero al cabo de poco tiempo, y con los mentores apropiados, uno llega a entender que hay que ubicar las interacciones, los ciclos de vida y la dieta de esta fauna dentro, de los varios “cauces” del conocimiento que se encuentran actuando dentro de las cuencas hidrográficas.

Este texto es un reflejo del trayecto creativo e intelectual por el cual pasamos los que trabajamos desde la perspectiva de los estudios de cuencas. Aunque como científicos podemos tener especializaciones en nuestras investigaciones, en el camino de nuestra formación visitamos todas las áreas del conocimiento, tanto físico y biológico, como social, pues tenemos para con nuestra sociedad el deber de entender a cabalidad lo que ocurre en las cuencas.

Esto se debe a que, para entender la biodiversidad de los sistemas acuáticos en un contexto ecológico y de sostenibilidad, hay que considerar que todos los ríos, las quebradas y los arroyos existen en un entorno físico, biológico y social, en un paisaje dinámico e interconectado.

La experiencia de los autores, cuyas formaciones multidisciplinarias entrelazan el conocimiento hidrológico y físico-terrestre, sirve de marco a las cuencas, seguido por elementos bióticos particulares, y culmina en describir dinámicas ecológicas inclusivas de la dimensión social. Queda claro que quienes promueven y defienden el concepto de los caudales ecológicos y ambientales, por encima de los caudales mínimos, están comprometidos a entender la complejidad y los aspectos dinámicos de estos sistemas que abarcan la hidrología, biología y el paisaje socio-ecológico donde todos habitamos.

A raíz del compromiso de los autores con la sostenibilidad de los sistemas acuáticos, y las cuencas en su definición más amplia, se da esta recopilación de investigaciones científicas y estudios de caso. El conocimiento se presenta en el contexto del paisaje socio-ecológico, sin menoscabar detalles de la sinergia de la biodiversidad. Al fin del día, este conocimiento es fundamental para que se lleven a cabo acciones de manejo apropiadas y necesarias para las cuencas.

Ahora nos toca como lectores actuar de manera conciliadora para asegurar que se lleven a cabo los trabajos que conduzcan a enriquecer aún más nuestro conocimiento y bienestar socio-ecológico dentro de cada una de las cuencas donde vivimos.

Tamara Heartsill Scalley, Ph.D.

Instituto Internacional de Dasonomía Tropical
Servicio Forestal de los Estados Unidos
Río Piedras, Puerto Rico



P. Jiménez-Prado



Río Piedras, Santa Marta, Colombia. Foto: C. A. Lasso

C. A. Lasso



PRÓLOGO

Un libro para la historia

Cuando los ecólogos pensamos en ríos, la ciencia que nos viene a la mente es la limnología, un campo relativamente joven (aproximadamente 130 años) que comenzó con un énfasis exclusivo en los lagos. El estudio de los ríos como sistemas ecológicos tomó auge en los últimos 50 años tanto en la zona templada como en la tropical, pues no había razón para pensar que el funcionamiento de estos sistemas fuese distinto en las diferentes latitudes del planeta. Los ríos siempre se han estudiado desde un punto de vista funcional para explicar cómo las condiciones físicas y químicas de sus aguas reflejan las tierras por donde discurren. El componente biótico de los ríos, particularmente en los trópicos, se ha estudiado desde el punto de vista de su historia natural y en forma aislada al estudio hidrológico, físico y químico de las aguas. En los trópicos la limnología enfatizó los grandes sistemas fluviales de la región tales como los ríos Congo, Volta, Nilo, Zambezi y Amazonas.

En el río Amazonas los trabajos pioneros de científicos alemanes establecieron las bases del funcionamiento geoquímico y ecológico de sus sistemas acuáticos (Sioli

1975). Paralelamente en los Estados Unidos de América, el Servicio Forestal de ese país comenzó estudios de cuencas hidrográficas en las cabezeras de ríos montanos (Gottfried *et al.* 2014). Estos estudios inicialmente tenían un enfoque hidrológico y dasonómico y establecieron la relación entre la hidrología y el funcionamiento de bosques riparios, es decir, la relación entre el río y el entorno terrestre en su cuenca hidrográfica.

La evolución del estudio de cuencas hidrográficas culminó con un cambio en la forma de pensar sobre los ríos con la propuesta de que para entender estos sistemas era necesario un enfoque más amplio, surgiendo así el nuevo paradigma de la hidroecología (Zalewski *et al.* 1997). La hidroecología estudia los ríos y cuencas hidrográficas holísticamente y en forma integrada. En el pasado se estudiaban todos los componentes de estos sistemas pero cada científico lo hacía aisladamente desde el punto de vista de su especialidad. Libros como el editado por Junk (1997) sobre el bosque ribereño del río Amazonas contienen excelentes trabajos de cada uno de los componentes de este gran humedal, con capítulos de síntesis al final del libro.

PRÓLOGO

Frederick N. Scatena, a quien este libro está dedicado, estableció estudios hidroecológicos en el Bosque Experimental de Luquillo comenzando en 1988 y con ese esfuerzo creó una tradición de estudios a largo plazo de cuencas hidrográficas en el Neotrópico caribeño. Los estudios del Dr. Scatena y sus colaboradores impulsaron una nueva era en la conservación de los ríos de Puerto Rico. Gracias a estudiantes del Dr. Scatena como Juan Felipe Blanco-Libreros, co-editor de este trabajo, esa influencia ha tocado a colegas en otros países latinoamericanos. Este libro es pues, histórico ya que representa un paso de avance en el estudio de los ríos latinoamericanos. Aunque no soy experto en este campo, es la primera vez que veo una obra tan completa dedicada exclusivamente a la hidroecología de ríos latinoamericanos. La profundidad del análisis en este libro será un ejemplo a seguir por subsiguientes investigadores y representa una aportación fundamental al conocimiento del funcionamiento y valor ecológico de los ríos latinoamericanos. Si el Dr. Scatena estuviese vivo, estaría muy satisfecho al ver que su trabajo en Puerto Rico aportó un granito de arena al avance de la ciencia hidroecológica neotropical.

Ariel E. Lugo

Río Piedras, Puerto Rico.
2 de febrero de 2015

Literatura citada

- Gottfried, G. J., P. F. Ffolliott, K. N. Brooks, R. K. Kolka, C. B. Raish y D. G. Neary. 2014. Contributions of studies on experimental forests to hydrology and watershed management. Capítulo 14. Pp. 311-340. *En*: D. C. Hayes, S. L. Stout, R. H. Crawford y A. P. Hoover (Eds.). USDA Forest Service Experimental Forests and Ranges: research for the long-term. Springer, New York, NY, USA.
- Junk, W. J. (Ed.). 1997. The Central Amazon floodplain: ecology of a pulsing system. First edition. Springer Verlag, New York, NY, USA. 528 pp.
- Sioli, H. 1975. Tropical rivers as expressions of their terrestrial environments. Capítulo 19. Pp. 275-311. *En*: F. B. Golley y E. Medina (Eds.). Tropical ecological systems: trends in terrestrial and aquatic research. Springer Verlag, New York, NY, USA.
- Zalewski, M., G. A. Janauer y G. Jolánkai (Eds.). 1997. Ecohydrology: A new paradigm for the sustainable use of aquatic resources. International Hydrological Programme, UNESCO, Paris. 58 pp.

P. Sánchez-D.



AUTORES Y AFILIACIONES

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina-CORALINA
Coordinación Áreas Protegidas y Biodiversidad

Nacor Bolaños
areas.protegidas@coralina.gov.co

Escuela Politécnica Nacional, Instituto de Ciencias Biológicas, Quito, Ecuador

Ramiro Barriga
ramiro.barriga@epn.edu.ec

Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Museo de Historia Natural La Salle, Venezuela

Evelin Lira
elira@hotmail.com

Oscar M. Lasso-Alcalá
oscar.lasso1@fundacionlasalle.org.ve

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Colombia

Carlos A. Lasso
classo@humboldt.org.co

Mónica A. Morales-Betancourt
mmorales@humboldt.org.co

Paula Sánchez-Duarte
psanchez@humboldt.org.co

Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas – IVIC

Katiusca Del Valle González-Oropeza
gonzalez.katiusca@hotmail.com

Universidad Central de Venezuela (UCV), Venezuela
Facultad de Ciencias Económicas y Sociales
Área de Gestión en Investigación y Desarrollo

Amyra Cabrera
amyracabrera@yahoo.com

Universidad Mayor de San Marcos, Lima, Perú
Museo de Historia Natural
Departamento de Ictiología

Hernán Ortega
hortega.musm@gmail.com

Jessica Espino
jessespino@gmail.com



P. Sánchez-D.

AUTORES Y AFILIACIONES

José Marchena
jmarshena132@gmail.com

Lisveth Valenzuela
lisveth.mvm@gmail.com

Maricell Armas
yeciran@gmail.com

Silvia Valenzuela
silviavalenzuelar@gmail.com

Universidad de Antioquia, Colombia
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Instituto de Biología

Juan Felipe Blanco-Libreros
juan.blanco@udea.edu.co

Camilo Escobar Sierra
miloes114@gmail.com

Eliana Contreras
contreras.eliana5@gmail.com

Lina Paola Giraldo
ligisa22@gmail.com

Andrea Arroyave Rincón
andrea.biora@gmail.com

Juan David Carvajal
juanhocarvajal@gmail.com

Grupo de Ictiología

Luz Fernanda Jiménez
luz.jimenez@udea.edu.co

Universidad Bolivariana de Venezuela (UBV)
Centro de Estudios Ambientales

Jorge Coronel
jluiscoronel@gmail.com

Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA), Venezuela
Decanato de Agronomía
Museo de Ciencias Naturales

Douglas Rodríguez-Olarte
douglasrodriguez@ucla.edu.ve

Margenny Barrios
margennybarrios@gmail.com

Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Colombia
Grupo de Limnología

Magnolia Longo
magnoliac.longos@utadeo.edu.co

Universidad de La Guajira, Colombia

Cristian Granados-Martínez
biolocristiam@gmail.com

Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia
Facultad de Ciencias
Grupo de Investigación en Zoología

Francisco A. Villa-Navarro
favilla@ut.edu.co

Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales (UNELLEZ), Venezuela
Museo de Ciencias Naturales Guanare

Críspulo Marrero
krispulom@gmail.com

Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá
Instituto de Ciencias Naturales

Martha R. Campos
mhrochad@unal.edu.co

Departamento de Biología

Ada Acevedo
adacevedoal@unal.edu.co

Laboratorio de Macroinvertebrados Acuáticos

Daniela Cortés-Guzmán
dacortesgu@unal.edu.co

Rodolfo Ospina
rospinat@unal.edu.co

Sede Caribe
CECIMAR

Arturo Acero-P.
acerop@unal.edu.co

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
Unidad de Ecología en Sistemas Acuáticos

Angela Motta
angelitaconejon@gmail.com

Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Esmeraldas

Eduardo Rebolledo Monsalve
edurebolledo@yahoo.com

Pedro Jiménez Prado
pedro.jimenez@pucese.edu.ec



Arroyo Kajashiwoü, La Macuira. Foto: C. A. Lasso.



AGRADECIMIENTOS

Juan Felipe Blanco-Libreros agradece a la Unidad Administrativa Especial de Parques Nacionales Naturales por el permiso de investigación en el PNN Gorgona y el convenio de cooperación en el PNN Utría; a la Corporación para el Desarrollo Sostenible de la Región de Urabá (CORPOURABÁ) por los varios convenios de investigación que han financiado el trabajo en la cuenca del río Turbo y el golfo de Urabá; al Consejo Comunitario Negro de Acandí y Chocó Norte (COCOMANORTE) y al Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico por la autorización y financiación, respectivamente, de la investigación en el corregimiento de Capurganá (Acandí, Chocó). A la Gobernación de Antioquia (Programa Expedición Antioquia) por la financiación del proyecto “Expedición Estuarina, golfo de Urabá”, a la Reserva de la Sociedad Civil Sanguaré (golfo de Morrosquillo) por permitir el acceso a su área para la toma de fotografías y muestreo de los arroyos, y al Comité de Investigación de la Universidad de Antioquia por la financiación de los proyectos de investigación en Gorgona, Capurganá, Turbo y los arroyos de la vertiente oriental de la Serranía de San Jacinto (municipios de Toluvié y San Onofre, Sucre). Se agradece a la Fundación de Ciencias de

Norteamérica (NSF por sus siglas en inglés), a la Universidad de Puerto Rico (Río Piedras) y al Servicio Forestal de los Estados Unidos (Instituto Internacional de Dasonomía Tropical) por la financiación de la investigación en Puerto Rico a través del Programa de Investigaciones Ecológicas a Largo Plazo en el Bosque Experimental de Luquillo. Este libro es una contribución del Grupo de Investigación ELICE (Ecología Lógica: Islas, Costas y Estuarios) de la Universidad de Antioquia, reconocido por COLCIENCIAS. Finalmente, se agradece a la dirección y subdirección del Instituto Alexander von Humboldt por apoyar su edición.

Algunas de las ideas presentadas en el Capítulo 1 fueron refinadas durante el Seminario de Postgrado en Ecología Lógica de la Universidad de Antioquia, en el que participaron Lina Paola Giraldo, Eliana Contreras-Martínez, Andrea Arroyave-Rincón y Camilo Escobar-Sierra.

El estudio de los camarones fue complementado gracias a las colecciones de la Universidad de Antioquia (J. F. Blanco-Libreros) y la Universidad del Tolima (F. Villa-Navarro).

AGRADECIMIENTOS

Los autores del caso de estudio “Composición y estructura de la ictiofauna de ríos y arroyos costeros de la Sierra Nevada de Santa Marta, Caribe colombiano”, agradecen a Alexi Ernesto Cusva Verdugo por la elaboración de los mapas y la información de coberturas de tierras. A Luis José García-Melo por las fotografías.

Los autores del caso de estudio “Ríos costeros y sus ictiofaunas en el occidente de Venezuela: biogeografía y conservación”, señalan que este trabajo es el resultado de actualización de información generada en los proyectos CDCHT-UCLA (Proyectos: 043-AG-2001, 042-AG-2002, 001-DAG-2005), FONACIT (Proyecto S1-2000000777) y EIA-PROVITA (Proyecto 2006-08) y agradecen a Donald C. Taphorn por su labor de asesoría.

El estudio de la biota acuática de la Serranía de la Macuira fue posible gracias a la colaboración de PNN de Colombia, particularmente del Director del Parque Robinson González Tarazona y el apoyo invaluable durante el trabajo de campo de los guardaparques Onésimo Añez y Alexander González. Un agradecimiento especial a la comunidad de Kajashiwoü y al Profesor Alberto González Iguarán. A Hernando García (IAvH) por la coordinación de la expedición.

Las prospecciones ictiológicas y carcinológicas en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (2011-2013) fueron apoyadas por Coralina. Agradecemos a Elizabeth Taylor, Opal Bent, Giovanna Peñaloza, Federico Archibold, Gloria Hinestrosa, Santiago Posada, Suheydy Borden y Lauriana Taylor, por su apoyo durante nuestras visitas y trabajo de campo.

Los trabajos de campo de los ríos costeros del Litoral Central de Venezuela fueron financiados por la Fundación La Salle de Ciencias Naturales (Museo de Historia Natural), PROVITA y Conservación Internacional Venezuela.

Los editores agradecen a los colegas que aportaron fotografías: Andrea Aroyave-Rincón, Amyra Cabrera, Centro de Investigación y Desarrollo de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador - sede Esmeraldas (CID-PUCESE), Camilo Escobar-Sierra, Claudia Medina, Cristian Enrique Granados-Martínez, Diana Morales-Betancourt, Josefa Celsa Señaris, Juan David Carvajal-Quintero, Gian Carlo Sánchez-Garcés, Gonzalo Urrea, Luis José García-Melo, Pedro Jiménez Prado, Ramiro Barriga, Magnolia Longo, Katusca González-O., Oscar Miguel Lasso-Alcalá, Hernán Ortega, José Marchena, Lisveth Valenzuela y Sandra Valenzuela.

P. Sánchez-D.



RESUMEN EJECUTIVO

En el marco del Plan Operativo Anual (2014) del Programa de Biología de la Conservación y Uso de la Biodiversidad del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, se llevó a cabo el estudio “Cuencas pericontinentales de Colombia, Perú, Ecuador y Venezuela: tipología, biodiversidad, servicios ecosistémicos y sostenibilidad de los ríos, quebradas y arroyos costeros”, proyecto que forma parte de una línea de investigación sobre los recursos hidrobiológicos y pesqueros continentales de Colombia. Para liderar este proceso editorial se contó con la participación de la Universidad de Antioquia, junto a 16 organizaciones (universidades, ONG, entre otras) de cuatro países. Este incluyó la colaboración y coautoría de 37 expertos que aportaron información al documento. Con esta publicación se quiere presentar una definición de las cuencas pericontinentales o periféricas y una propuesta ecológica de múltiples criterios para elaborar una tipología en Colombia.

El libro incluye siete capítulos y trece casos de estudio. Respecto a los capítulos en el primero se define una cuenca pericontinental o periférica y se proponen seis

criterios de clasificación: 1) geomorfología y geología, 2) hidrología, 3) procesos ecosistémicos de cabecera, 4) estrategia de vida de los macro-consumidores acuáticos (dominancia de la diadromía), 5) ictiofauna dulceacuícola primaria, y 6) rasgos ecológicos de la entomofauna acuática. En el segundo capítulo, se tratan las generalidades del entorno geológico e hidroclimático de las cuencas pericontinentales del país ubicadas en los relieves satélites de las dos costas colombianas y en las islas. Estos son sistemas geológica y climatológicamente diversos. La litología es ígnea, metamórfica o sedimentaria, o una mezcla de ellas, como producto de la compleja interacción de procesos volcánicos, tectónicos y erosivos. Tal complejidad ha generado una gran variedad de geomorfologías fluviales que, básicamente, difieren en las alturas máximas y longitudes de las cuencas, las cuales permiten agruparlas con respecto a su coeficiente de relieve. Por otra parte, la hidroclimatología es igualmente compleja, debido a la operación de procesos atmosféricos de las escalas global, regional y local. La estacionalidad de la precipitación y los caudales de las cuencas periféricas es influenciada por el paso de la Zona de Convergencia Intertropical.



P. Sánchez-D.

RESUMEN EJECUTIVO

Las variaciones inter-anales son moduladas principalmente por El Niño-Oscilación Sureña, el cual en su fase cálida (El Niño), tiene una asociación inversa con los niveles de precipitación y caudal en la mayor parte del país, particularmente en la costa Caribe.

En el tercero se discute sobre la diadromía como convergencia evolutiva en peces, decápodos y gasterópodos en las cuencas pericontinentales de Colombia. La diadromía (ciclo de vida compartido entre el mar y las corrientes de agua dulce), y particularmente la anfidromía (desarrollo larval temprano en el mar, y migración, alimentación, crecimiento y reproducción en agua dulce), es una estrategia de vida convergente en peces, crustáceos decápodos y moluscos gasterópodos en las cuencas costeras tropicales y subtropicales. En ambas costas de Colombia se ha reportado la anfidromía en varias especies de peces de las familias Gobiidae, Eleotridae y Mugilidae, de decápodos (Palaemonidae y Atyidae) y de gasterópodos (Neritidae).

En el cuarto capítulo se muestra un inventario y catálogo taxonómico de los camarones asociados a las aguas pericontinentales (ríos, quebradas y arroyos costeros), de las vertientes Caribe y Pacífico de Colombia, incluyendo la región insular. Se identificaron 17 especies agrupadas en dos familias (Atyidae y Palaemonidae) y tres géneros (*Atya*, *Potimirin* y *Macrobrachium*). Se incluyen algunos aspectos preliminares sobre la conservación y el uso de estas especies en ambas cuencas.

En el quinto se estudia la entomofauna y otros macroinvertebrados acuáticos de sistemas insulares y pericontinentales de las cuencas Pacífico y Caribe de Colombia. Se presenta un recuento taxonómico de los

macroinvertebrados encontrados en la isla de Providencia y en algunas quebradas y ríos del pericontinente del mar Caribe, así como de los reportados para isla Gorgona (Pacífico); aspectos biogeográficos de los organismos reportados y un listado de los taxones que contribuyen en la fragmentación de la hojarasca y de la materia orgánica gruesa que es aportada por las zonas ribereñas a los canales.

En el sexto se analiza la caída, transformación, acumulación y exportación de la materia orgánica como el proceso maestro que sostiene el metabolismo heterotrófico de las quebradas de órdenes menores. Los estudios en el río Gaira (Sierra Nevada de Santa Marta) y las quebradas de la isla Gorgona, ofrecen las primeras evidencias sobre la importancia de dicho proceso.

El último capítulo trata sobre los múltiples servicios ecosistémicos que proveen las cuencas hidrográficas pericontinentales y su vulnerabilidad frente a los cambios globales que requieren un manejo apropiado para garantizar su uso sostenible. El principal servicio que prestan las cuencas hidrográficas pericontinentales es la provisión de agua para acueductos y distritos de riego, este último de manera significativa en la región Caribe. La pesca es un servicio importante a diferentes escalas económicas, que van desde la comercial artesanal, hasta la de subsistencia y recreativa. La intercepción hidrológica y la conversión de bosques a otras coberturas vegetales y no vegetales, son las principales amenazas antrópicas para la cuencas periféricas, impactando de manera negativa la cantidad y la calidad del agua.

Respecto a los casos de estudio para Colombia se presentan siete, donde se estudia la biota acuática de isla Gorgona, las

serranías de Baudó, Darién, La Macuira y San Jacinto y la ictiofauna de las aguas interiores de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, así como de algunos ríos y arroyos costeros de la Sierra Nevada de Santa Marta. De Venezuela se analizan en tres casos de estudio: la ictiofauna dulceacuícola del río Tuy y de los ríos costeros del

occidente del país, así como la biodiversidad acuática de los ríos costeros del Litoral Central. En los dos casos del Ecuador se estudian los peces y la importancia de los afluentes de la costa del Ecuador y la cuenca del río Santiago-Cayapas. Finalmente en el caso de Perú se estudia la biota de los ríos y arroyos representativos del país.



P. Sánchez-D.



EXECUTIVE SUMMARY

Within the Annual Operations Plan (2014) of the Conservation Biology and Biodiversity Use Program of the Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), a study was undertaken of the “Pericontinental drainages of Colombia, Peru, Ecuador and Venezuela: typology, biodiversity, ecosystem services, and sustainability of coastal rivers, streams and creeks”. This project is part of our ongoing research of the hydrobiological resources and freshwater fisheries of Colombia. Leadership for this editorial process was assumed by IAvH and the Universidad de Antioquia with participation of sixteen other institutions (universities, NGO’s, among others) from four countries. This included the collaboration and co-authorship of 37 experts who contributed to the book. This publication offers a definition of pericontinental or peripheral drainages and an ecological proposal incorporating multiple criteria for a typological classification of these streams in Colombia.

The book has seven chapters, and thirteen case studies (Colombia - 7, Ecuador - 2, Peru -1, and Venezuela - 3). The first chapter defines pericontinental or periferal

drainages and proposes six classification criteria: 1) geomorphology and geology, 2) hydrology, 3) headwater ecosystem processes, 4) life-history strategy of aquatic macro-consumers (dominance of diadromy), 5) primary freshwater fish fauna, and 6) ecological characteristics of the aquatic insects. In the second chapter, generalities of the geological and hydroclimatological environments of pericontinental drainages of the country as revealed by satellite imagery of both Colombian coasts and some islands are presented. The lithology is igneous, metamorphic or sedimentary, or a mixtures of those, as a result of the complex interaction of volcanic, tectonic and erosive forces. This geological complexity has generated a great variety of fluvial geomorphology with very basic differences in maximum altitude of headwaters and channel length that permits us to group them using a relief coefficient. The hydrological features are equally complex due to differing climatological forces operating on global, regional and local scales. Seasonality of precipitation and thus flow in pericontinental drainages is influenced by the passage of the Intertropical Convergence Zone. Inter-annual variations are modulated



P. Sánchez D.

EXECUTIVE SUMMARY

principally by the southern oscillation of El Niño, which in its warm phase (El Niño) has an inverse relationship with rainfall and flow in much of the country, and especially the Caribbean coast.

The third chapter deals with the convergent evolution of diadromy as a successful life-history strategy for fishes, decapods, and gastropods in the pericontinental drainages of Colombia. Diadromy (a life cycle in both the ocean and fresh water), and particularly amphidromy (early larval development in the sea, with migration to fresh water, where feeding, growth and reproduction occur), is a life history strategy upon which fishes, decapod crustaceans, gastropod mollusks have all converged in tropical and subtropical coastal drainages. Amphidromy has been documented for both Colombian coasts in several species of fishes (families Gobiidae, Eleotridae and Mugilidae) decapods (Palaemonidae and Atyidae) and gastropod snails (Neritidae).

In the fourth chapter inventories and taxonomic catalogs of the shrimp found in pericontinental waters of the Caribbean and Pacific coastal streams, and some island systems of Colombia are presented. Seventeen species in three genera (*Atya*, *Potimirin* y *Macrobrachium*) belonging to two families (Atyidae and Palaemonidae) are identified. Preliminary recommendations for conservation and use of these species are also included.

In the fifth chapter the insect fauna and other aquatic macroinvertebrates on insular and pericontinental drainages from Pacific and Caribbean Colombia streams are documented. Taxonomic accounts are given for the macroinvertebrates found

on Providence and Gorgona Islands, and some pericontinental streams of the Caribbean Coast. Biogeographic aspects of the organisms reported and a list of taxa contributing to the fragmentation of the leaf litter found along shore in stream channels is also presented.

In the sixth chapter, the fall, transformation, accumulation and exportation of organic material is analyzed as a major process sustaining heterotrophic metabolism of low order streams. Studies of the Gaira River (Sierra Nevada de Santa Marta) and streams on Gorgona Island, offer the first evidence of the importance of that process in this region.

The last chapter treats the multiple ecosystem services provided by pericontinental drainages, and their vulnerability to global changes that requires appropriate management to guarantee sustainability of those services. The main service provided by these drainages is the provision of fresh water for urban aqueducts and irrigation systems (very important in the Caribbean region). Fishing is important at different economic scales, including commercial artisanal, subsistence and recreational. Water extraction or diversion, and conversion of forests to other vegetation types are the principal human threats to pericontinental drainages. Both of these impacts negatively affect the amount and quality of water available.

Seven case studies in Colombia are reported: the aquatic biota of Gorgona Island, the Baudó, Darien, La Macuira and San Jacinto and the fish faunas of San Andrés, Providencia and Santa Catalina, as well as some coastal streams of the Caribbean coast, especially Sierra Nevada

de Santa Marta are given. In Venezuela, three studies of fishes and other aquatic biota are included for the Tuy River, coastal drainages of western Venezuela and the Central Littoral area streams. In the two case studies in Ecuador, the fishes and

the importance of the coastal drainages of Ecuador and the Santiago-Cauyapas River drainage are documented. And finally, in Peru representative coastal rivers and creeks are presented.



Río Jeréz, municipio de Dibulla, La Guajira, Colombia. Foto: C. A. Lasso

C. A. Lasso



INTRODUCCIÓN

Juan Felipe Blanco-Libreros

Colombia es un país mega-diverso no solo en términos de riqueza de especies, sino de ecosistemas y paisajes (<http://humboldt.org.co/biodiversidad>), y la biodiversidad y los ecosistemas acuáticos son uno de los componentes más significativos. Esto se debe a que es un país rico en recursos hídricos, ocupando el cuarto lugar a nivel mundial en oferta hídrica y estando por encima del promedio de Latinoamérica (<https://www.siac.gov.co>). Sin embargo, es poco conocida la riqueza en términos de paisajes fluviales costeros que surgió por la compleja interacción entre procesos geomorfológicos e hidroclimatológicos que han moldeado el territorio durante millones de años. Juntamente con el surgimiento de los tres ramales de la cordillera de los Andes, el levantamiento de varios sistemas satélites costeros (sierras y serranías) creó numerosas cuencas hidrográficas costeras que, por su tamaño, podrían ser consideradas como equivalentes geomorfológicos de las micro-cuencas de cabecera ubicadas en las montañas andinas. Estas micro-cuencas costeras tienen unas pocas decenas o cientos de kilómetros cuadrados y sus cursos de agua recorren

unos pocos kilómetros por un terreno de alta pendiente y estrechas planicies antes de desembocar en el mar. Al igual que sus contrapartes de las cabeceras andinas, las micro-cuencas en los sistemas satélites costeros se localizan a lo largo de un gradiente de precipitación que va desde hiperpluvial hasta desértico, desde el Chocó en la Costa Pacífica hasta la Guajira en la Costa Atlántica. Como consecuencia de ello, diferentes zonas de vida cubren dichas cuencas hidrográficas costeras, variando entre páramo y bosques de niebla y muy lluvioso tropical, hasta matorral espinoso y desierto. Cuencas con características similares se encuentran en algunos de los sistemas insulares de Colombia (p. e. Gorgona y Providencia). Sin embargo, las cuencas hidrográficas costeras e insulares tienen una biota acuática y una hidroclimatología distinta a las netamente continentales (epicontinentales en sentido estricto), lo cual las convierte en ecosistemas acuáticos únicos y un componente valioso del patrimonio natural del país. A pesar de estos rasgos, se conoce poco sobre ellos en comparación a otros paisajes como los andinos, y a pesar de su importancia para las

INTRODUCCIÓN

comunidades humanas, estos ecosistemas han permanecido casi ausentes dentro de los esfuerzos de investigación limnológica e ictiológica del país, y aun en las políticas nacionales de gestión del recurso hídrico (PNGIRH) y de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (PNGIBSE), formuladas durante la última década.

Contrario a este panorama nacional, las cuencas hidrográficas costeras e insulares del Caribe y de América Central, al igual que las insulares del Pacífico occidental y central, han sido protagonistas dentro de los estudios ecológicos acuáticos a nivel global y son apreciadas por los servicios ecosistémicos que prestan (Jacobsen *et al.* 2008, Ramírez *et al.* 2008, Wantzen *et al.* 2008). Dichos sistemas son reconocidos por sus características bióticas notables, tales como: a) la ausencia o baja incidencia de peces dulceacuícolas primarios; b) la dominancia de peces, camarones y caracoles diádromos (que migran entre los sistemas fluviales y el mar) y c) la pobre y poco abundante entomofauna (Smith *et al.* 2003). Por otra parte, también han sido sitios preferidos para desarrollar y someter a prueba hipótesis ecológicas y evolutivas dada la simplicidad o poca complejidad ecosistémica, lo cual ha favorecido ya sea la observación a escalas regionales y largos plazos, o la experimentación a escalas ecosistémica y paisajística (Blanco 2009, Blanco *et al.* 2009, 2014). Adicionalmente, dado que las islas y zonas costeras han sido objeto de una extensa transformación por la actividad agropecuaria y la urbanización durante por lo menos los últimos cien años, han sido escenarios importantes para las discusiones sobre la biología de la conservación de los ecosistemas acuáticos y la sostenibilidad del desarrollo humano rural y urbano (Ramírez *et al.* 2008).

Debido a que dichas experiencias han mostrado que se requiere un abordaje científico específico para la descripción sistemática de la biodiversidad y de los procesos ecológicos, además de la hidrología y la geomorfología de las cuencas hidrográficas costeras, el objetivo de este libro es abordar integralmente estos sistemas como objetos de estudio de la siguiente manera: 1) definiéndolos como ecosistemas distintos a los epicontinentales por medio de hipótesis que puedan ser sometidas a prueba con base en la información local existente o en la literatura global (Capítulo 1); 2) describiendo sus principales características geomorfológicas e hidrológicas, y haciendo un inventario con base en la zonificación nacional de cuencas (Capítulo 2); 3) describiendo sus características bióticas (peces, camarones, gasterópodos e insectos, Capítulos 3-5) y ecológicas (procesamiento de la materia orgánica; Capítulo 6), y 4) analizando su estado actual de conservación y formulando lineamientos para su sostenibilidad (Capítulo 7). Finalmente, se incluyen varios casos de estudio de cuencas de varios de los sistemas satélites de Colombia, al igual que de Venezuela, Ecuador y Perú. Este libro parte de las experiencias de investigación en el Chocó Biogeográfico (p. e. Gorgona, Baudó y Darién) durante casi una década, que ya han dado cuenta del patrimonio natural, cultural y económico de las cuencas hidrográficas costeras debido a la presencia de peces con estrategias de vida únicas como la diadromía, un número significativo de peces endémicos, la provisión de especies de peces y camarones importantes para la pesca artesanal y la provisión de agua dulce para acueductos veredales (Blanco *et al.* 2014). Se complementa con investigaciones recientes en otras cuencas del Caribe continental e insular de Colombia para darle una visión y relevancia nacional

haciendo énfasis tanto en las características, comunes como en las distintivas de cada región (Caribe vs. Pacífico) o sistema satélite (serranías y sierras).

Se busca que este libro contribuya a la gestión integral de la biodiversidad acuática y de las cuencas hidrográficas costeras. Como parte de la Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt complementará el conocimiento sobre las cuencas hidrográficas del país, que ya cuenta con publicaciones sobre las principales macro-cuencas (ver Lasso *et al.* 2011). Por otra parte, se espera que este esfuerzo contribuya a la formulación de los planes de ordenamiento y manejo de las cuencas hidrográficas costeras recientemente priorizadas (vertiente norte de la Sierra Nevada de Santa Marta y vertiente oriental de la Serranía de Abibe) por la PNGIRH, y que estimule a los municipios costeros para visibilizar las cuencas hidrográficas costeras y los recursos hidrobiológicos y pesqueros dentro de sus jurisdicciones en la actualización de los planes de ordenamiento territorial. Es urgente la implementación de estos instrumentos de gestión fundamentados en una base científica sólida para afrontar los efectos negativos del calentamiento global pronosticados, por lo menos para el Caribe colombiano, por el Estudio Nacional del Agua (IDEAM 2010). Ante la incertidumbre que se tiene para la cuenca del Pacífico por la escasez de datos hidro-climatológicos, es necesario aplicar el principio de precaución dado que son sistemas con una eco-hidrología similar a la de las cuencas del Caribe (ver Capítulos 1, 2 y 7).

Finalmente, se busca que el reconocimiento del patrimonio natural que representan

las cuencas hidrográficas costeras e insulares y su biodiversidad acuática descritas en las siguientes páginas, estimule una nueva generación de científicos acuáticos colombianos y latinoamericanos que contribuya al desarrollo de nuevas hipótesis y teorías para la biología, la ecología y la conservación tropical, de la misma manera que este libro hoy se ha nutrido de lo aprendido en los sistemas insulares del Caribe y del Pacífico (p. e. Resh y De Szalay 1995, Brokaw *et al.* 2012). Mediante la revisión profunda y extensa de la literatura internacional y de las principales hipótesis aplicables a los temas de estudio aquí presentados, se espera que este libro estimule un cambio cuantitativo y cualitativo en la investigación en ecología lítica, entomología acuática, carcinología y la ictiología en el país, la cual se ha caracterizado hasta el momento por su enfoque y alcances locales. En el reciente número especial sobre estudios en macroinvertebrados acuáticos de Latinoamérica (Ramírez y Gutiérrez-Fonseca 2014), cinco de un total de 18 artículos correspondieron a estudios realizados en Colombia, y solo uno de ellos en una quebrada costera. Sin embargo, en la misma publicación, Ramírez y Gutiérrez-Fonseca (op. cit.), resaltan que aunque entre 2000 y 2013, Colombia contribuyó, después de Brasil, con un número significativo de investigaciones en macroinvertebrados acuáticos (13,7% de un total de 500 artículos), fueron publicadas principalmente en revistas de bajo impacto (64%) o no indexadas (19%), lo cual confiere un bajo factor de impacto promedio a los autores nacionales, ubicándolos en el puesto 19 después de autores estadounidenses, europeos y latinos que investigan en Latinoamérica. También concluyeron que es necesario investigar en los siguientes aspectos: 1) taxonomía, 2) mecanismos que influyen sobre los cambios en



P. Jiménez-Prado

INTRODUCCIÓN

biodiversidad, 3) evaluaciones del papel de los macroinvertebrados en procesos ecosistémicos, 4) métodos de biomonitorio, 5) aproximaciones ecosistémicas y 6) patrones y procesos ecológicos a largo plazo. Estas mismas prioridades de investigación se pueden aplicar perfectamente a otros grupos como los peces y otros vertebrados acuáticos. Ojalá que este libro sea el primer paso para estimular la investigación en esos diferentes ámbitos temáticos utilizando los ríos, quebradas y arroyos costeros de Colombia y del norte de Suramérica como modelos de estudio.

Bibliografía

- Blanco, J. F. 2009. Darwin y la paradoja de las islas vacías. *Acta Biológica Colombiana* 14: 269-282.
- Blanco, J. F., A. Ramírez y F. N. Scatena. 2009. Las quebradas del Parque Nacional Natural Gorgona dentro del contexto global: introducción al número especial. *Revista Actualidades Biológicas* 31: 105-110.
- Blanco, J. F., C. Escobar-Sierra y J. D. Carvajal. 2014. Gorgona, Baudó y Darién (Chocó Biogeográfico, Colombia): ecorregiones modelo para los estudios ecológicos de comunidades de quebradas costeras. *Revista de Biología Tropical* 62: 43-64.
- Brokaw, N., T. A. Crowl, A. E. Lugo, W. H. McDowell, F. N. Scatena, R. B. Waide y M. R. Willig (Eds.). 2012. A Caribbean forest tapestry. The multidimensional nature of disturbance and response. Long-term Ecological Research Network Series. Oxford University Press. EUA. 460 pp.
- IDEAM. 2010. Estudio Nacional del Agua 2010. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C. 420 pp. Disponible en línea en: <https://www.siac.gov.co/contenido>.
- Jacobsen, D., C. Cressa, J. M. Mathooko y D. Dudgeon. 2008. Macroinvertebrates: composition, life histories and production. Pp: 65-105. En: D. Dudgeon (Ed.). *Tropical Stream Ecology*. Academic Press.
- Lasso, C. A., F. de Paula Gutiérrez, M. A. Morales-Betancourt, E. Agudelo, H. Ramírez-Gil y R. E. Ajiaco-Martínez (Eds.). 2011. II. Pesquerías continentales de Colombia: cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertiente del Pacífico. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia, 304 pp.
- Ramírez, A. y P. E. Gutiérrez-Fonseca. 2014. Estudios sobre macroinvertebrados acuáticos en América Latina: avances recientes y direcciones futuras *Revista de Biología Tropical* 62 (Supl. 2): 9-20.
- Ramírez, A., C. M. Pringle y K.M. Wantzen. 2008. Tropical river conservation. Pp: 298-304. En: D. Dudgeon (Ed.). *Tropical Stream Ecology*. Academic Press.
- Resh, V. H. y E. A. De Szalay. 1995. Streams and rivers of Oceania. Pp. 717-736. En: C. E. Cushing, K. W. Cummins y G. W. Minshall (Eds.). *River and stream ecosystems of the World*. Elsevier, Amsterdam, Holanda.
- Smith, G. C., A. P. Covich y A. M. D. Brasler. 2003. An ecological perspective on the biodiversity of tropical island streams. *Bioscience* 53: 1048-1051.
- Wantzen, K. M., C. M. Yule, J. M. Mathooko y C. M. Pringle. 2008. Organic matter processing in tropical streams. Pp: 43-64. En: D. Dudgeon (Ed.). *Tropical Stream Ecology*. Academic Press.



Río Jordán, La Guajira, Colombia. Foto: D. Morales-B.



Quebrada Valencia, Colombia. Foto: C. A. Lasso



1. ¿QUÉ ES UNA CUENCA PERICONTINENTAL?

Juan Felipe Blanco-Libreros

Introducción

Durante el desarrollo histórico de las ciencias acuáticas continentales en Colombia, las pequeñas corrientes de agua que desembocan directamente al mar han permanecido sub-exploradas y sub-estimadas por la comunidad científica a pesar de sus características distintivas y gran importancia para las comunidades humanas locales, por la provisión de múltiples servicios ecosistémicos. Por ejemplo, la ictiología y la biología pesquera continental se han concentrado en las grandes cuencas hidrográficas andinas, principalmente Magdalena y Cauca, y más recientemente, en algunas cuencas de la Amazonia y la Orinoquia, al igual que la del Atrato (Maldonado-Ocampo *et al.* 2005, Lasso *et al.* 2011, Maldonado-Ocampo *et al.* 2012). Por su parte, la entomología acuática y la limnología se han concentrado en los cursos montañosos vadeables y de bajo orden (Roldán y Ramírez 2008). Estas corrientes de agua, sean de montaña, de los valles o planicies, desembocan en los grandes sistemas fluviales (Magdalena, Cauca, Sinú, Atrato, Orinoco y Amazonas) que después

de decenas o cientos de kilómetros tributan sus aguas al mar, y se les denomina epicontinentales o simplemente continentales para diferenciarlos de los recursos hídricos insulares y de las aguas marinas (IDEAM 2013).

Definir los cursos de agua que semánticamente podrían clasificarse como costeros, periféricos o pericontinentales es, sin embargo, menos intuitivo, dado que el concepto representa, en sí mismo, un desafío conceptual y científico. Por ejemplo, es claro que grandes ríos de la cuenca del Caribe como el Sinú o el Atrato, o del Pacífico como el San Juan, Anchicayá, Patía o Mira, entre otros, son periféricos por el hecho de no nacer dentro de los valles de la región Andina, pero pocos se atreverían a definirlos como ríos costeros. De hecho algunos autores, a pesar de reconocer que dichos ríos pertenecen a vertientes o zonas hidro-geográficas diferentes, sugieren clasificarlos como ríos andinos porque nacen en zonas de cabecera de las vertientes Pacífica o norte de alguna de las tres cordilleras colombianas, y sus

¿QUÉ ES UNA CUENCA PERICONTINENTAL?

hidrógrafas (gráficas de variación intranual del caudal instantáneo, medio diario o mensual), tienen los comportamientos atenuados y marcadamente estacionales observados en las cuencas andinas (Restrepo 2005, 2008, IDEAM 2013). De esta manera, se vuelve menos claro qué podría ser clasificada como una cuenca hidrográfica costera. Para hacer una primera claridad, los sistemas periféricos a los que se referirá esta publicación son aquellos identificados como litorales, directos o insulares en la clasificación de zonas hidrográficas de IDEAM (2013). Sin embargo, también abordará algunos incluidos dentro de zonas mayores y menos intuitivas, tales como Atrato-Darién y Caribe-Urabá (IDEAM 2013). Por lo tanto, el objetivo de este capítulo es poner en consideración de la comunidad científica una propuesta ecológica de múltiples criterios (*i.e.* geológicos, hidrológicos y biológicos) para la definición y la clasificación de las cuencas hidrográficas costeras o pericontinentales (términos que serán empleados como sinónimos en este capítulo y los siguientes), con base en la investigación publicada y experiencia de campo, además de la revisión de la literatura nacional e internacional. Este capítulo amplía los criterios propuestos recientemente utilizando como ejemplos las cuencas hidrográficas periféricas del Chocó biogeográfico, específicamente de la isla Gorgona y las serranías del Baudó y del Darién (Blanco *et al.* 2014).

Bases para un sistema de clasificación y algunas definiciones

Varios sistemas de clasificación de los paisajes fluviales han sido propuestos desde los años sesentas y setentas, utilizando diferentes criterios. Un primer sistema de clasificación fue el de zonación longitudinal propuesto por Illies y Botosaneau (1963) el cual definía varios segmentos de

los ríos europeos de acuerdo a su composición de especies de peces y macroinvertebrados en función de su pendiente y la temperatura del agua (*i. e.* potamon, ritral y crenon). Posteriormente, Hynes (1975) en su conferencia magistral titulada “El río y su valle” llamó la atención sobre la importancia de incorporar los contextos ribereño y de la cuenca, al estudio de la biodiversidad y el funcionamiento ecosistémico de los cursos de agua. Aunque Hynes (*op. cit.*) no propuso un sistema de clasificación como tal, motivó la incorporación del elemento terrestre a los criterios para la tipificación de los sistemas fluviales. A finales de los años setenta, Vannote *et al.* (1980) propusieron el concepto del Río Continuo o CRC (basado en las evidencias de campo de ríos de las planicies de los Estados Unidos), el cual estableció que dado que la geomorfología determina las condiciones físicas a lo largo de los cursos de los ríos, por lo tanto, es posible establecer algunos cambios ecológicos a lo largo del “continuo” en los ámbitos ribereño y acuático asociados con los diferentes órdenes de los segmentos. De esta manera, se vincularon por primera vez criterios geomorfológicos con criterios ecológicos de la zona ribereña (apertura del dosel y aporte de hojarasca) y del medio acuático (metabolismo y composición biótica). Después de la formulación del CRC, surgieron varias propuestas alternativas, mas como críticas que como propuestas diferentes. Una de esas propuestas fue la “Discontinuidad Serial” que propuso que a lo largo del curso del río las represas ejercían un efecto disruptivo sobre las predicciones del CRC, pero que después incorporó otras discontinuidades asociadas con los planos de inundación en cursos trezados y meándricos (Ward y Stanford 1995). Otra fue la de la ecología hidráulica que en su propuesta original también resaltó

la importancia de las discontinuidades hidráulicas, asociadas con las cascadas, confluencias de tributarios, las represas y lagos, y las desembocaduras a lo largo del recorrido de los ríos, como responsables de cambios de composición de comunidades faunísticas bénticas (Statzner y Higler 1985). Finalmente, Frissell *et al.* (1986) propusieron un sistema de clasificación jerárquico del paisaje fluvial el cual establece un esquema secuencial de elementos geomorfológicos más finos contenidos dentro de otros más gruesos. De esta forma, los microhábitats están contenidos secuencialmente dentro de hábitats, tramos, segmentos, redes de drenaje y, finalmente, cuencas enteras. Este ha sido uno de los esquemas menos controversiales y ampliamente utilizado hasta la actualidad. Esta breve revisión de algunos de los principales sistemas de clasificación de los ecosistemas fluviales demuestra la necesidad de emplear criterios geomorfológicos, hidrológicos, ecológicos y bióticos (*e.g.* zoológicos o botánicos). Ward (1989), además, resalta la importancia de tener en cuenta la naturaleza quadri-dimensional de los sistemas fluviales: longitudinal, lateral, vertical y temporal.

Finalmente, para unificar la jerga científica y las acepciones regionales, se usará de manera indistinta quebrada y riachuelo para referirse a las corrientes de agua permanente pero vadeables usualmente ubicadas en cabeceras y porciones montañosas de las cuencas hidrográficas de todo el país, mientras que arroyo se referirá a las corrientes de agua ubicadas en la planicie costera Caribe de Colombia que, aunque pueden pertenecer a un orden similar a las quebradas andinas, se secan de manera estacional o son efímeras. De hecho, arroyo es una acepción de origen castellano que se emplea de manera convergente en todas las zonas áridas y secas de Latinoamérica

(incluyendo el sur de los Estados Unidos). Caño, aunque no es una palabra de uso generalizado en las regiones Andina y Pacífica, hace referencia específica a las desembocaduras de las ciénagas en el mar Caribe, lo cual difiere del significado de caño en las regiones de la Orinoquia y la Amazonía, el cual es un canal de comunicación entre ciénagas, entre ellas y las corrientes que las nutren, o entre cauces principales de segmentos meándricos y trezados. En la región Caribe no se consideran como sinónimos a los caños y los arroyos, dado que los primeros no están delimitados por divisorias de aguas, sino por espejos de agua, mientras que los segundo sí. Finalmente, independientemente de la cuenca se considera como río un curso de agua permanente, no vadeable debido a su profundidad y ancho. En los ámbitos costeros abordados por esta publicación los ríos poseen caudales promedios del orden de unos pocos metros cúbicos por segundo hasta unas pocas decenas, aunque muy pocos de ellos (al igual que las quebradas y arroyos) se encuentran aforados.

Criterios para la definición y clasificación ecológica de las cuencas pericontinentales

A continuación se hace una comparación entre las cuencas peri y epicontinentales con base en los siguientes criterios, modificados a partir de la propuesta inicial de Blanco *et al.* (2014): 1) geomorfología y geología, 2) hidrología, 3) procesos ecosistémicos de cabecera, 4) estrategia de vida de los macro-consumidores acuáticos (dominancia de la diadromía), 5) ictiofauna dulceacuícola primaria y 6) rasgos ecológicos de la entomofauna acuática.

1) Geología y geomorfología

Una de las características más sobresalientes de ambas costas colombianas es



J. F. Blanco

¿QUÉ ES UNA CUENCA PERICONTINENTAL?

la presencia de sistemas montañosos satélites denominados serranías y sierras, los cuales tienen un origen geológico distinto al de los sistemas cordilleranos circundantes andinos (Castaño-Uribe 1999). Las serranías y sierras también se originaron en periodos geológicos diferentes a los de los tres ramales de la cordillera de los Andes. Dichos sistemas periféricos también han sido formados por procesos geológicos distintos conllevando no solo a geo-formas diferentes, sino a litologías contrastantes. En la costa Pacífica norte se encuentra la serranía del Baudó, mientras que en la costa Atlántica se encuentran las serranías del Darién, Abibe, San Jacinto y Macuira (Figura 1). La Sierra Nevada de Santa Marta es el sistema montañoso costero más alto de Colombia, pero también de todo el mundo. En cuanto a los sistemas insulares en el mar territorial de Colombia, se encuentran la isla Gorgona (océano Pacífico) y las islas que componen el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (mar Caribe). Finalmente, la serranía de Perijá es poco reconocida en Colombia como un sistema costero, ya que su vertiente oriental (ubicada en territorio venezolano donde es conocida como sierra), drena hacia el golfo o Lago de Maracaibo. El IDEAM (2013) la clasifica como la provincia hidrogeológica montana del río Catatumbo. Por el contrario, su vertiente occidental drena sus aguas hacia el río Cesar, que aunque nace en la vertiente sur de la Sierra Nevada de Santa Marta es un tributario del río Magdalena (Castaño-Uribe 1999). Estos sistemas satélites son de origen volcánico (Gorgona, Baudó, Darién, Sierra Nevada de Santa Marta, Perijá) o tectónico. Este último proceso conllevó al plegamiento de fondos sedimentarios (Abibe y San Jacinto), graníticos (Macuira) o kársticos (San Andrés y Providencia) (Castaño-Uribe 1999) (Figura 2). Todos

estos sistemas satélites son de baja altura, usualmente inferiores a los 1.000 m s.n.m., con excepción de la serranía de Perijá y de la Sierra Nevada de Santa Marta las cuales superan los 3.000 y 5.000 m s.n.m., respectivamente.

La primera consecuencia geomorfológica que tienen tanto la ubicación en medio de una planicie costera como la baja altitud de los sistemas periféricos, es que el relieve de sus cuencas hidrográficas tienen dos ámbitos claramente definidos: el ámbito montañoso y el ámbito de planicie (Figura 2). Usualmente, las corrientes de agua se abren camino en las montañas a lo largo de grietas o cañones empinados que van recibiendo pequeños tributarios y al alcanzar, finalmente, la planicie realizan cortos recorridos meándricos. Otra consecuencia, es que en términos de la organización de las redes de drenaje, de acuerdo al sistema de clasificación de Horton (Horton 1945, Buffington y Montgomery 2013), los cursos de agua desembocan en el mar como ordenes pequeños, desde 0 hasta 4 (raramente >5). En las zonas más áridas del Caribe, los pequeños relieves no alcanzan a generar caudales permanentes durante los periodos secos, mientras que en las zonas más lluviosas y con altas pendientes del Pacífico, muchas cascadas desembocan directamente en el mar. Esta configuración geomorfológica de las cuencas periféricas de Colombia hace que difieran significativamente del arquetipo del CRC (Vannote *et al.* 1980) en el cual los segmentos de órdenes superiores a 5 dominan el recorrido de los ríos. De esta forma, es probable que muchas cuencas periféricas colombianas no se ajusten a las predicciones del funcionamiento ecosistémico propuestas por el CRC, tal como lo sugieren los estudios realizados en isla Gorgona y el Chocó biogeográfico (Blanco *et al.* 2009, Blanco *et al.*

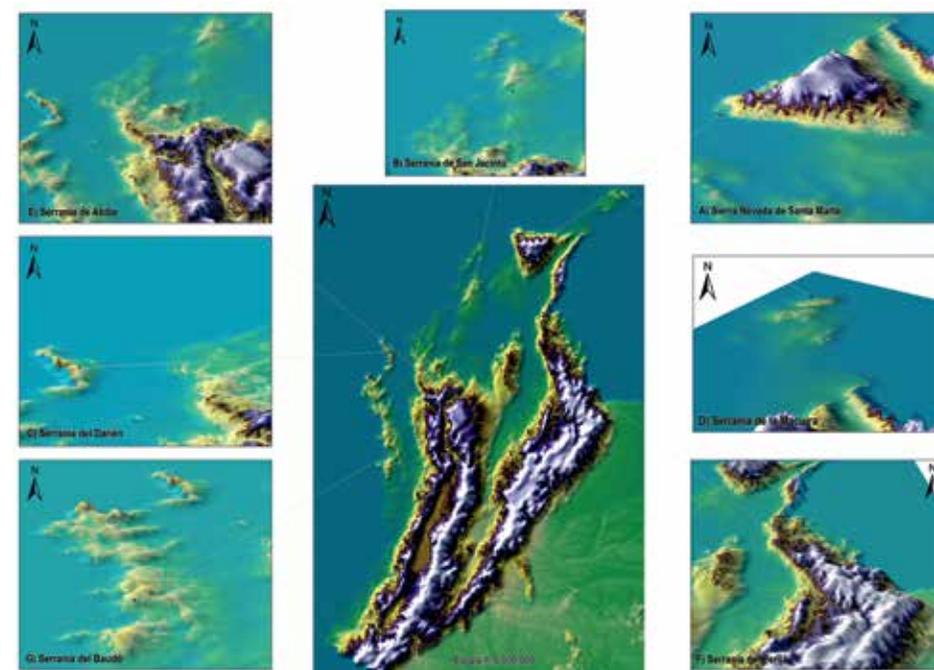


Figura 1. Modelos digitales de elevación que indican los principales relieves satélites de Colombia (sierras y serranías). Se muestran las vistas oblicuas de los siete principales sistemas pericontinentales y se excluyen los insulares (islas Gorgona, San Andrés y Providencia). Autor: R. Pérez-Fontalvo.

2014) y otros sistemas loticos insulares de zonas tropicales y templadas (ver referencias en Blanco *et al.* 2014). En el Capítulo 2 se abordarán las características geológicas de las serranías y sierras costeras de Colombia.

2) Hidrología

Aunque las características geológicas y geomorfológicas de los sistemas periféricos son bastante intuitivos, las características hidrológicas de sus cuencas lo son menos. Al igual que todas las cuencas en el territorio nacional, el régimen estacio-

nal de los caudales medios es influenciado por los desplazamientos latitudinales de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), independientemente que la magnitud anual sea diferente entre los sistemas del Caribe y del Pacífico. Sin embargo, debido a su ubicación dentro de unas pocas decenas de kilómetros desde el mar, todos los relieves periféricos son influenciados por sistemas atmosféricos marinos o marítimos, tales como los sistemas ciclónicos y ondas en el Caribe y los sistemas de meso-escala en el Pacífico, los cuales pueden generar intensas precipitaciones que cau-



J. F. Blanco

¿QUÉ ES UNA CUENCA PERICONTINENTAL?



J. F. Blanco

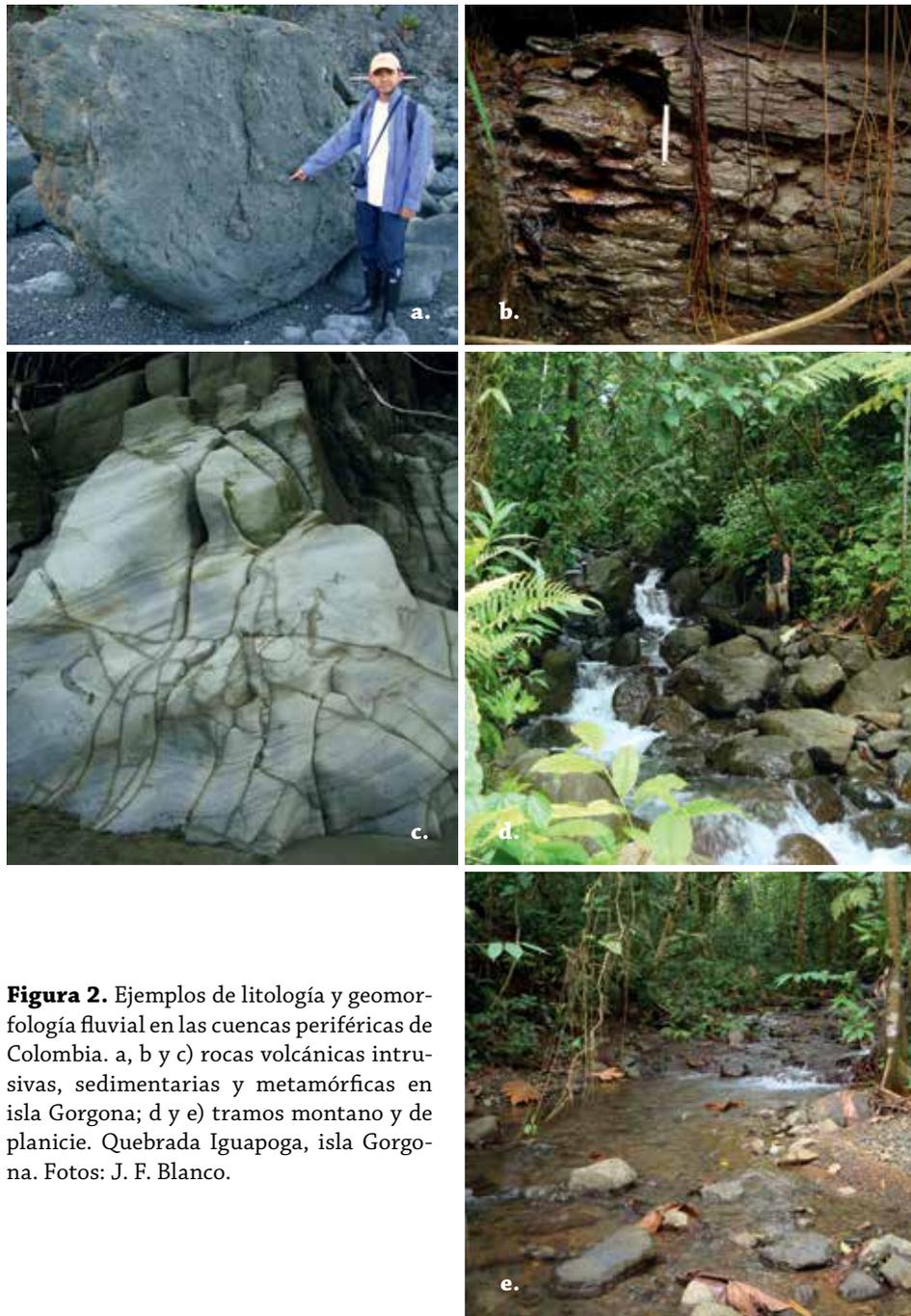


Figura 2. Ejemplos de litología y geomorfología fluvial en las cuencas periféricas de Colombia. a, b y c) rocas volcánicas intrusivas, sedimentarias y metamórficas en isla Gorgona; d y e) tramos montano y de planicie. Quebrada Iguapoga, isla Gorgona. Fotos: J. F. Blanco.

san incrementos súbitos de caudal, varios ordenes de magnitud por encima del instantáneo o promedio, independientemente de la época del año. Por ejemplo, en la isla Gorgona los sistemas de meso-escala pueden ocasionar crecientes aun durante el primer trimestre del año (el cual corresponde a la época de menor precipitación) o durante años El Niño (Blanco 2009a) (Figura 3). En el caso del Caribe, las crecientes repentinas en los arroyos son más comunes durante el segundo semestre del año, coincidiendo con el periodo de mayor actividad ciclónica del Caribe (agosto-noviembre) (p. e. río Gaira: Tamarís-Turizo y López-Salgado 2006, Rodríguez-Barrios *et al.* 2011). Las hidrógrafas o regímenes de caudal, con alta frecuencia de crecientes repentinas como las observadas en las cuencas periféricas de Colombia, son conocidas como pulsátiles o torrenciales y han sido bien documentadas en el Caribe insular (p. e. Puerto Rico: Schellekens *et al.* 2004, Pike y Scatena 2010, Murphy y Stallard 2012) y continental (p. e. México, Veracruz: Muñoz-Villers y McDonnell 2012).

Una consecuencia geomorfológica importante de los regímenes pulsátiles y de las altas pendientes de las cabeceras en las cuencas hidrográficas pericontinentales es la alta tasa de producción neta de sedimentos (caudal sólido ponderado por el área de la cuenca), tal como sucede con cualquier cuenca pequeña (Milliman y Svitisky 1992). Esto se debe a que, además de tener laderas con altas tasas de erosión, los sedimentos transportados tienen poca área de acumulación en la planicie costera y por lo tanto, son exportados hacia el mar y depositados en zonas de bajamar (Restrepo 2005, 2008). Debido a esto durante la época de lluvia se acumulan grandes cantidades de sedimentos, los cuales son redistribuidos por el oleaje o las mareas, pero durante la época de sequía son depositados dentro de las desembocaduras formando barras arenosas o de gravas y cantos que bloquean el intercambio de agua dulce superficial con el mar (Figura 4). En el Capítulo 2 se abordarán en profundidad las características hidrológicas de las cuencas pericontinentales de Colombia.



Figura 3. Régimen pulsátil de caudal en isla Gorgona. a) Quebrada El Roble durante una lluvia intensa; b) quebrada Ilú durante estiaje (se muestra la ubicación del limnómetro). Fotos: J. F. Blanco.

¿QUÉ ES UNA CUENCA PERICONTINENTAL?



Figura 4. Barra con acumulación de cantos rodados, taponando la desembocadura del río Capurganá, serranía del Darién. Foto: J. F. Blanco.

3) Procesos ecosistémicos de cabecera

El hecho que las pequeñas cuencas periféricas tengan doseles cerrados y altas pendientes hace que los segmentos de cabecera sean fuentes de grandes cantidades de materia orgánica e inorgánica que es transportada de manera gradual o súbita hacia el mar (Heartsill-Scalley *et al.* 2012, Wohl y Ogden 2013). Al igual que en las propuestas clásicas, las cabeceras de las cuencas pericontinentales reciben grandes cantidades de hojarasca desde el dosel ya sea de manera continua o estacional (Figura 5). Éstas también reciben grandes cantidades de madera, suelo y rocas debido a la caída de árboles y a los deslizamientos de tierra en las laderas, tal como se ha observado para cabeceras de zonas templadas y tropicales (Scatena y Gupta 2013). Aunque los procesos eco-

sistémicos de cabecera también se presentan en los cursos de bajo orden en las microcuencas andinas, éstos son menos importantes que los procesos de transporte, transformación y acumulación, los cuales predominan en los largos segmentos de las planicies, siendo consistente con las predicciones del CRC (Vannote *et al.* 1980). Como se mencionó en el criterio anterior, en algunas cuencas periféricas son más extensos los segmentos montañosos que los de planicie (o están en el mismo orden de magnitud) y, por lo tanto, la organización ecosistémica, derivada del procesamiento de la materia orgánica y metabolismo, difiere significativamente de las predicciones del CRC (Blanco *et al.* 2009, Blanco *et al.* 2014). En el Capítulo 6 se abordará el proceso de transformación de la materia orgánica en las cuencas periféricas de Colombia.



Figura 5. Evidencias de procesos de cabecera en isla Gorgona. a) Derrumbe de un banco de una quebrada aportando madera, hojarasca y suelo; b) acumulación de hojarasca en el lecho por caída directa; c) coluvios en un tramo de orden cero. Fotos: J. F. Blanco.

4) Estrategias de vida de los macroconsumidores acuáticos (diadromía)

Las cuencas periféricas sean continentales o insulares tropicales y subtropicales en todo el mundo, están dominadas por especies de peces, camarones y gasterópodos con ciclos de vida diádromos (McDowall 2009, Thuesen *et al.* 2011, Bauer 2013). Las especies diádromas tienen etapas de su ciclo vital que se desarrollan ya sea en el ámbito marino o en el dulceacuicola (McDowall 2009). Particularmente en la anfidromía (el tipo más generalizado de diadromía en las zonas tropicales y sub-tropicales), los huevos son depositados en el lecho de las quebradas y ríos, y después de la eclosión las larvas derivan hasta alcanzar el mar, donde continúa el desarrollo hasta la etapa de larva o post-larva; finalmente éstas inician un proceso de migración corriente arriba, cubriendo gradualmente su curso hasta toparse con una barrera o alcanzar las cabeceras (McDowall 2009, Bauer 2013). Durante este proceso de migración río arriba se alcanza la madurez sexual y, por lo tanto, muchas especies de lento crecimiento, se reproducen de manera continua durante su recorrido por el resto de sus vidas. En las cuencas periféricas de Colombia predominan numéricamente los camarones (decápodos) de la familia Palaemonidae (conocidos en el Pacífico como muchillá), que coexisten con peces de varias familias como Mugilidae, Eleotridae y Gobiidae (Blanco *et al.* 2014) (Figura 6). Los gasterópodos aunque no son tan abundantes como en otros sistemas insulares del Caribe insular y Centroamérica, también están presentes en los tramos terminales de las quebradas costeras del Pacífico y Caribe colombiano. Algunos de los géneros y especies tanto de peces como de decápodos son anfipánamícos. Finalmente, dado que las migraciones de larvas y post-larvas de peces diádromos



J. F. Blanco

¿QUÉ ES UNA CUENCA PERICONTINENTAL?



J. F. Blanco

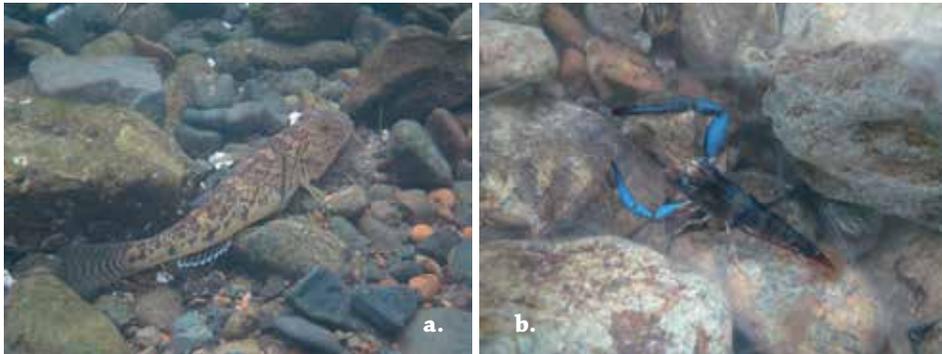


Figura 6. Especies diádromas del Pacífico colombiano (isla Gorgona). a) Pez góbido (*Awaous transandeanus*); b) camarón palaemónido (*Macrobrachium* sp.). Fotos: J. F. Blanco.

pueden ser numerosas, se consideran como un recurso pesquero altamente apreciado por parte de los habitantes de ambas costas colombianas (Lasso *et al.* 2011). En el Capítulo 3 se abordará la diadromía como convergencia evolutiva en varios taxones (con énfasis en los peces) y sus consecuencias ecológicas en las cuencas periféricas de Colombia, mientras que en el Capítulo 4 se abordarán de manera exclusiva los decápodos diádromos desde una perspectiva tanto ecológica como sistemática debido a que son uno de los grupos mejor estudiados en el país.

5) Riqueza de la ictiofauna dulceacuícola primaria

Debido a la posición continental de la mayoría de las cuencas periféricas de Colombia (con excepción de las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina), la fauna diádroma coexiste con una ictiofauna dulceacuícola con diferente grado de riqueza dependiendo de la historia geológica de sus serranías o sierras (revisado por Blanco *et al.* 2014). Muchas cuencas pericontinentales más pequeñas, al igual

que las insulares, debido al alto grado de disturbio causado por las crecientes, por las sequías o por el aislamiento geográfico, no presentan especies dulceacuícolas primarias, sin embargo, han sido subexploradas (Maldonado-Ocampo *et al.* 2012). Por el contrario, los ríos y quebradas de mayor caudal y regímenes menos pulsátiles tales como los ríos Juradó, Valle, Jurubidá, Baudó, Acandí, Tanela y León, para el caso del Chocó Biogeográfico, son los que presentan no solo mayor riqueza de especies, sino algunos endemismos, de acuerdo con los pocos inventarios disponibles (Maldonado-Ocampo *et al.* 2012). Dependiendo de la región, principalmente en el Caribe, las ictiofaunas dulceacuícolas primarias están compuestas por especies generalistas con amplios rangos geográficos. Los inventarios disponibles muestran una dominancia por parte de Characiformes, Siluriformes, Cyprinodontiformes y Perciformes (Figura 7), sin embargo, es claro que hace falta mucho esfuerzo de muestreo para este grupo en las cuencas periféricas de Colombia (Maldonado-Ocampo *et al.* 2005, 2012). Por otra parte, las sierras



Figura 7. *Andinoacara latifrons* (Cichlidae), pez dulceacuícola primario común en los arroyos y tributarios del golfo de Morrosquillo. Foto: C. Escobar-Sierra.

y serranías costeras de Colombia ofrecen una gran oportunidad para el estudio de la ictiofauna dulceacuícola primaria desde la perspectiva de la biogeografía insular, dado que dichos relieves se erigen como islas funcionales en medio de grandes planicies que los separan de los ramales andinos y que los procesos de especiación pudieron darse por “captura de las cuencas hidrográficas” (Castaño-Urbe 1999, Maldonado-Ocampo *et al.* 2012).

6) Rasgos ecológicos de la entomofauna acuática

Los estudios disponibles sobre la entomofauna lótica insular del Caribe y del Pacífico Oriental Tropical, sugieren una marcada correlación inversa entre la riqueza y la distancia al continente, estando algunos grupos y ordenes con baja capacidad de dispersión ausentes en las islas más alejadas (Gutiérrez-Fonseca *et al.* 2013). A pesar de que las quebradas ubicadas en las cuencas pericontinentales están más cerca de otras epicontinentales con las que pueden com-

partir especies, parece que tienen un sesgo de composición dominado por familias y morfoespecies adaptados a los regímenes pulsátiles de caudal (Gómez-Aguirre *et al.* 2009, Contreras-Martínez 2013, Blanco *et al.* 2014, Longo-Sánchez y Blanco 2014a). Los estudios disponibles en las quebradas de la isla Gorgona y la serranía del Darién han mostrado que Trichoptera y Ephemeroptera tienen el mayor número de morfoespecies, mientras que los Díptera (Chironomidae) presentan las mayores abundancias. Leptophlebiidae (Ephemeroptera) es la familia más abundante y frecuente, particularmente durante la temporada de lluvias. Estos dos estudios sugieren un posible efecto de insularidad ya que las quebradas de isla Gorgona presentaron una menor riqueza total, una menor abundancia y riqueza de Trichoptera, una menor abundancia de Ephemeroptera, y una menor riqueza de Odonata que las de la serranía del Darién, sugiriendo que la dispersión es un importante proceso para la biogeografía de la entomo-

¿QUÉ ES UNA CUENCA PERICONTINENTAL?



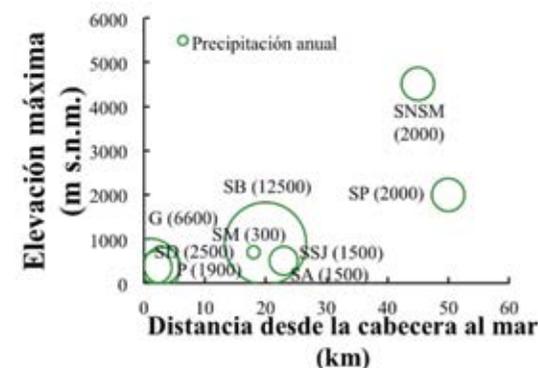
J. F. Blanco

fauna acuática, tal como lo discutieron Longo-Sánchez y Blanco (2009). Estas diferencias de composición y abundancia relativa entre los dos extremos del Chocó Biogeográfico, además de estar ligadas con la insularidad o continentalidad, también pueden ser moldeadas por el régimen de precipitación (Gómez-Aguirre *et al.* 2009, Contreras-Martínez 2013, Longo-Sánchez y Blanco 2014a). Mientras que en los sitios con alta precipitación las especies presentes parecen responder al disturbio de las crecientes, en los sitios con baja precipitación las especies parecen responder al disturbio de la sequía. Al igual que para el caso de la ictiofauna dulceacuícola, la exploración de las sierras y serranías costeras de Colombia ha sido pobre, pero estos sistemas ofrecen una gran oportunidad para el estudio de la biogeografía insular (Castaño-Urbe 1999). En el Capítulo 5 se abordará el conocimiento que actualmente se tiene sobre la entomofauna en las cuencas periféricas de Colombia y se realizarán algunos análisis biogeográficos.

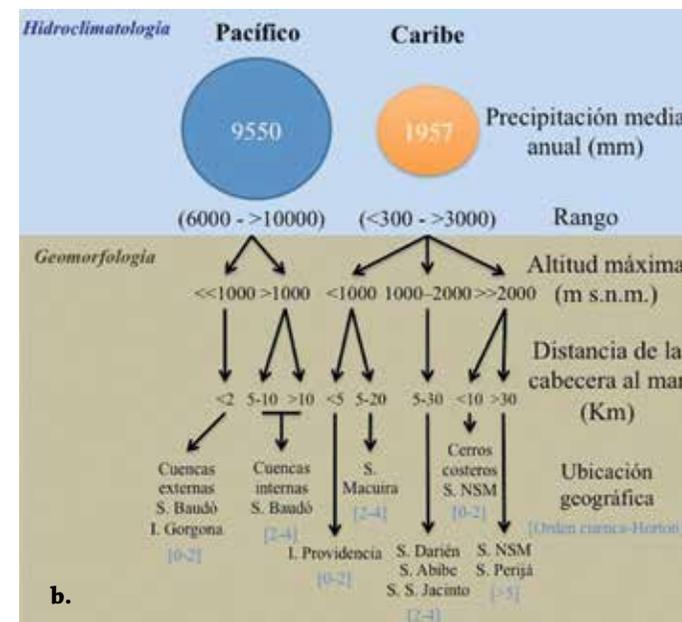
Clasificación de las cuencas pericontinentales

Basados en los anteriores seis criterios (geología, hidrología, procesos de cabecera, diadromía, ictiofauna dulceacuícola primaria y rasgos de la entomofauna acuática), se propone la siguiente jerarquía de efectos para construir un sistema preliminar de clasificación de las cuencas periféricas, que se espera sea sometido a prueba por la comunidad de ecólogos lóticos, ictiólogos y entomólogos acuáticos (Figuras 8 y 9). Utilizando una primera clasificación intuitiva basada en la elevación y en la distancia del pico más alto al mar, es claro que los sistemas montañosos periféricos con mayores elevaciones (>3.000 m s.n.m.) y extensiones (Sierra Nevada de Santa Marta y serranía de Pe-

rijá), son los que poseen el potencial para formar cuencas con mayor longitud (>30 km de recorrido desde la cabecera hasta el mar) (Figura 8a), lo cual los separa de los sistemas continentales menos elevados (<2.000 m s.n.m.) y cortos (<30 km), y de los insulares (elevación: <<1.000 m s.n.m.; longitud: <<5 km). Sin embargo, estas diferencias geomorfológicas están inmersas en contextos hidrolimáticos completamente diferentes que tienen implicaciones más significativas sobre la principal característica de los ecosistemas lóticos: la permanencia del caudal (permanente, estacional o efímero). En primer lugar, se aprecia que la diferencia de primer nivel o mayor jerarquía entre cuencas periféricas de Colombia es su ubicación geográfica ya sea en el Caribe o el Pacífico, lo cual determina la precipitación media anual y su estacionalidad (magnitud y duración de las estaciones lluviosas y menos lluviosas o de sequía), y en consecuencia el régimen de caudal de las cuencas, descrito por el caudal medio y la variabilidad intra-anual (Figura 8b). De esta manera las cuencas del Caribe, particularmente las que nacen a bajas elevaciones y en zonas de vida de bosque seco o estacionalmente seco, presentan regímenes de caudal marcadamente estacionales o inclusive efímeros, a pesar de que pueden presentar grandes pulsos asociados con el paso de ondas, ciclones y frentes fríos (Blanco obs. per.). Sólo los segmentos montañosos de las cuencas que nacen a mayor altura en la Sierra Nevada de Santa Marta y la serranía de Perijá presentan caudales permanentes a lo largo de todo el año, alimentados por los sistemas nivales, paramunos o bosques de niebla. La excepción a esta regla es la serranía de Macuira, la cual presenta bosques de niebla enanos a menos de 1.000 m s.n.m. y en una zona de vida desértica (Castaño-Urbe 1999). Por el contrario, las



a.



b.

Figura 8. a) Gráfica de burbujas indicando la precipitación anual, la longitud y la altura máximas, tomadas de la literatura, de los sistemas montañosos periféricos de Colombia; b) clasificación de las cuencas con base en la hidroclimatología y la geomorfología. Fuente: elaboración propia.

cuencas periféricas del Pacífico tienden a tener caudales permanentes o ligeramente estacionales debido a los regímenes de

precipitación pluviales e hiperpluviales. Sin embargo, en las pequeñas quebradas es común que los cauces cercanos al mar se

¿QUÉ ES UNA CUENCA PERICONTINENTAL?



J. F. Blanco

sequen durante los años secos asociados al fenómeno El Niño, tal como se ha observado en isla Gorgona y algunas quebradas que drenan hacia el golfo de Tribugá en el Chocó (Blanco 2009a).

El segundo nivel es la geomorfología, determinada por la elevación de las cabeceras de las cuencas, la cual determina la pendiente de las mismas, principalmente de los segmentos montañosos (Figura 8b). Las mayores elevaciones, al interactuar con la precipitación y los vientos predominantes, pueden ayudar a contrarrestar el régimen de sequía en el Caribe y a potenciar el régimen de crecientes en el Pacífico. Dentro de este nivel también se encuentra la distancia al mar, la cual es una función de la ubicación del sistema montañoso, y determina la longitud de los segmentos montañosos, pero principalmente de los costeros y planos de los ríos, quebradas y arroyos. En general, los sistemas insulares de ambas costas tienen los recorridos más cortos, mientras que los sistemas del Pacífico tienen recorridos totales (<10 km) y costeros (<5 km) intermedios, y los del Caribe (con excepción de la serranía del Darién) tienen los recorridos totales más largos (>20 km) y planicies costeras amplias (>10 km). Adicionalmente, la pendiente de las cuencas (en interacción con la hidro-climatología) determina el orden de las cuencas, el cual es el resultado de la adición logarítmica de todos los cursos de agua que forman el segmento que desemboca en el río. De acuerdo al sistema de clasificación de órdenes de Horton (1945) (también conocido como sistema de Strahler), las pequeñas cuencas insulares y las de pequeños cerros asociados a las serranías y sierras continentales colombianas, desembocan en el mar como ordenes desde 0 a 2, mientras que las cuencas de mayor longitud y área de captación que nacen

más al interior de dichos sistemas tienen el potencial de desembocar como ordenes 2-4 (Figura 8b). Se estima que solo la Sierra Nevada de Santa Marta y la serranía de Perijá pueden formar cursos de orden >4 en la desembocadura, equivalentes a los que se encuentran en las Antillas Mayores. Una gran limitante para poder cuantificar con algún grado de certeza la geomorfología de las cuencas costeras y sus órdenes es la ausencia de modelos digitales de elevación de alta resolución y la baja cobertura de la red de estaciones limnimétricas y limnigráficas, y aun climatológicas (ver Capítulo 2). Por lo tanto, el avance futuro en la descripción de tales características dependerá de la exploración científica, acompañada del empleo de sensores remotos de resolución métrica.

El tercer nivel es la litología, la cual permite una clasificación al interior del nivel anterior a lo largo de los cursos de los ríos, quebradas y arroyos pericontinentales, o bien puede usarse como un eje de un sistema triangular en combinación con la hidrología y la geomorfología para clasificar las influencias sobre los procesos ecológicos en dichas cuencas (Figura 9). La litología de las cuencas periféricas puede ser ígnea (volcánica), sedimentaria, metamórfica y biogénica. En el Pacífico (isla Gorgona y serranía del Baudó) la mayor parte de las cuencas son de origen volcánico con litologías basálticas antiguas (Castaño-Urbe 1999), intercaladas con sedimentarias más recientes. En el Caribe son principalmente el producto de movimientos tectónicos que ocasionaron plegamientos de plataformas costeras emergidas o sumergidas dando origen a litologías sedimentarias (areniscas, lodolitas y calizas) fluviales o marinas (serranías de Abibe y San Jacinto) (Castaño-Urbe 1999). Los sistemas más antiguos como la Sierra Ne-

vada de Santa Marta y las serranías de Perijá y Macuira presentan litologías ígneas, intercaladas con metamórficas graníticas y sedimentarias (Castaño-Urbe 1999). Tanto la serranía del Darién como la isla de Providencia fueron originadas por procesos volcánicos, ocasionando una predominancia de litologías ígneas, sin embargo, levantamientos posteriores han dado origen a plataformas costeras estrechas de karsos o bloques calcáreos, a través de las cuales fluyen las quebradas y arroyos en sus tramos terminales. La litología en interacción con el régimen de caudales puede moldear diferentes propiedades geomorfológicas, entre ellas la pendiente (Puerto Rico: Pike *et al.* 2010). Aunque hay pocos estudios en Colombia, se conoce que la litología determina el tipo y tamaño de los substratos, condicionando también la oferta de refugios ante las crecientes para la entomofauna acuática (Gómez-Aguirre *et al.* 2009, Longo-Sánchez y Blanco 2014a). Por ejemplo, los substratos son más inestables en los lechos con rocas sedimentarias que con rocas ígneas en la isla Gorgona (Gómez-Aguirre *et al.* 2009, Longo-Sánchez y Blanco 2014a). También se conoce que la litología determina la química de las aguas, así es que mientras las aguas son más neutro-alcálicas o levemente alcalinas con litologías sedimentarias, son más alcalinas con litologías calcáreas y graníticas, y más neutro-ácidas con litologías ígneas (p. e. isla Gorgona: Blanco 2009b; serranías del Darién y San Jacinto: J. F. Blanco, datos sin publicar).

En un siguiente nivel, la ecología puede subdividirse en cuatro más del ámbito ya sea ecosistémico o comunitario (Figura 9). El cuarto nivel son los procesos ecosistémicos de cabecera. Dado que la litología en interacción con la climatología y la geomorfología determinan la

pendiente y el orden de las quebradas, esta afecta los procesos ecosistémicos de cabecera responsables de renovar la oferta de substratos minerales y de proveer regularmente la hojarasca que sirve como base para la red trófica y la madera, la cual confiere estabilidad estructural a los cauces y se convierte en hábitat para las especies acuáticas (principalmente peces y camarones) y puede contribuir a atrapar la hojarasca (isla Gorgona: Valencia *et al.* 2009, Longo-Sánchez y Blanco 2014b, Sierra Nevada de Santa Marta: Rodríguez-Barrios 2011, Eyes-Escalante *et al.* 2012). Mientras la caída de la hojarasca es un proceso continuo con una variabilidad estacional asociada con las oscilaciones de la ZCIT en el trópico americano (Zalamea y González 2008, Heartsill-Scalley *et al.* 2012), pueden darse variaciones entre las cuencas periféricas del Pacífico y del Caribe colombiano debido a las diferencias en fenología de las especies de árboles dominantes, sin embargo no hay estudios al respecto. Los pocos estudios disponibles permiten establecer algunas hipótesis derivadas de la dominancia de algunas especies de árboles ribereños, como es el caso de la pácora (*Cespedesia macrophylla*) en el Pacífico (p. e. isla Gorgona: Valencia *et al.* 2009), y del yarumo o guarumo (*Cecropia* spp), el caracolí (*Anacardium excelsum*), el guamo de río (*Pithecelobium longifolium*) y otras especies de bongas o ceibas (Bombacaceae) en el Caribe (J. F. Blanco, observaciones personales, Luna-Fontalvo 2009, Eyes-Escalante *et al.* 2012), las cuales por sus diferencias en propiedades físicas y químicas, tienen diferentes tasas de acumulación y descomposición en los lechos, las cuales también difieren con respecto a las especies introducidas (Luna-Fontalvo 2009, Eyes-Escalante *et al.* 2012, Blanco y Gutiérrez 2014). Por otra parte, los movimientos en masa o la caída de árboles

¿QUÉ ES UNA CUENCA PERICONTINENTAL?



J. F. Blanco

pueden ingresar grandes cantidades de sedimentos inorgánicos, orgánicos y madera a los lechos, convirtiéndose en un importante proceso no solo geomorfológico sino trófico, principalmente en los segmentos montañosos del Pacífico y del Caribe, tal como se ha observado en cuencas montañosas de Panamá (Wohl y Ogden 2013). Por ejemplo, en las cabeceras de isla Gorgona y de la serranía del Darién, mientras las acumulaciones de suelo, rocas y troncos pueden bloquear el curso superficial de las quebradas durante algunas semanas o meses, la caída de árboles y ramas gruesas en las planicies promueve la formación de piscinas que ayudan a retener el agua durante los periodos de estiaje (Blanco obs. pers.), tal como lo describe la literatura sobre quebradas de zonas montañosas de todo el mundo (p. e. Buffington y Montgomery 2013, Scatena y Gupta 2013, Wohl y Ogden 2013).

El quinto nivel, primero comunitario, está relacionado con la incidencia y magnitud de la estrategia de vida diádroma (Figura 9). A pesar de que está reportada la incidencia de fauna diádroma en las quebradas periféricas de Colombia, los pocos estudios disponibles sugieren que hay afinidades con la fauna del Pacífico y Caribe centroamericano y Las Antillas (sintetizado por Blanco *et al.* 2014). Por ejemplo, varias especies de camarones (*Macrobrachium* spp y *Potimirin glabra*) y peces (*Agonostomus monticola*, *Sicydium* spp, *Awaous* spp) encontradas en quebradas y ríos costeros del Caribe centroamericano y Las Antillas, han sido encontradas en muestreos en la ecorregión Darién y aun en las ecorregiones Baudó y Gorgona. También las quebradas del Pacífico colombiano comparten grupos de peces y gasterópodos con el Pacífico de Costa Rica. En la Sierra Nevada de Santa Marta se han reportado el besote

(*Joturus prichardi*) (Acero 2010) y la lisa de río (*Agonostomus monticola*) (Villegas 2006, Sánchez-Garcés *et al.* 2010, Eslava y Díaz 2011). Por otra parte, en las quebradas y ríos de pendientes suaves y moderadas sobre litologías sedimentarias del Chocó Biogeográfico los peces y camarones son capaces de migrar varios kilómetros quebrada o río arriba, pero pocas especies franquean las cascadas y torrentes que se forman en las cuencas con mayores pendientes, usualmente de litología basáltica (Blanco obs. pers.), aunque no hay estudios locales sobre la distribución longitudinal de la fauna diádroma como los que existen para las Antillas y Centroamérica (Lyons y Schneider 1990, Hein *et al.* 2011, Lorion *et al.* 2011). Por lo anterior, en el Pacífico (y en la serranía del Darién en el Caribe), muchas quebradas de bajo orden no poseen peces diádomos y solo algunos camarones palaemonidos están presentes. Por su parte, en el Caribe muchas quebradas y arroyos no presentan peces diádomos en los segmentos de planicie, debido a las sequías, aunque los camarones que sobrepasan dichos segmentos durante el invierno pueden llegar hasta las cabeceras (Escobar-Sierra 2013). Otra característica, aparentemente distintiva de las quebradas del Chocó Biogeográfico, además de las de la serranía de Abibe y San Jerónimo, es la baja densidad o ausencia generalizada de gasterópodos nerítidos, los cuales son los principales ramoneadores en las quebradas de doseles abiertos en otras regiones insulares y costeras tropicales donde alcanzan altas densidades y biomásas (Blanco y Scatena 2006, Greathouse y Pringle 2006a). Sin embargo, se ha reportado recientemente la presencia de estos caracoles en algunos segmentos terminales de ríos de la Sierra Nevada de Santa Marta (Quintero-Gálvis y Castro 2013). Por lo tanto, la ausencia/presencia de especies

diádomas y su predominancia en términos de riqueza de especies, abundancia de individuos o dominancia trófica (biomasa total y *per capita*) son características importantes para la clasificación comunitaria y ecosistémica de los ríos, quebradas y arroyos costeros colombianos y deben ser objeto de futuros estudios. Finalmente, es importante precisar si hay incidencia de fauna diádroma en las serranías de Macuira y de Perijá. Por ejemplo, en la serranía de Macuira, aunque la cartografía oficial muestra algunos drenajes dobles que desembocan al mar (con recorridos superiores a los 10 km), la conexión se da solo durante los eventos de lluvias más intensos y muchos segmentos de la planicie (drenajes sencillos y dobles), permanecen secos durante muchos meses e incluso por más de un año como ha ocurrido desde el 2013 hasta la fecha de la presente publicación (Lasso y Granados 2015 este volumen), siendo una barrera para la colonización de la fauna diádroma. Por su parte, la porción colombiana de la serranía de Perijá, que comprende a las cabeceras del río Catatumbo (p. e. Pamplonita y Zulía), está alejada más de 300 km de la desembocadura en el golfo de Maracaibo y, por ello, se hipotetiza que no presentan fauna diádroma. Estudios realizados por el Instituto Colombiano del Petróleo (ICP) en el río Pamplonita (Pinzón *et al.* en prensa) no registra peces diádomos. La lista más actualizada de la ictiofauna de la cuenca del río Catatumbo (Ortega-Lara *et al.* 2012) registra 123 especies, 109 especies nativas de agua dulce y 14 de origen marino y estuarino. No se descarta la ocurrencia de esta estrategia de vida en las partes bajas de la cuenca en el territorio venezolano, y en otras más cercanas a la costa en la parte norte de la serranía de Perijá o en la vertiente norte de la serranía de Mérida.

El sexto nivel, es la riqueza y abundancia del ensamblaje de peces dulceacuícolas primarios (Figura 9). Aunque éste no es necesariamente determinado por el anterior, puede utilizarse para establecer la importancia relativa del ensamblaje de especies diádomas. Las especies de peces dulceacuícolas pueden competir con las especies diádomas, como se ha establecido con los camarones diádomos en La Selva, Costa Rica (Pringle y Hamazaki 1998), pero se desconocen las interacciones con los peces diádomos. Sin embargo, la ocurrencia o no de especies de peces dulceacuícolas, su riqueza y grado de endemismo, depende más de factores biogeográficos históricos que de ecológicos. Por ejemplo, mientras que en la isla Gorgona, solo existe una especie de pez dulceacuícola primario (*Trichomycterus gorgonae*) (Fernández y Schaefer 2005), coexistiendo con varias especies de peces y camarones diádomos, en las quebradas de la serranía del Baudó, principalmente las de mayor orden, muchas especies dulceacuícolas coexisten con las diádomas (Blanco obs. pers., revisado por Blanco *et al.* 2014). Por el contrario, en los arroyos de la serranía de San Jacinto, las especies dulceacuícolas dominan sobre las diádomas, las cuales se limitan a unas pocas especies de camarones (Escobar-Sierra 2013). Por otra parte, los rasgos biológicos de la ictiofauna tanto del Pacífico como del Caribe dan cuenta de las presiones selectivas bajo las cuales han evolucionado, por lo cual hay grandes oportunidades de estudio sobre las adaptaciones morfológicas, fisiológicas y comportamentales ante la sequía en el caso del Caribe (Blanco obs. pers.). Por ejemplo, en la Sierra Nevada de Santa Marta se ha reportado a *Trichomycterus nigromaculatum* (Villegas 2006), el cual pertenece a un género típico de tierras altas y aguas frías. En la serranía de Macuira, donde la literatura menciona

¿QUÉ ES UNA CUENCA PERICONTINENTAL?



J. F. Blanco

que hay un régimen de sequía que deseca muchos tramos de los arroyos durante largos periodos, existe una especie endémica de Rivulidae (*Austrofundulus guajira*) “cuyos huevos tienen una gran capacidad para resistir periodos secos” (p. 40, Garcés-Guerrero y De La Zerda 1994). Sin embargo, también se menciona que existen numerosos riachuelos que mantienen su caudal, al menos estacionalmente, bajo la densa cubierta de bosques húmedos y de niebla, alimentados por la intercepción de

la humedad de la brisa marina, procesos adiabáticos y la lluvia estacional (Garcés-Guerrero y De La Zerda 1994, Villegas 2006), lo cual podría dar pie a procesos de endemismos a muy pequeñas escalas, particularmente en las llamadas “bateas”.

Finalmente, el séptimo nivel son los rasgos ecológicos de la entomofauna acuática, los cuales determinan su riqueza y abundancia. Se propone que este nivel es el más bajo debido a que está supeditado no solo a

las características climáticas, geológicas y geomorfológicas, la química de las aguas, y la oferta de substratos y de alimento por parte de los procesos de cabecera, sino también porque está controlado fuertemente por las interacciones ecológicas, principalmente de depredación y otras interacciones directas e indirectas con los peces y camarones tanto diádomos como dulceacuícolas, tal como se ha estudiado en varios sitios del Caribe y Centroamérica (Pringle y Hamazaki 1997, 1998, Ramírez y Hernández-Cruz 2004, Ramírez y Pringle 2004, Greathouse *et al.* 2006, Bobeldyk y Ramírez 2007, Macías *et al.* 2014). Por lo tanto, la composición, riqueza y abundancia de la entomofauna de los sistemas lóticos periféricos, en función del mosaico de composición de fauna diádroma y dulceacuícola, ofrece un panorama estimulante para someter a prueba diferentes hipótesis en ecología de comunidades y ecosistemas. Por otra parte, la poca información que ha sido publicada en Colombia sobre la entomofauna de los sistemas periféricos (Gómez-Aguirre *et al.* 2009, Aguirre-Pabón *et al.* 2012, Contreras-Martínez 2013, Longo-Sánchez y Blanco 2014a), sumada a las publicaciones disponibles sobre deriva para el Caribe (p. e. Ramírez y Pringle 2001), puede servir como evidencia de su utilidad para clasificar los regímenes de caudal (alta incidencia de sequía versus alta incidencia de crecientes). Finalmente, otros patrones de distribución que se han estudiado en la entomofauna, y que serían útiles para la clasificación ecosistémica, están relacionados con los tipos de substratos de los lechos influenciados por la litología (Gómez-Aguirre *et al.* 2009, Longo-Sánchez y Blanco 2014a), la oferta de hojarasca (Rodríguez-Barrios *et al.* 2011, Eyes-Escalante *et al.* 2013, Longo-Sánchez y Blanco 2014b) y los tipos hábitats (Gómez-Aguirre 2009, Contreras-Martínez

2012, 2013). Todos estos temas abren grandes oportunidades no solo para una mayor investigación ecológica sino una exploración taxonómica y biogeográfica.

Algunos desafíos para el estudio futuro de las tipologías de las cuencas pericontinentales

Como todo sistema de clasificación, y sobre todo en un país donde la información científica en campos como éste es escasa, la presente propuesta debe someterse a una rigurosa validación mediante investigaciones de campo y exploraciones científicas. Por lo anterior, en esta sección se retomarán algunas de las discusiones presentadas por Blanco *et al.* (2014), utilizando las cuencas pericontinentales del Chocó Biogeográfico, y se ampliarán para incluir las nuevas observaciones y datos de campo o información de la literatura para estimular la investigación futura sobre: 1) aclarar las discrepancias con respecto a las predicciones del CRC y proponer nuevos arquetipos; 2) resaltar la importancia del régimen de caudal y, particularmente, la variación asociada con El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) y el calentamiento atmosférico; 3) describir y cuantificar la propagación de influencias ecológicas río arriba mediadas por la especies diádomas y 4) describir y cuantificar los flujos de materia y energía a través de las redes tróficas basadas en detritus.

1) Discrepancias con las predicciones del CRC y propuestas de nuevos arquetipos

Aunque en Colombia no existen evaluaciones sobre la aplicabilidad de este concepto en las cuencas pericontinentales, los estudios disponibles sobre la entomofauna acuática del Chocó Biogeográfico han mostrado que existe una gran homogeneidad

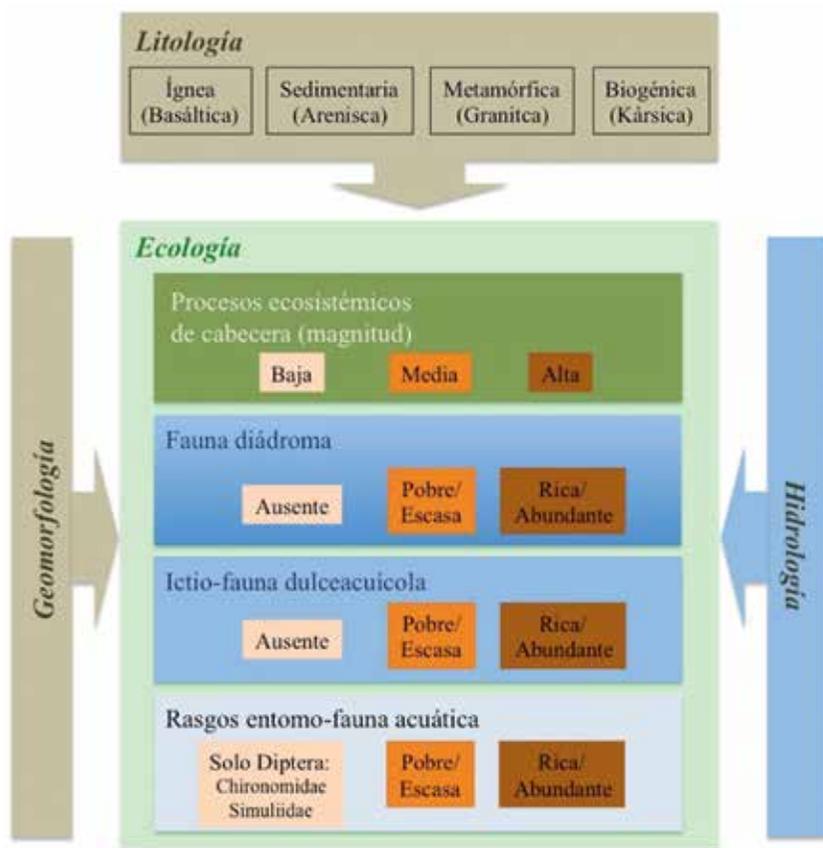


Figura 9. Influencia de la litología, la geomorfología y la hidro-climatología con las variables ecológicas. Se indica un arreglo jerárquico entre las variables ecológicas.

¿QUÉ ES UNA CUENCA PERICONTINENTAL?



J. F. Blanco

longitudinal de especies y grupos tróficos funcionales, particularmente durante la época de lluvias (Gómez-Aguirre *et al.* 2009, Blanco *et al.* 2014, Longo-Sánchez y Blanco 2014a), pero esto no significa que el CRC no se pueda aplicar en cuencas de mayor longitud. Sin embargo, el único estudio disponible para un curso largo, el río Gaira, el cual desciende desde la Sierra Nevada de Santa Marta, demuestra que aunque hay un cambio longitudinal de composición de especies y grupos funcionales a lo largo de tres estaciones de muestreo, este no se ajusta a las predicciones del CRC debido a la dominancia de los camarones en la parte baja y la baja abundancia y biomasa de insectos fragmentadores, aun en la parte alta (Rodríguez-Barrios *et al.* 2011, Eyes-Escalante *et al.* 2013). Las evaluaciones más rigurosas realizadas en quebradas insulares del Caribe (Puerto Rico; Greathouse y Pringle 2006a; Trinidad: Turner *et al.* 2008; Jamaica: Hyslop y Hunte-Brown 2012), han mostrado que las quebradas de bajo orden, aun de varios kilómetros de largo, no son lo suficientemente retentivas, por lo tanto la respiración excede a la producción primaria a lo largo de todo el curso. También, han encontrado que se distinguen dos zonas relacionadas con el gradiente geomorfológico y la dominancia de la fauna: cabecera, dominada por camarones, y planicie, dominada por caracoles, ambas con baja abundancia y biomasa de insectos. En estos estudios se han observado variaciones locales influenciadas por los cambios en la cobertura vegetal ribereña, y por lo tanto la variación longitudinal del ensamblaje de macroinvertebrados se desvía de las predicciones del CRC (asociada con el orden) y otros sistemas de zonación europeos basados en la temperatura de las aguas. Es necesario identificar si las discontinuidades de cobertura vegetal que alteran la cantidad y calidad de material

orgánico alóctono o si las discontinuidades geomorfológicas como las cascadas y raudales que alteran las condiciones hidráulicas, son significativas para alterar la homogeneidad de las comunidades acuáticas y los procesos ecosistémicos. En conclusión, las quebradas pericontinentales en ambas costas colombianas parecen ser lo suficientemente cortas, y no alcanzan ordenes altos, como para que emerjan las predicciones a nivel de organización comunitaria y ecosistémica propuestas por el CRC (Vannote *et al.* 1980). Es necesario someter a prueba las predicciones del CRC en climas más secos como el del Caribe o en los sistemas montañosos más largos como la Sierra Nevada de Santa Marta y la serranía de Perijá, pero estableciendo claros esquemas de muestreo que permitan identificar patrones de organización ecosistémica, sea relacionados con los órdenes de los cursos de agua o con sus dos grandes porciones geomorfológicas: segmentos de planicie y de montaña o ladera. También se sugiere comparar con modelos ecológicos mejor estudiados como las islas oceánicas volcánicas (p. e. Resh y De Szalay 1995).

2) La importancia del régimen de caudal como modulador ecosistémico

En general, las crecientes son un factor controlador de la dinámica de las comunidades de insectos y otros macroinvertebrados de quebradas neotropicales, ya que reduce la riqueza y la densidad, y homogeniza la composición taxonómica durante los periodos de lluvia (Blanco y Scatena 2005, Covich *et al.* 2006, Ramírez *et al.* 2006, Mathuriau *et al.* 2008). Por lo tanto, los regímenes de sequía y de lluvia podrían ser más importantes que las variaciones longitudinales de algunas condiciones de hábitat y de oferta de recursos alimenticios para los ensamblajes de insectos acuá-

ticos en las cuencas periféricas colombianas. De acuerdo con Blanco *et al.* (2014), la dominancia de Leptophlebiidae (Ephemeroptera) en la isla Gorgona y la co-dominancia de otros Trichoptera en la serranía del Darién parece reflejar un gradiente sur-norte del debilitamiento del régimen de crecientes. Así, las frecuentes crecientes parecen ser el disturbio predominante que filtra especies de tamaños corporales grandes, poca movilidad y ciclos de vida largos, mientras que la ausencia de crecientes durante varios meses e incluso años permite la colonización de grupos de condiciones más estables como los tricópteros, como lo sugiere la inspección de rasgos biológicos que realizó Contreras-Martínez (2012) en varias quebradas de la serranía del Darién. Como ya se mencionó, en la isla Gorgona, la composición taxonómica se homogeniza entre tramos montañosos y de planicie durante el periodo de lluvias, principalmente por el arrastre de los individuos y especies más sensibles y por la corta extensión de los cursos (Gómez-Aguirre 2009, Longo-Sánchez y Blanco 2014a). Por ello, los substratos gruesos (bloques y cantos rodados) y la litología de la cuenca (basáltica vs. sedimentaria) podrían ser importantes para la provisión de refugios (Gómez-Aguirre 2009, Longo-Sánchez y Blanco 2014a). De acuerdo a lo anterior, los estudios entomológicos en las cuencas periféricas podrían beneficiarse en gran medida de los gradientes ambientales ofrecidos a lo largo de los cursos dentro de una misma cuenca, pero también de los gradientes climáticos ofrecidos por la disposición de las serranías y sierras a lo largo de las dos costas colombianas. Por otra parte, en los sistemas de más fácil acceso, logística y presencia de expertos (p. e. isla Gorgona para la Universidad del Valle, ensenada de Utría o bahía de Capurganá para la Universidad de Antioquia, y río

Gaira en la vertiente norte de la Sierra Nevada de Santa Marta para la Universidad del Magdalena), los entomólogos acuáticos podrían establecer programas de monitoreo (mensuales, bi- o tri-mestres) de comunidades y poblaciones con el fin de describir las dinámicas y los factores hidroclimatológicos que las controlan, al menos en la escala intra-anual. Por ejemplo, recientemente Zúñiga *et al.* (2014), como parte de la expedición Gorgona liderada por la Universidad del Valle a la isla, identificaron varias especies de Ephemeroptera y Plecoptera a nivel de especie en la varias quebradas, lo cual representa un avance muy significativo. Adicionalmente, sea utilizando insectos u otros grupos taxonómicos como modelos de estudio, uno de los objetivos que la comunidad de científicos acuáticos en Colombia debe trazarse es comprender, mediante muestreos multi-anales, las dinámicas a mediano (3-5 años) y largo plazo (10-20 años) influenciadas por ENOS y por el calentamiento atmosférico. Por ejemplo, Longo-Sánchez *et al.* (2009) realizaron una aproximación preliminar al cambio de composición de la entomofauna acuática de la isla Gorgona durante cerca de veinte años de sucesión secundaria después de la declaratoria como área protegida. Ha sido claramente demostrado por los hidrólogos que tanto la precipitación anual media como los caudales medios, al igual que los regímenes de ambas variables, están fuertemente relacionadas con el ENOS (Poveda 2004). Sin embargo, solo existen dos estudios hidroclimáticos comprensivos en cuencas periféricas (isla Gorgona: Blanco 2009a; isla de San Andrés: Carmona *et al.* 2010) debido a la escasez de estaciones limnimétricas y climatológicas, y solo existe un estudio relacionando las dinámicas de la comunidad de insectos acuáticos con el ENOS en una cuenca epicontinental (río Pescador, Valle

¿QUÉ ES UNA CUENCA PERICONTINENTAL?



J. F. Blanco

del río Cauca: Blanco 2003), pero ninguno en una cuenca pericontinental. Dado que también muchas series de tiempo de precipitación y caudal en el país han mostrado ser no estacionarias (sean positiva o negativamente) (Poveda y Álvarez 2012), es urgente establecer programas de monitoreo de la biota acuática para determinar la influencia del incremento del régimen sea de crecientes o de sequías. Finalmente, dichos esquemas de monitoreo podrían, además de someter a prueba de manera robusta la teoría ecológica, fortalecer la resolución taxonómica de muchos grupos de insectos. Por ejemplo, los pocos estudios taxonómicos disponibles para Chironomidae y Simuliidae, han mostrado que son ricos en géneros y especies (ver referencias en Blanco *et al.* 2014). Estos grupos por su abundancia y diversidad podrían permitir análisis estadísticos, espaciales y biológicos más robustos en comparación a otros grupos raros, para someter a prueba diferentes hipótesis ecológicas. Los métodos de muestreo específicos para inmaduros, exuvias y adultos podrían permitir abordar hipótesis específicas a diferentes escalas espaciales.

3) Influencias ecológicas propagadas aguas arriba mediadas por la fauna diádroma

Debido a las afinidades zoológicas de las quebradas periféricas de Colombia con las centroamericanas y antillanas, se puede hipotetizar que algunas de las consecuencias ecológicas reportadas en la literatura también podrían ser observadas en el país. Por ejemplo, debido a que migraciones masivas han sido observadas en peces y camarones en el Pacífico (Carvajal-Quintero 2011) y en el Caribe (Blanco *obs. pers.*), su distribución a lo largo de las quebradas costeras podría controlar la estructura de las comunidades de macroinvertebrados,

principalmente insectos, y el funcionamiento del ecosistema (producción primaria y descomposición) (Pringle 1997, Ramírez y Hernández-Cruz 2004, Hein *et al.* 2011). Debido a que la distribución de esta fauna diádroma es controlada principalmente por la presencia de cascadas y tramos de alta pendiente, la abundancia, biomasa y riqueza de insectos y camarones presa presentan discontinuidades aguas arriba y aguas debajo de estas geoformas (Pringle 1997, Ramírez y Hernández-Cruz 2004, Hein *et al.* 2011). Por esta razón, la investigación ecológica en las cuencas periféricas de Colombia debe centrarse inicialmente en establecer el papel estructurador de esta fauna y sobre “la propagación de sus influencias aguas arriba” (*sensu* Pringle 1997). Finalmente, dado que el caso de las quebradas y ríos costeros de órdenes mayores de Colombia con presencia de peces primariamente dulceacuícolas podría asemejarse funcionalmente a los sistemas más grandes las Antillas Mayores y de Centroamérica donde la fauna diádroma coexiste con la dulceacuícola primaria endémica (Lyons y Schneider 1990, Lorion *et al.* 2011), se propone estudiar la auto y sinecología de esta ictiofauna, particularmente para establecer el grado de competencia con la ictiofauna diádroma y su papel en la estructura de las comunidades y los procesos ecosistémicos.

4) Describir y cuantificar los flujos de materia y energía a través de las redes tróficas basadas en detritus

Dado que un número significativo de quebradas del Chocó Biogeográfico usualmente desembocan en el mar por debajo de doseles cerrados como cursos de bajo orden (<3) (Blanco *et al.* 2014), posiblemente poseen una producción perifítica baja y una abundante base para la sostener las redes hetero-tróficas, debido al gran

aporte de hojarasca (Valencia *et al.* 2009, Longo-Sánchez *et al.* 2009, Rodríguez-Barrios 2011). Adicionalmente, al poseer tramos o segmentos montañosos cercanos a las desembocaduras, podría existir una fuerte influencia geomorfológica e hidrológicas de las cabeceras de manera equivalente a lo que sucede con las quebradas en montañas más altas de zonas templadas y tropicales (Scatena y Gupta 2013). Se recomienda estudiar el papel de los derrumbes en los aportes de madera, hojarasca y materia orgánica del suelo, ya que son procesos frecuentes debido a las altas precipitaciones (observaciones personales). También el grado de desarrollo de los bosques ribereños en las cabeceras tiene influencia directa sobre las cantidades y cualidades de la hojarasca que se acumula en las quebradas (Valencia *et al.* 2009, Eyes-Escalante *et al.* 2013, Blanco y Gutiérrez 2014). Todo este material parece ser procesado principalmente por camarones palaemónidos omnívoros (Rodríguez-Barrios *et al.* 2011), al igual que se ha encontrado en quebradas costeras del Caribe costarricense (Pringle y Hamazaki 1997, 1998), pero recientemente, discrepando con este modelo, se encontró que las cucarachas y otros insectos, además de los camarones *Potimirin glabra*, son los detritívoros dominantes en las quebradas isla Gorgona (Longo-Sánchez y Blanco 2014b). Se sugiere, por lo tanto, hacer un esfuerzo en la cuantificación y cualificación de la caída de hojarasca a las quebradas y arroyos, en la descomposición y acumulación en el lecho y en el papel de los macroinvertebrados detritívoros, equivalente al único estudio realizado en Colombia por Rodríguez-Barrios (2011) en el río Gaira. Esto permitirá no solo comprender el funcionamiento de estos ecosistemas, sino estimar los impactos de la deforestación o el cambio de cobertura vegetal ribereña, particularmente en los tramos

y segmentos bajos afectados por la actividad ganadera. Al igual que con el estudio de la dinámica de los macroinvertebrados acuáticos, esta temática, particularmente la fenología de la caída de hojarasca y la acumulación de hojarasca en el lecho, se beneficiaría de los esquemas de estudio a largo plazo con aproximaciones ecosistémicas establecidos en sitios de fácil acceso como los parques nacionales, como lo han recomendado Ramírez y Gutiérrez (2014) para lograr un avance significativo en la ecología lítica y la entomología acuática latinoamericana.

Implicaciones para los sistemas terminales: deltas, estuarios y manglares

Aunque los ecosistemas terminales de las cuencas periféricas no son el objeto del presente libro, es importante mencionar que de manera equivalente a la formación de los deltas por parte de los grandes ríos (ver Restrepo 2008 para el caso de Colombia), las características hidrológicas y geomorfológicas de las corrientes de ordenes menores se traducen en morfologías y dinámicas intra-anales de las desembocaduras. Así es que de manera equivalente a lo que propuso Hynes (1975) con respecto a la relación entre el río y su cuenca en términos de metabolismo ecosistémico, se podría afirmar que los estuarios y deltas ubicados en la parte terminal de los ríos, quebradas y arroyos de las cuencas periféricas colombianas reflejan las tipologías de sus cuencas (Figura 10). Por ejemplo, solo los sistemas más grandes del Caribe que desembocan en regímenes micro-ma-reales forman micro-deltas acuminados, como es el caso de la parte suroriental de la cuenca del golfo de Urabá que recibe varios ríos que drenan la serranía de Abibe (p. e. río Turbo: Blanco *et al.* 2013a). Adicionalmente, estos ríos transportan altas

¿QUÉ ES UNA CUENCA PERICONTINENTAL?

concentraciones de sedimentos suspendidos producto de la litología sedimentaria, de la alta precipitación, pero también de la alta deforestación, que son capaces de compensar la erosión costera debido a las corrientes de deriva litoral (Blanco 2009c, Arroyave *et al.* 2012). Por el contrario, muchos ríos, quebradas y arroyos del Caribe abierto no forman micro-deltas debido a la combinación de un bajo caudal (con poco transporte de sedimentos) y una alta energía del oleaje que deposita los sedimentos sobre bermas altas (Blanco obs. pers., cuenca del golfo de Morrosquillo, serranía del Darién y Sierra Nevada de Santa Marta). Por lo tanto, muchas desembocaduras de estas corrientes se cierran de manera estacional con barras arenosas, de gravas

o de cantos rodados. Algunos de estos sistemas, dependiendo de la geomorfología de la planicie costera y del caudal que reciben durante el invierno pueden formar pequeñas lagunas costeras como es el caso de varios drenajes de la serranía de San Jacinto que desembocan en el golfo de Morrosquillo. En el Pacífico, tanto el régimen hiper-pluvial como el meso-mareal distribuyen un volumen significativo de sedimentos en las plataformas inter-mareales formando extensas playas rocosas o de cantos y gravas, playones arenosos o planos lodosos sobre los cuales corren las aguas dulces formando canales, que son cubiertos durante la marea alta (p. e.. isla Gorgona y Baudó norte). Sobre algunas de estas plataformas se han establecido man-

glares de borde, dominados en el caso del Baudó norte por el mangle piñuelo (*Pelticiera rhizophorae*) (Blanco *et al.* 2010). En los sistemas con mayor caudal y con planicies costeras más extensas como los observados al sur de la ensenada de Utría (río Tribugá), pero principalmente al sur de cabo Corrientes, se forman islas barreras y detrás de ellas extensas zonas de manglar mixto o mono-específico sobre un complejo de islotes separados por canales mareales (Blanco obs. pers.). Los trabajos recientes en el costado oriental del golfo de Urabá han mostrado que la deforestación de las cuencas altas y modificación hidráulica de los cursos de la planicie costera han alterado el balance de sedimentos, lo cual se ha traducido en la modificación de la geomorfología de los microdeltas (Blanco 2009c, Arroyave *et al.* 2012, Blanco *et al.* 2013b). Por lo tanto, como lo han demostrado Valiela *et al.* (2013a, b, 2014) utilizando varios ciclos biogeoquímicos en pequeños estuarios del Pacífico panameño (golfo de Chiriquí), los estuarios y microdeltas dan cuenta de la condición ecológica y estado de salud ecosistémica de las cuencas periféricas.

En conclusión, Colombia posee un diverso grupo de sistemas montañosos satélites ubicados en las planicies costeras, contienen muchas cuencas hidrográficas periféricas o pericontinentales con características ecológicas que las distinguen claramente de las cuencas epicontinentales. De acuerdo a los criterios geológicos, hidrológicos y biológicos que se utilizaron para tipificar estas cuencas, en un primer nivel de resolución se distinguen las cuencas ubicadas en cada una de las costas colombianas (incluyendo la serranía de Perijá ubicada en la periferia del golfo de Maracaibo), las cuales difieren en la precipitación anual promedio. En un segundo

nivel de resolución, la geomorfología separa las cuencas de alta o baja pendiente, cercanas o alejadas de la costa, con estrechas o amplias planicies costeras, todas estas moldeadas por la litología. Estas características geomorfológicas definen la importancia de los procesos ecosistémicos de cabecera, tales como la tasa de deslizamientos de tierra, fallos de márgenes, caída de árboles y las entradas verticales y laterales de hojarasca, los cuales a su vez determinan procesos ecosistémicos en los lechos como la acumulación y descomposición de hojarasca y la acumulación y exportación de sedimentos. Dependiendo de los factores anteriores, las cuencas pueden presentar o no fauna diádroma e ictiofauna dulceacuícola primaria, dependiendo de factores ecológicos y biogeográficos. En último lugar, el régimen de caudal, la litología y la estructura de los ensambles de macro-consumidores determinan los rasgos de los ensambles de insectos acuáticos, principalmente las adaptaciones ante la sequía y ante las crecientes. Basado en los anteriores criterios, se propone la hipótesis que las cuencas periféricas no se ajustan a las predicciones del CRC. La presente tipología propuesta se espera que permita una mejor comprensión de la ecología de estos sistemas y utilizarlos como modelo de estudio para la ecología de quebradas costeras e insulares, y como lugares para someter a prueba hipótesis ecológicas generales teniendo en cuenta las similitudes y las diferencias con otras partes del mundo donde fueron propuestas originalmente. Finalmente, se propone el establecimiento de programas ecológicos a largo plazo y gran escala aprovechando los gradientes ambientales a lo largo de las cuencas pero también los gradientes entre cuencas (climáticos, geomorfológicos y ecosistémicos), que impulsen el avance de la ecología lítica, pero también el conoci-



Figura 10. Deltas, estuarios y manglares en la porción terminal de las cuencas pericontinentales de la serranía de Abibe (golfo de Urabá). Foto: J. F. Blanco.



J. F. Blanco

¿QUÉ ES UNA CUENCA PERICONTINENTAL?



J. F. Blanco

miento sistemático de los diferentes grupos taxonómicos de macroinvertebrados y peces, así como de su biogeografía.

Bibliografía

- Acero P., A. 2010. *Joturus pichardi* (Mugiliformes, Mugilidae). Capítulo 7. Pp. 574-575. 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 Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
- Aguirre-Pabón, J., J. Rodríguez-Barrios y R. Ospina-Torres. 2012. Deriva de macroinvertebrados acuáticos en dos sitios con diferente grado de perturbación, río Gaira, Santa Marta – Colombia. *Revista Intrópica* 7: 9-19.
- Arroyave, A., J. F. Blanco y A. Taborda. 2012. Exportación de sedimentos desde cuencas hidrográficas de la vertiente oriental del Golfo de Urabá: influencias climáticas y antrópicas. *Revista de Ingenierías: Universidad de Medellín* 11: 13-30.
- Bauer, R. T. 2013. Amphidromy in shrimps: a life cycle between rivers and the sea. *Latin American Journal of Aquatic Research* 4: 633-650.
- Blanco, J. F. 2003. Interannual variation of macroinvertebrate assemblages in a dry-forested stream in Western cordillera: A role for El Niño and La Niña? *Boletín Ecológico: Ecosistemas Tropicales* 37: 3-30.
- Blanco, J. F. 2009a. Hidroclimatología de la isla Gorgona: patrones estacionales y relacionados con el ENSO. *Actualidades Biológicas* 31: 111-121.
- Blanco, J. F. 2009b. Características físico-químicas de las quebradas del Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico colombiano. *Actualidades Biológicas* 31: 123-140.
- Blanco, J. F. 2009c. Banana crop expansion and increased river-borne sediment exports to the Gulf of Uraba, caribbean coast of Colombia. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 38: 181-183.
- Blanco, J. F. y F. N. Scatena. 2005. Floods, habitat hydraulics and upstream migration of *Neritina virginea* (Gastropoda: Neritidae) in Northeastern Puerto Rico. *Caribbean Journal of Science* 41: 55-74.
- Blanco, J. F. y F. N. Scatena. 2006. Hierarchical contribution of river-ocean connectivity, water chemistry, hydraulics, and substrate to the distribution of diadromous snails in Puerto Rican streams. *Journal of the North American Benthological Society* 25: 82-98.
- Blanco, J. F., A. Ramírez y F. N. Scatena. 2009. Las quebradas del Parque Nacional Natural Gorgona dentro del contexto global: introducción al número especial. *Actualidades Biológicas* 31: 105-110.
- Blanco, J. F., P. A. Quiceno, L. F. Jiménez y S. Turbay. 2010. Contribución para la definición de estrategias de manejo sostenibles de la actividad pesquera en el PNN Utría. Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales (UAESPNN), Fondo de Patrimonio Natural y Corporación Académica Ambiental de la Universidad de Antioquia, Convenio 017/021 Informe final de investigación, Medellín, Colombia.
- Blanco, J. F., A. Taborda-Marín, V. Amortegui-Torres, A. Arroyave-Rincón, A. Sandoval, E. A. Estrada, J. Leal-Flórez, J. G. Vásquez-Arango y A. Vivas-Narváez. 2013a. Deforestación y sedimentación en los manglares del Golfo de Urabá. Síntesis de los impactos sobre la fauna macrobéntica e íctica en el delta del río Turbo. *Gestión y Ambiente* 16: 19-36.
- Blanco, J. F., M. Londoño-Mesa, L. Urrego-Giraldo, J. Polanía, A. F. Osorio, G. Bernal, e I. D. Correa. 2013b. Exploración del golfo de Urabá 2007-2013. Un recorrido por el estuario más grande del Caribe colombiano. Crónicas de la Expedición. Programa Expedición Antioquia 2013. Vicerrectoría de Investigación. Imprenta Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 59 pp.
- Blanco, J. F. y N. Gutiérrez-Isaza. 2014. Leaf litter mass loss rates and associated fauna of tree species commonly used in neotropical riparian reforestation. *Acta Biológica Colombiana* 19: 91-100.
- Blanco, J. F., C. Escobar-Sierra y J. D. Carvajal. 2014. Gorgona, Baudó y Darién (Chocó Biogeográfico, Colombia): ecorregiones modelo para los estudios ecológicos de comunidades de quebradas costeras. *Revista de Biología Tropical* 62: 43-64.
- Bobeldyk, A. y A. Ramírez. 2007. Leaf breakdown in a tropical headwater stream (Puerto Rico): The role of freshwater shrimps and detritivorous insects. *Journal of Freshwater Ecology* 22: 581-590.
- Buffington, J.M. y D. R. Montgomery. 2013. Geomorphic classification of rivers. Pp. 730-767. En: Shroder, J. y E. Wohl (Eds.), *Treatise on Geomorphology* vol. 9, *Fluvial Geomorphology*. Academic Press, San Diego, CA.
- Carvajal-Quintero, J.D. 2011. El fenómeno de La Viuda: migración de estadios tempranos de peces entre el medio marino y continental en el corregimiento de El Valle, bahía Solano (Chocó-Colombia). Trabajo de pregrado. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 94 pp.
- Castaño-Urbe, C. 1999. Sierras y serranías de Colombia. Colección Ecológica Banco de Occidente, Cali, Colombia. 205 pp.
- Carmona, J., G. Poveda, M. V. Vélez, M. Bedoya y J. I. Vélez. 2010. Caracterización de la climatología y los efectos del ENSO sobre la isla de San Andrés, Colombia. Memorias XXIV Congreso Latinoamericano de Hidráulica. IAHR-AIIH. Punta del Este, Uruguay, Noviembre.
- Contreras-Martínez, E. 2012. Rasgos biológicos de los insectos acuáticos como respuesta a la perturbación natural por sequía en los ríos y quebradas de la ecorregión Capurganá, Chocó Biogeográfico, Municipio de Acandí. Trabajo de pregrado. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. CD-rom.
- Contreras-Martínez E. 2013. Diversidad de entomofauna acuática en tres ríos de la Ecoregión Darién, Choco biogeográfico (Colombia). *Dugesiana* 20: 243-250.
- Covich, A. P., T. A. Crowley T. Heartsill-Scalley. 2006. Effects of drought and hurricane disturbances on headwater distributions of palaemonid river shrimp (*Macrobrachium* spp.) in the Luquillo Mountains, Puerto Rico. *Journal of the North American Benthological Society* 25: 99-107.
- Escobar-Sierra, C. 2013. Controles multiescala sobre los patrones de distribución longitudinal de camarones y peces en quebradas del bosque seco tropical (San Onofre, Sucre, Colombia). Tesis de pregrado. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Eslava, P. y R. Díaz. 2011. Reproducción de *Joturus pichardi* y *Agonostomus monticola* (Mugiliformes: Mugilidae) en ríos de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Revista de Biología Tropical* 59: 1717-1728.
- Eyes-Escalante, M., J. Rodríguez-Barrios y L. C. Gutiérrez-Moreno. 2012. Descomposición de la hojarasca y su relación con los macroinvertebrados acuáticos del río Gaira (Santa Marta – Colombia). *Acta Biológica Colombiana* 17: 77-92.
- Fernández, L. y S. A. Schaefer. 2005. New *Trichomycterus* (Siluriformes: Trichomycteridae) from an offshore island of Colombia. *Copeia* 2005: 68-76.
- Frissell, C. A., W. J. Liss, C. E. Warren y M. D. Hurley. 1986. A hierarchical framework for stream habitat classification: viewing streams in a watershed context. *Environmental Management* 10: 199-214.
- Garcés-Guerrero, D. M. y S. De La Zerdá. 1994. El gran libro de los parques nacionales. Intermedio Editores-Círculo de Lectores. Bogotá, Colombia. 94 pp.
- Gómez-Aguirre A.M. 2009. Variación de la estructura y composición de los ensamblajes de macroinvertebrados bénticos en la jerarquía espacial de los sistemas lóticos del Parque Nacional Natural Gorgona. Trabajo de pregrado. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 75 pp.
- Gómez-Aguirre, A. M., M. C. Longo-Sánchez y J. F. Blanco. 2009. Ensamblaje de macroinvertebrados de las quebradas de la isla Gorgona: patrones espaciales durante dos periodos hidrológicos contrastantes. *Actualidades Biológicas* 31: 161-178.
- Greathouse, E. y C. M. Pringle. 2006a. Does the river continuum concept apply on

¿QUÉ ES UNA CUENCA PERICONTINENTAL?



J. F. Blanco

- a tropical island? Longitudinal variation in a Puerto Rican stream. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 63: 134-152.
- Greathouse, E. A., C. M. Pringle, y W. H. McDowell. 2006b. Do small-scale enclosure/enclousure experiments predict effects of large-scale extirpation of freshwater migratory fauna? *Oecologia* 149: 709-717.
 - Gutiérrez-Fonseca, P. E., A. Ramírez, G. Umaña y M. Springer. 2013. Macroinvertebrados dulceacuícolas de la Isla del Coco, Costa Rica: especies y comparación con otras islas del Pacífico Tropical Oriental. *Revista de Biología Tropical* 61: 657-668.
 - Heartsill-Scalley, T., F. N. Scatena, S. Moya y A. E. Lugo. 2012. Long-term dynamics of organic matter and elements exported as coarse particulates from two Caribbean montane watersheds. *Journal of Tropical Ecology* 28: 127-139.
 - Hein, C. L., A. S. Pike, J. F. Blanco, A. P. Covich, F. N. Scatena, C. P. Hawkins y T. A. Crowl. 2011. Effects of coupled natural and anthropogenic factors on the community structure of diadromous fish and shrimp species in tropical island streams. *Freshwater Biology* 56: 1002-1015.
 - Horton, R. E. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin* 56: 275-370.
 - Hynes, H. 1975. The stream and its valley. *Verhandlungen der Internationale Vereinigung Fur Limnologie* 19: 1-15.
 - Hyslop, E. y M. Hunte-Brown. 2012. Longitudinal variation in the composition of the benthic macroinvertebrate fauna of a typical North coast Jamaican river. *Revista de Biología Tropical* 60: 291-303.
 - IDEAM (Instituto de Estudios Ambientales y Meteorología). 2013. Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia. Comité de Comunicaciones y Publicaciones del IDEAM. Bogotá, Colombia. 46 pp.
 - Illies, J. y L. Botosaneau. 1963. Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes considérées surtout du point de vue faunistique. *Mitteilungen Internationale Vereinigung fuer Theoretische und Angewandte Limnologie* 12: 1-57.
 - Lasso, C. A., F. de Paula Gutiérrez, M. A. Morales-Betancourt, E. Agudelo, H. Ramírez-Gil y R. E. Ajiaco-Martínez (Eds.). 2011. II. Pesquerías continentales de Colombia: cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertiente del Pacífico. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia 304 pp.
 - Lasso, C. A. y Granados. 2015. Biota acuática de la Serranía de La Macuira, Parque Nacional Natural Macuira, Guajira colombiana. Pp: 293 - 314. En: Lasso, C. A., J. F. Blanco-Libreros y P. Sánchez-Duarte. (Eds). 2015. XII. Cuencas pericontinentales de Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela: tipología, biodiversidad, servicios ecosistémicos y sostenibilidad de los ríos, quebradas y arroyos costeros. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
 - Longo-Sánchez, M. C. y J. F. Blanco. 2009. Sobre los filtros que determinan la distribución y la abundancia de los macroinvertebrados diádromos y no-diádromos en cada nivel jerárquico del paisaje fluvial en islas. *Actualidades Biológicas* 31: 179-195.
 - Longo-Sánchez, M. C. y J. F. Blanco. 2014a. Patterns at multi-spatial scales on tropical island stream insect assemblages (Gorgona Island Natural National Park, Colombia, Tropical Eastern Pacific). *Revista de Biología Tropical* 62: 65-83.
 - Longo-Sánchez, M. C. y J. F. Blanco. 2014b. Shredders are abundant and species-rich in tropical continental-island low-order streams: Gorgona Island, Tropical Eastern Pacific, Colombia. *Revista de Biología Tropical* 62: 85-105.
 - Longo-Sánchez, M. C., A. M. Gómez-Aguirre, J. F. Blanco, H. Zamora-González. 2009. Cambios multianuales y espaciales de la composición y estructura del ensamblaje de insectos acuáticos en las quebradas perennes de la isla Gorgona, Colombia. *Actualidades Biológicas* 31: 141-160.
 - Lorion, C. M., B. P. Kennedy y J. H. Braatne. 2011. Altitudinal gradients in stream fish diversity and the prevalence of diadromy in the Sixaola River basin, Costa Rica. *Environmental Biology of Fishes* 91: 487-499.
 - Lyons, J. y D. W. Schneider. 1990. Factors influencing fish distribution and community structure in a small coastal river in southwestern Costa Rica. *Hydrobiologia* 203:1-14.
 - Luna-Fontalvo, J. 2009. Hongos anamórficos acuáticos asociados a la hojarasca en el río Gaira de la costa del Caribe Colombiano. *Revista del Instituto de Investigaciones Tropicales* 4: 41-46.
 - Macías, N. A., C. Colón-Gaud, J. W. Duggins y A. Ramírez. 2014. Do omnivorous shrimp influence mayfly nymph life history traits in a tropical island stream? *Revista de Biología Tropical* 62 (Sup. 2): 41-51.
 - Maldonado-Ocampo, J. A., A. Ortega-Lara, J. S. Usma, G. Galvis, F. A. Villa-Navarro, L. Vásquez, S. Prada-Pedrerros y C. Ardila. 2005. Peces de los Andes de Colombia: guía de campo. Instituto Alexander von Humboldt, Bogotá. Colombia. 346 pp.
 - Maldonado-Ocampo, J. A., J. S. Usma, F. A. Villa-Navarro, A. Ortega-Lara, S. Prada-Pedrerros, L. F. Jiménez, U. Jaramillo-Villa, A. Arango, T. Rivas y G. C. Sánchez. 2012. Peces dulceacuícolas del Chocó Biogeográfico de Colombia. WWF Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Universidad del Tolima, Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D. C., Colombia. 400 pp.
 - Mathuriau, C., A. G. B. Thomas y E. Chauvet. 2008. Seasonal dynamics of benthic detritus and associated macroinvertebrate communities in a neotropical stream. *Fundamental and Applied Limnology / Archiv für Hydrobiologie* 171: 323-333.
 - McDowall, R. M. 2009. Making the best of two worlds: diadromy in the evolution, ecology, and conservation of aquatic organisms. *American Fisheries Society Symposium* 69: 1-22.
 - Milliman, J. y J. Syvitski. 1992. Geomorphic/tectonic control of sediment discharge to the ocean: the importance of small mountainous rivers. *Journal of Geology* 100: 525-544.
 - Muñoz-Villers, L. E., y J. J. McDonnell. 2012. Runoff generation in a steep, tropical montane cloud forest catchment on permeable volcanic substrate. *Water Resources Research* 48: 1-17.
 - Murphy, S. F. y R. F. Stallard (Eds.). 2012. Water quality and landscape processes of four watersheds in eastern Puerto Rico. U.S. Geological Survey Professional Paper 1789. 292 pp.
 - Ortega-Lara, A., O. M. Lasso-Alcalá, C. A. Lasso, G. Andrade de Pasquier y J. D. Bogotá-Gregory. 2012. Peces de la cuenca del río Catatumbo, cuenca del Lago de Maracaibo, Colombia y Venezuela. *Biota Colombiana* 13 (1): 71-98
 - Pike, A. S. y F. N. Scatena. 2010. Riparian indicators of flow frequency in a tropical montane stream network. *Journal of Hydrology* 382: 72-87.
 - Pike, A. S., F. N. Scatena y E. E. Wohl. 2010. Lithological and fluvial controls on the geomorphology of tropical montane stream channels in Puerto Rico. *Earth Surface Processes and Landforms* 35: 1402-1417.
 - Pimienta, A., M. Serrano, L. Pinzón, M. Caraballo, C. Burgos y J. Anaya. En Prensa. Peces del río Pamplonita. Instituto Colombiano del Petróleo. Piedecuesta, Colombia.
 - Poveda, G. 2004. La hidroclimatología de Colombia: una síntesis desde la escala inter-decadal hasta la escala diaria. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias* 28: 201-222.
 - Poveda, G. y D. M. Álvarez. 2012. El colapso de la hipótesis de estacionariedad por cambio y variabilidad climática: implicaciones para el diseño hidrológico en ingeniería. *Revista de Ingeniería, Universidad de los Andes* 36: 65-76.

¿QUÉ ES UNA CUENCA PERICONTINENTAL?



J. F. Blanco

- Pringle, C.M. 1997. Exploring how disturbance is transmitted upstream: going against the flow. *Journal of the North American Benthological Society* 16: 425-438.
- Pringle, C. M. y T. Hamazaki. 1997. Effects of fishes on algal response to storms in a tropical stream. *Ecology* 78: 2432-2442.
- Pringle, C. M. y T. Hamazaki. 1998. The role of omnivory in a neotropical stream: separating diurnal and nocturnal effects. *Ecology* 79: 269-280.
- Quintero-Galvis, J. y L. R. Castro. 2013. Filogenia molecular de la familia Neritidae (Gastropoda: Neritimorpha) con base en los genes mitocondriales citocromo oxidasa I (COI) y 16S rRNA. *Acta Biológica Colombiana* 18: 307-318.
- Ramírez, A. y C. M. Pringle. 2001. Spatial and temporal patterns of invertebrate drift in streams draining a neotropical landscape. *Freshwater Biology* 46: 47-62.
- Ramírez, A. y C.M. Pringle. 2004. Do macroconsumers affect insect responses to a natural stream phosphorus gradient? *Hydrobiologia* 515: 235-246.
- Ramírez, A. y L. R. Hernández-Cruz. 2004. Aquatic insect assemblages in shrimp-dominated tropical streams, Puerto Rico. *Biotropica* 36: 259-266.
- Ramírez, A., C. M. Pringle y M. Douglas. 2006. Temporal and spatial patterns in stream physicochemistry and insect assemblages in tropical lowland streams. *Journal of the North American Benthological Society* 25: 108-125.
- Ramírez, A. y P. E. Gutiérrez. 2014. Estudios sobre macroinvertebrados acuáticos en América Latina: avances recientes y direcciones futuras. *Revista de Biología Tropical* 62 (Supl. 2): 9-20.
- Resh, V. H. y E. A. De Szalay. 1995. Streams and rivers of Oceania. Pp. 717-736. En: C.E. Cushing, K.W. Cummins y G.W. Minshall (Eds.). *River and stream ecosystems of the World*. Elsevier, Amsterdam, Holanda.
- Restrepo, J. D. (Ed.). 2005. Los sedimentos del río Magdalena: reflejo de la crisis ambiental. Fondo Editorial Universidad EAFIT, Medellín, Colombia. 270 pp.
- Restrepo, J. D. (Ed.). 2008. Deltas de Colombia: Morfodinámica y vulnerabilidad ante el cambio global. Fondo editorial Universidad EAFIT, Medellín, Colombia. 282 pp.
- Rodríguez-Barrios, J., R. Ospina-Tórres y R. Turizo-Correa. 2011. Grupos funcionales alimentarios de macroinvertebrados acuáticos en el río Gaira, Colombia. *Revista de Biología Tropical* 59: 1537-1552.
- Rodríguez-Barrios, J. 2011. Descriptores funcionales en un sistema fluvial de montaña. Santa Marta, Colombia. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 146 pp.
- Roldán, G. A. y J. J. Ramírez. 2008. Fundamentos de limnología neotropical. Segunda Edición, Editorial Universidad de Antioquia, Medellín. Colombia. 440 pp.
- Sánchez-Garcés, G. C., A. Acero P. y A. Ortega-Lara. 2010. *Agonostomus monticola* (Mugiliformes, Mugilidae). Capítulo 7. Pp. 572-573. 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 Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
- Scatena, F. N. y A. Gupta. 2013. Streams of the montane humid tropics. Pp. 595-611. En: Shroder, J. y E. Wohl (Ed.), *Treatise on Geomorphology vol. 9, Fluvial Geomorphology*. Academic Press, San Diego, CA.
- Schellekens, J., F. N. Scatena, L. A. Bruijnzeel, A. van Dijk, M. M. A. Groen y R. J. P. van Hogezaand. 2004. Stormflow generation in a small rainforest catchment in the Luquillo experimental forest, Puerto Rico. *Hydrological Processes* 18: 505-530.
- Statzner, B. y B. Hígler. 1985. Questions and comments on the River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42: 1038-1044.
- Tamarís-Turizo, C. E. y H. J. López-Salgado. 2006. Aproximación a la zonificación climática de la cuenca del río Gaira. *Revista Intrópica* 3: 69-76.
- Thuesen, P. A., B. C. Ebner, H. Larson, P. Keith, R. M. Silcock 2011. Amphidromy links a newly documented fish community of continental Australian streams, to oceanic islands of the West Pacific. *PLoS ONE* 6: e26685.
- Turner, D., D. D. Williams y M. Alkins-Koo. 2008. Longitudinal changes in benthic community composition in four Neotropical streams. *Caribbean Journal of Science* 44: 380-394.
- Valencia, S. M., G. A. Pérez, P. X. Lizarazo y J. F. Blanco. 2009. Patrones espacio-temporales de la estructura y composición de la hojarasca en las quebradas del Parque Nacional Natural Gorgona. *Actualidades Biológicas* 31: 197-211.
- Valiela, I., C. Barth-Jensen, T. Stone, J. Crusius, S. Fox y M. Bartholomew. 2013a. Deforestation of watersheds of Panama: nutrient retention and export to streams. *Biogeochemistry* 115: 299-315.
- Valiela, I., A. Giblin, C. Barth-Jensen, C. Harris, T. Stone, S. Fox y J. Crusius. 2013b. Nutrient gradients in Panamanian estuaries: effects of watershed deforestation, rainfall, upwelling, and within-estuary transformations. *Marine Ecology Progress Series* 482: 1-15.
- Valiela, I., M. Bartholomew, A. Giblin, J. Tucker, C. Harris, P. Martinetto, M. Otter, L. Camilli y T. Stone. 2014. Watershed deforestation and down-estuary transformations alter sources, transport, and export of suspended particles in Panamanian mangrove estuaries. *Ecosystems* 117: 96-111.
- Vannote, R., G. Minshall, K. Cummins, J. Sedell y C. Cushing. 1980. The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37: 130-137.
- Villegas, B. 2006. Colombia: Parques naturales. Villegas Editores. Bogotá, Colombia.
- Ward, J. V. 1989. The four-dimensional nature of lotic ecosystems. *Journal of the North American Benthological Society* 8: 2-8.
- Ward, J. V. y J. A. Stanford. 1995. The serial discontinuity concept: extending the model to floodplain rivers. *Regulated Rivers: Research and Management* 10: 159-168.
- Wohl, E., y F. L. Ogden. 2013. Organic carbon export in the form of wood during an extreme tropical storm, Upper Rio Chagres, Panama. *Earth Surface Processes and Landforms* 38: 1407-1416.
- Zalamea, M. y G. González. 2008. Leaf-fall phenology in a subtropical wet forest in Puerto Rico: From species to community patterns. *Biotropica* 40: 295-304.
- Zúñiga, M. C., W. Cardona, C. Molineri, J. Mendivil, C. Cultid, A. M. Chará y Alan Giraldo. 2014. Entomofauna acuática del Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico colombiano, con énfasis en Ephemeroptera y Plecoptera. *Revista de Biología Tropical* 62 (Supl. 1): 221-241.



Río Piedras, Magdalena. Foto: P. Sánchez-D.



2. GENERALIDADES DEL ENTORNO GEOLÓGICO E HIDRO-CLIMATOLÓGICO DE LAS CUENCAS PERICONTINENTALES

Juan Felipe Blanco-Libreros

Introducción

La geomorfología fluvial y la hidro-climatología de las vertientes Pacífico y Caribe de Colombia son complejas debido a la interacción de múltiples procesos geológicos y atmosféricos (Restrepo 2005, Restrepo *et al.* 2009, Poveda 2004), lo cual convierte a sus cuencas periféricas en un apasionante e interesante tema de estudio para someter a prueba las hipótesis planteadas para cuencas mayores. En gran medida el conocimiento de la geología y climatología de las cuencas hidrográficas se ha logrado gracias a los enfoques a escalas regionales (Pacífico o Caribe) o de las grandes cuencas (San Juan, Patía y Mira para el Pacífico y Atrato y Sinú para del Caribe). A partir de estudios de la geología suramericana y colombiana, se ha definido con bastante claridad que en términos geológicos, las serranías y sierras periféricas del país son el producto de procesos tectónicos (algunos de ellos aun activos) o volcánicos antiguos, ambos producidos por el contacto de varias placas tectónicas, principalmente la de Nazca que se desplaza hacia el oriente y la de América del Sur que se desplaza hacia el occidente-noroccidente (Restrepo 2005, Restrepo

et al. 2009). Adicionalmente, los procesos constructivos del relieve están interactuando con procesos destructivos modernos como la erosión por causas naturales (p.e. precipitación y viento) y antrópicas (p. e. deforestación y minería) y, en una escala de tiempo mayor, con la subsidencia de las plataformas y la compactación de las planicies sedimentarias (Restrepo 2005, Restrepo *et al.* 2009). En términos climáticos las cuencas periféricas de ambas costas están influenciadas en su estacionalidad por las oscilaciones latitudinales de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), además de sistemas atmosféricos de meso-escala (ciclónicos o no,) circulación local (sistemas advectivos y convectivos, y circulación mar-costera), circulación regional (corriente del Chorro del Chocó) y circulación global (El Niño-Oscilación del Sur, Oscilación Decadal del Pacífico y Oscilación del Atlántico Norte)(Poveda *et al.* 1998, Montealegre y Pabón 2000, Poveda 2004, Poveda *et al.* 2011).

Siendo la geología y la hidrología criterios fundamentales para la clasificación tipológica de las cuencas periféricas, tal como

GENERALIDADES GEOLÓGICAS E HIDRO-CLIMATOLÓGICAS

se propuso en el Capítulo 1, el objetivo de este capítulo es ofrecer los elementos básicos para que ecólogos, zoólogos y botánicos acuáticos puedan acercarse al estudio de estos sistemas con un conocimiento más integral del entorno lótico. Aunque el objetivo no es proveer una extensa y profunda disertación sobre ambos temas para la comunidad científica especializada, aquí se encontrará una revisión de la literatura más relevante y reciente. A continuación se describen: a) la historia geológica y sus consecuencias geomorfológicas, b) la hidro-climatología y c) el inventario de las principales cuencas pericontinentales.

La historia geológica y las consecuencias geomorfológicas más importantes

Las distintas edades de los sistemas montañosos periféricos de Colombia dan cuenta de la gran dinámica geológica del relieve colombiano, de los complejos procesos que la han moldeado y continúan haciéndolo, y de las consecuencias geomorfológicas (Figura 1). Por ejemplo, la Sierra Nevada de Santa Marta es el sistema costero más antiguo, habiéndose levantado durante el Paleozoico, mientras que Perijá, Baudó, San Jacinto, Macuira y Darién surgieron durante el Terciario, pero no quiere decir que todas ellas no hayan continuado con levantamientos de estratos sedimentarios superficiales durante el Cuaternario (Castaño-Urbe 1999). En las costas de los departamentos del Atlántico y Córdoba hay pequeños cerros de arcillo-litas y areniscas que forman numerosos arroyos efímeros, sin embargo ellos no hacen parte de la tipología incluida en el Capítulo 1. Una buena síntesis sobre la geología de las sierras y serranías de Colombia, incluyendo las costeras, se puede encontrar en Castaño-Urbe (1999), pero se puede acceder a una descripción más profunda y al mapa geológico

actualizado a través del portal del Servicio Geológico Colombiano adscrito al Instituto Colombiano de Geología y Minas (<http://www.sgc.gov.co/Geologia/Mapa-geologico-de-Colombia/Referencias.aspx>). También se puede acceder a información adicional sobre las dos costas colombianas en el siguiente portal del Servicio Geológico de los Estados Unidos: <http://coastal.er.usgs.gov/coasts-colombia>. Para el Pacífico colombiano existe un estudio integral de la geología y geomorfología que aborda a las serranías del Baudó y del Darién (IGAC-INGEOMINAS 2005). A continuación, se describen las características geológicas más relevantes para la hidro-geomorfología de las cuencas periféricas.

Sierra Nevada de Santa Marta

Ubicada en la parte norte del Caribe colombiano, entre los departamentos de Magdalena, Cesar y Guajira, es el sistema montañoso costero más alto del mundo, encontrando en él todos los pisos térmicos desde el nivel del mar hasta el nival a más de 5.000 m s.n.m. (Castaño-Urbe 1999). A pesar de su ubicación aislada de los tres ramales de la cordillera de los Andes y su configuración de macizo o bloque, su orogenia no se dio de manera única y por el contrario parece haber sido compleja y durante diferentes periodos entre 400 millones y 100 mil años atrás. Por otra parte, se ha planteado que debido a su ubicación en la falla de Ariguani, la Sierra Nevada de Santa Marta se ha desplazado unos 200 km al nor-oriental desde su punto estimado de origen, dando lugar a la posición aislada actual de las estribaciones de la cordillera central y su cercanía a la oriental. También este proceso produjo la planicie costera del Caribe y su complejo de ciénagas, incluyendo la Depresión Momposina. Geomorfológicamente, por su forma piramidal tiene tres vertientes: norte, sur-occidental

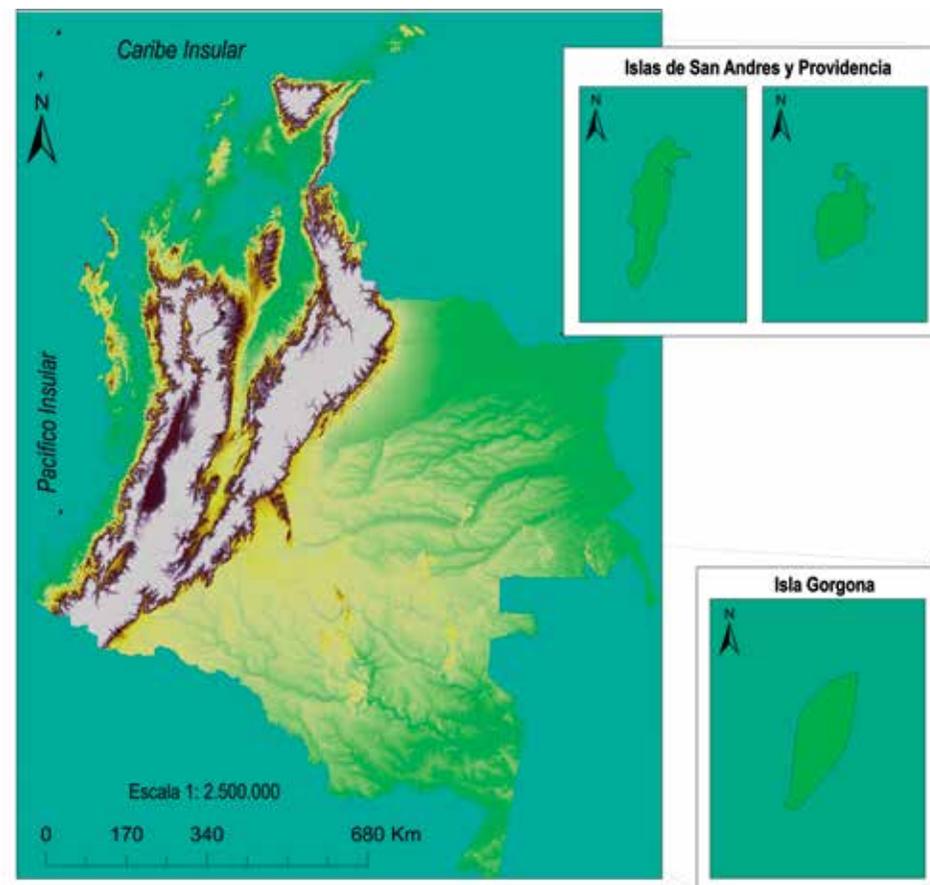


Figura 1. Mapa de Colombia indicando la ubicación de los relieves periféricos. Se incluyen las islas de San Andrés y Providencia y Gorgona. Elaboró: Ricardo Pérez Montalvo.

y sur. Algunos de los ríos más caudalosos de la vertiente norte (p. e. Gaira y Manzanares) nacen en la cuchilla de San Lorenzo y desembocan en las bahías de El Rodadero, Santa Marta y Taganga. Otros menos caudalosos y cortos nacen en los cerros costeros (<500 m s.n.m.) y desembocan en las bahías Concha, Chengue, Cinto y Nequange dentro del Parque Nacional Natural Tayrona. Como característica sobresaliente

los ríos Guachaca, Buriticá, Don Diego y Palomino hacen un recorrido casi recto hasta el mar, pero particularmente los dos últimos lo hacen desde más de 5.000 m s.n.m. (Parque Nacional Natural Sierra Nevada) en escasos 38 km. Otros ubicados más al oriente nacen en estribaciones más bajas de la Sierra (cerros y cuchillas) en el departamento de La Guajira (p.e. ríos Ancho, Cañas, Dibulla o Jeréz y Enea). La



P. Sánchez-D.

GENERALIDADES GEOLÓGICAS E HIDRO-CLIMATOLÓGICAS



P. Sánchez-D.

planicie costera de la Baja Guajira es atravesada por numerosos arroyos. La vertiente sur-occidental de la Sierra Nevada de Santa Marta tributa numerosos ríos y quebradas a la ciénaga Grande de Santa Marta, atravesando una amplia planicie aluvial. Entre estos ríos, los de mayor caudal son Aracataca y Fundación. La vertiente sur lo hace al río Cesár, el cual desemboca en la ciénaga de Zapatosa, parte del complejo cenagoso de la Depresión Momposina del río Magdalena. Una excepción es el río Ranchería que nace en esta vertiente, fluye hacia el nor-oriental y luego hacia al norte para desembocar en el mar Caribe en Riohacha. Estas otras dos vertientes, aunque presentan pendientes igualmente pronunciadas y cursos profundamente encañonados, poseen recorridos más cortos. Se estima que aproximadamente 35 ríos nacen en la Sierra Nevada de Santa Marta, 16 de ellos dentro del Parque Nacional Natural Sierra Nevada de Santa Marta (Villegas 2006).

Serranía de San Jacinto o Montes de María

Ubicada en la parte meridional de la costa Caribe, entre los departamentos de Sucre y Bolívar, es una formación alargada oblicua resultante de complejos eventos tectónicos que plegaron la planicie costera pre-andina hace 50 millones de años (Eoceno) (Castaño-Urbe 1999). Su porción central o nuclear está compuesta por cherts y limolitas del Cretácico (>135 millones de años). Geomorfológicamente, a lo largo del eje central se identifican tres unidades estructurales de diferentes elevaciones pero todas consideradas de baja altura (<500 m s.n.m.), a pesar de sus pendientes de hasta 45° que terminan sobre la planicie costera a unos 250 m s.n.m.: San Jerónimo, San Jacinto y Luruaco. Esta configuración longitudinal con dirección nororiental, genera dos vertientes: golfo de Morrosquillo-bahía

de Barbaças y río Magdalena. Asociados a los Montes de María sobre la planicie del golfo de Morrosquillo, se identifican un sistema de cerros satélites a la altura de Toluvié y de colinas u ondulaciones en el área de San Onofre-Pajonal-Palo Alto-Mucacal. También se reconocen las planicies marinas, las llanuras aluviales y las zonas planas, estas últimas en el piedemonte de la serranía. La mayor parte de los arroyos que desembocan en el golfo de Morrosquillo nacen decenas de kilómetros tierra adentro en la vertiente occidental de la serranía (p. e. ríos Pechelín y Torobé), sin embargo en la punta de La Boquilla en el municipio de San Onofre, el sistema de colinas costeras forma pequeños arroyos efímeros o altamente estacionales que desembocan en el mar después de unos cientos de metros o pocos kilómetros de recorrido. Al norte de las sabanas de Mucacal, los arroyos que nacen en este sistema confluyen con los que nacen en la serranía y se dirigen al norte desembocando en la ciénaga de María La Baja (IGAC-Gobernación de Sucre 2003).

Serranía de Abibe

Ubicada en la parte norte del departamento de Antioquia, corre paralela a la costa oriental del golfo de Urabá en dirección norte, y sirve de límite político con el departamento de Córdoba (IGAC *et al.* 2007, Thomas *et al.* 2007). Esta serranía es el ramal occidental de la cordillera occidental, producido por el levantamiento tectónico sobre la falla del Atrato durante el surgimiento del istmo de Panamá, más específicamente la serranía del Darién. Es el punto de contacto entre el bloque Chocó, el cinturón Sinú y el arco de Dabeiba. Los sedimentos son marinos y transicionales, sobre una litología de conglomerados, areniscas, arcillolitas y calizas del Eoceno Superior y el Plioceno. Sobre la planicie costera existen depósito aluvial, coluvial y

derrubial del Cuaternario. Como parte de la actividad tectónica, la serranía poseó un gran número de fracturas longitudinales y transversales (configuración reticulada o de espina de pescado) que dan origen a los cañones por los cuales discurren los ríos sobre una litología del Terciario, desde zonas de antiguas terrazas marinas levantadas. El fenómeno de diapirismo de lodos en Turbo, San Juan y Arboletes es una evidencia de la actividad tectónica actual. Geomorfológicamente, las cabeceras de las cuencas entre Apartadó y Arboletes, se encuentran sobre las terrazas antiguas marinas, pero la red de drenaje se forma rápidamente a través de fallas y grietas menores que conducen el caudal hasta los profundos cañones de areniscas formando cursos de orden 2 ó 3 hasta su desembocadura a través de las planicies aluviales costeras. En la vertiente del Caribe, los ríos Mulatos y San Juan que nacen en las estribaciones norte de la serranía tienen un recorrido bastante recto hacia el mar atravesando extensas terrazas marinas emergidas, mientras que en la vertiente del golfo los ríos que nacen en el flanco oriental de la serranía recorren las estrechas planicies aluviales en cursos meándricos. Al sur de la serranía de Abibe entre Chigorodó y Mutatá las cabeceras se encuentran ubicadas en un bloque basáltico intercalado con rocas metamórficas graníticas producto del pliegue anticlinal de Chigorodó y del batolito del arco de Dabeiba (34 a 61 millones de años). Los ríos Chigorodó y Mutatá tributan sus aguas al río León y al río Riosucio (y este último posteriormente al río Atrato), respectivamente.

Serranía del Darién

Ubicada en la parte costera de la provincia Darién en Panamá y el departamento de Chocó en Colombia, se extiende al sur como continuación de la cordillera o sierra de San Blas y se interna en el territorio co-

lombiano hasta colindar con el norte de la serranía del Baudó ubicada en el Pacífico colombiano (IGAC-INGEOMINAS 2005, IGAC 2006). Por lo tanto, ha sido denominada como la “bisagra” geológica del istmo de Panamá con la cordillera de los Andes (*sensu* Castaño-Urbe 1999). Se formó debido a la larga sucesión de actividad volcánica en el archipiélago que dio origen al istmo desde hace 5,2 millones de años en el Terciario, en la fosa Atrato-San Juan. Dicha actividad volcánica es producto de la interacción tectónica de las placas de Cocos, Nazca, Pacífico, Suramérica y Caribe. Sin embargo, aunque la configuración actual del relieve costero caribeño de la serranía del Darién se alcanzó al final del Plioceno, existen elementos antiguos como el Batolito de Mandé desde el Mesozoico. Geomorfológicamente, las laderas costeras de la serranía del Darién forman acantilados empinados principalmente en la parte sur del municipio de Acandí y en el municipio de Unguía, pero algunas partes separadas del mar forma aluviones costeros y playas que son atravesados por pequeñas quebradas (corregimientos Triganá, San Francisco, Titumate y Tanela). En la parte norte del Chocó (municipio de Acandí) se ubica el cerro Tacarcuna como una formación costera de baja altura que se extiende entre las poblaciones de Sapzurro, Capurganá y Acandí, dando origen a los ríos homónimos, los cuales son los más grandes debido al área de sus cabeceras y a la extensión de sus planicies costeras. Sobre la costa, al sur de Playona y hasta bahía Ceverá se forma otro relieve costero denominado cerro Tripogadí que corre paralelo a la serranía del Darién y confina el valle del río Tanela (que desemboca en una ciénaga tributaria del río Atrato) y ocasiona la formación de pequeñas cuencas con drenajes hacia el mar Caribe (IGAC 2006). Entre las bahías El Aguacate y Sapzurro existen platafor-

GENERALIDADES GEOLÓGICAS E HIDRO-CLIMATOLÓGICAS



P. Sánchez-D.

mas coralinas emergidas o karsos que son atravesados por las quebradas antes de desembocar en el mar y que han servido como depósitos de sedimentos cuaternarios en algunas partes.

Serranía del Baudó

Se encuentra en el departamento del Chocó entre el norte del delta del río San Juan y bahía Juradó, es un sistema alargado extenso y complejo que se extiende hacia el sur desde el golfo de San Miguel en el Pacífico Panameño, y que colinda al oriente con la llanura aluvial del río Atrato (Castaño-Uribe 1999, IGAC-INGEOMINAS 2005, IGAC 2006). La vertiente oriental de la serranía fue formada por levantamiento tectónico producto de la subducción de la Placa de Nazca en la Zona de Sutura Colombo-Ecuatoriana contra el Bloque Nor-Andino entre 100 y 65 millones de años, pero que aún continúa. Su litología es una mezcla de basaltos y diabasas del Cretáceo tardío y volcano-detriticos del Paleoceno a Mioceno. Producto de la actividad tectónica también se formó el geosinclinal de Bolívar, que originó la ensenada de Utría. Los valles transversales, particularmente el del río Baudó son formaciones compuesta por litología volcánica y sedimentaria del Terciario (Eoceno-Oligoceno) formada entre 55 y 26 millones de años. El distrito de Los Saltos, correspondiente al relieve más costero, incluye varios batolitos. Geomorfológicamente, la vertiente costera de la serranía del Baudó se divide en dos tramos separados por cabo Corrientes. Al norte en Juradó, la serranía toma el nombre de Los Saltos debido a la discontinuidad que sufre a la altura de Punta Las Cruces (bahía Cupíca), y corre paralela a la costa a unos pocos kilómetros de distancia formado cuencas hidrográficas con estrechas planicies, pero en muchos tramos el relieve cae abruptamente en el mar en forma de acantilados.

Desde Punta Ardita hasta cabo Corrientes sobresalen por su mayor caudal y extensión los ríos Juradó, Valle, Jurubidá, Tribugá, Nuquí y Coquí. Al sur de cabo Corrientes, se separa la vertiente occidental de la serranía del Baudó varias decenas de kilómetros, formando una amplia planicie aluvial costera por la cual discurre el río Baudó para desembocar en un complejo deltáico conformado por islas barreras y esteros, al norte del delta del río San Juan. Otros ríos que podrían considerarse costeros nacen en un sistema de cerros al sur de cabo Corrientes y desembocan al norte del río Baudó (Virudó, Catripe y Pilizá).

Isla Gorgona

Ubicada en el océano Pacífico sur de Colombia, a 52 km del municipio de Guapi en el departamento del Cauca, es un pequeño (1.660 ha) bloque de basaltos originado mediante procesos volcánicos y tectónicos, aun activos. A pesar que las rocas ígneas, particularmente los basaltos, dominan, la isla tiene intercalaciones de rocas sedimentarias y sedimentos del Cuaternario (Blanco 2009). Los geólogos consideran que la isla es un enigma geológico debido a que se presentan las komatiitas más jóvenes del mundo (90 millones de años). Tiene una configuración alargada y delgada (8 x 2 km) definida por la presencia de una cordillera central, cuya altura máxima es 330 m s.n.m. (cerro Trinidad). Geomorfológicamente, el cerro forma dos vertientes las cuales tributan sus aguas al mar mediante más de 100 quebradas durante la época de lluvias, sin embargo, durante la época de sequía solo unas 25 vierten sus aguas al mar de manera permanente. Estas recorren los cortos y empinados tramos y posteriormente la estrecha llanura aluvial. La isla está completamente contenida dentro del PNN Gorgona. Se recomienda leer la síntesis publicada en el número especial

sobre las quebradas de la isla por Blanco *et al.* (2009).

Isla Providencia

Situada en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, esta es la única isla con corrientes de agua permanentes o estacionales que se conectan directamente con el mar. La isla es de origen volcánico. Geomorfológicamente, isla Providencia presenta un cerro central (Prentice Hill) con cinco proyecciones digitadas, rodeadas a su vez por lomas de baja altura. Las principales quebradas que aparecen en la cartografía oficial del IGAC son Gama DithGully, FarEnough, San Felipe y Elena Gully. Los cerros de Providencia y de Santa Catalina generan algunos cursos de agua usualmente efimeros. Contrario a la isla Providencia, San Andrés posee un relieve central de menor elevación, producto de procesos volcánicos y de levantamiento tectónico de la plataforma arrecifal, lo cual ha generado un gran karso que impide que la escorrentía superficial llegue al mar. Información sobre la isla se puede consultar en Villegas (2006).

Finalmente, es importante considerar dos casos especiales entre los sistemas periféricos de Colombia, las serranías de Macuira y Perijá, las cuales debido a su ubicación satelital en la planicie costera del Caribe son islas biogeográficas, reconocidas como centros de endemismos, que podrían representar una gran oportunidad para los estudios ecológicos, biogeográficos y sistemáticos de la ictiofauna dulceacuícola y la vegetación ribereña. Sin embargo, no es claro si se ajustan al criterio de incidencia de fauna diádroma para clasificarlas como ecológicamente costeras, en ausencia de información y expediciones a sus cuencas hidrográficas. Por una parte, la inspección de la hidrografía de la serranía de la Macuira,

sugiere que algunas corrientes de agua dulce desembocan al mar, pero se desconoce si presentan ictiofauna diádroma. Por otra parte, la porción colombiana de la serranía de Perijá, que comprende las cabeceras del río Catatumbo están alejadas más de 300 km de la desembocadura en el golfo de Maracaibo y nacen por encima de los 3.000 m s.n.m., por ello se hipotetiza que no presentan fauna diádroma (ver Galvis *et al.* 1997 y otras referencias compiladas por Ortega-Lara *et al.* 2012). Por ejemplo, el recorrido del río Zulia en territorio colombiano tiene una extensión de 154 km, mientras que en el tramo venezolano es de 141 km, incluyendo un tramo binacional de 26 km. Por lo tanto, dadas esas particularidades se justificaría la realización de expediciones científicas a ambos sistemas, aunque para la cuenca del río Catatumbo ya existe una publicación sintética, la cual también informa que aunque hasta el momento no existen endemismos locales (pero si para la cuenca del Lago Maracaibo), es la subcuenca del Lago con mayor riqueza (Ortega-Lara *et al.* 2012). A continuación se resumen algunas características de estas serranías a manera de ilustración.

Serranía de Macuira

Ubicada en la península de La Guajira, es realmente un complejo, compuesto por varias sierras de baja altura (Macuira, Simarua y Cosinas), que tiene forma de collar (32 km de largo y 10 km de ancho) (Castaño-Uribe 1999). Su litología es predominantemente ígnea y metamórfica (principalmente granítica), posiblemente originada entre 250 y 130 millones de años (Mesozoico). Hacia el piedemonte de las colinas hay acumulaciones de carbonato de calcio. Geomorfológicamente, existen un gran número arroyos encañonados que permanecen secos la mayor parte del año. Sin embargo, los ecosistemas boscosos de

GENERALIDADES GEOLÓGICAS E HIDRO-CLIMATOLÓGICAS

las mayores elevaciones (p. e. cerro Palúa, 860 m s.n.m., la mayor del sistema) capturan un volumen significativo de agua capaz de mantener vegetación siempre-verde, inclusive de bosque enano de niebla, y recargar los arroyos y riachuelos en algunos tramos cortos (Villegas 2006).

Serranía de Perijá

Se extiende parcialmente en los departamentos de Cesar y Norte de Santander, este sistema tiene su mayor recorrido en territorio venezolano (Castaño-Uribe 1999). La serranía del Perijá, de los Motilones o Montes de Oca, muestra una variada litología intrusiva y batolitos ígneo-metamórficos en las cabeceras, que contrasta con la litología sedimentaria del Mesozoico. La serranía fue formada por el levantamiento de la masa continental y compresión de la corteza y por un geosinclinal sobre el Caribe y sobre el área del golfo de Maracaibo. Geomorfológicamente, la serranía presenta colinas y terrazas disectadas que forman vertientes hidrográficas largas pero con cabeceras muy empinadas. En el territorio colombiano las cuencas son principalmente de cabecera y alimentan las cuencas de ríos mayores como el Catatumbo y el Zulia, los cuales tiene su mayor recorrido en territorio venezolano.

En conclusión la disímil y compleja historia geológica de las serranías y sierras periféricas de Colombia ha producido geoformas fluviales igualmente complejas y algunas veces únicas. Sin embargo, estos sistemas están compuestos consistentemente por dos elementos básicos: una porción montañosa de cabecera y una porción plana costera. Por lo tanto, la altura máxima y la longitud de cada cuenca (o su proporción expresada como un coeficiente de relieve) pueden servir como elementos iniciales para un sistema de clasificación hidro-

geomorfológico. De hecho, Restrepo *et al.* (2009) determinaron que la escorrentía y el coeficiente de relieve (cociente entre la altura máxima y la longitud total de la cuenca) explican el 83% de la variabilidad regional de la producción de sedimentos para las grandes cuencas del Pacífico y el Caribe. De esta manera, observaron consistentemente una mayor producción en los ríos del Pacífico que del Caribe. Esta exportación de sedimentos además está fuertemente influenciada por la ocurrencia de eventos geológicos de alta energía y anomalías climáticas. Siguiendo esa misma lógica las pequeñas cuencas costeras en los sistemas montañosos periféricos podrían manifestar una relación similar entre el coeficiente de relieve (conjuntamente con la precipitación media anual) y el caudal líquido y sólido medio anual. De hecho, un ejercicio preliminar de clasificación de las cuencas pericontinentales con base en el coeficiente de relieve y la precipitación anual media, muestra que hay un arreglo altamente determinístico, en el cual se aparta la serranía del Baudó del resto de los sistemas, en términos de su alta precipitación anual, seguido por la isla Gorgona. Esta última sobresale entre todos los sistemas porque no solo es la que tiene la segunda mayor precipitación, sino que tiene el mayor coeficiente de relieve, mientras que los sistemas restantes se dispersan a lo largo de este eje. Llama la atención que la Sierra tenga un coeficiente de relieve similar al de sistemas más pequeños como Providencia y la serranía del Darién. Finalmente, los sistemas con pendientes más tendidas o coeficientes de relieve menores (debido a sus amplias planicies costeras) son Abibe, San Jacinto, Perijá y Macuira (Figura 2). En contraste, realizando un perfil solo con las alturas y las longitudes máximas de las cuencas costeras (no de todo el sistema montañoso como se mos-



P. Sánchez-D.

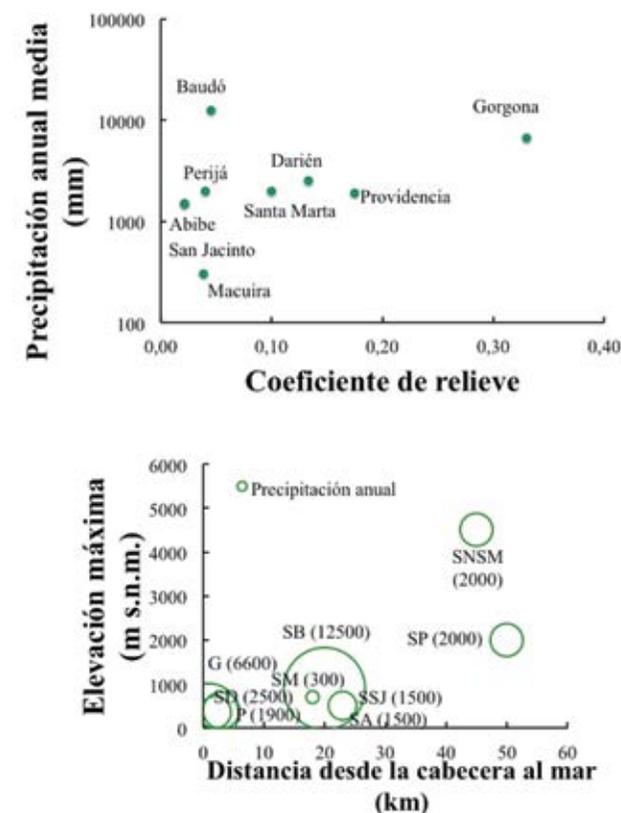


Figura 2. Clasificación de las cuencas pericontinentales de Colombia con base en sus características geomorfológicas e hidro-climatológicas. Parte superior: Coeficiente de relieve y precipitación media anual. Parte inferior: Longitud máxima y altura máxima de la cuenca y precipitación media anual (círculo y valor). La longitud y altura máximas fueron calculadas a partir del modelo digital de elevación oficial (Mapa Geológico de Colombia, IGAC) para una cuenca tipo en cada relieve satélite (Figuras 4-10). La precipitación media anual fue obtenida a partir de IDEAM (2013). SNSM: Sierra Nevada de Santa Marta, SP: Serranía de Perijá, SSJ: Serranía de San Jacinto, SA: Serranía de Abibe, SD: Serranía del Darién, SB: Serranía del Baudó, G: isla Gorgona, P: isla Providencia.

tró en el capítulo anterior), con base en el modelo digital de elevación oficial disponible en el IGAC (Figuras 4-10), los sistemas se separan principalmente por su tamaño

(Figura 2), lo cual demuestra la limitación de esta aproximación. En la siguiente sección se describe la hidro-climatología de las cuencas periféricas.

GENERALIDADES GEOLÓGICAS E HIDRO-CLIMATOLÓGICAS

La hidro-climatología de las cuencas hidrográficas periféricas

Una de las principales limitantes para la caracterización hidrológica de las pequeñas cuencas costeras es la ausencia casi absoluta de estaciones de caudales o niveles, al menos para algunos sistemas satélites, particularmente en la vertiente del Pacífico (p. e. serranía del Baudó, Figura 3). Por lo tanto algunas inferencias de la misma pueden hacerse a partir de la hidro-climatología regional o de las grandes cuencas hidrográficas de ambas costas colombianas (Restrepo *et al.* 2009, Poveda 2004). En términos generales, la hidro-climatología colombiana está controlada por los siguientes factores: 1) estacionalidad de las oscilaciones de la ZCIT; 2) fenómenos intra-anales de meso-escala; 3) procesos locales de variación diaria; 4) procesos regionales y globales con periodicidad multi-anual (Poveda 2004). En primer lugar, la hidro-climatología y particularmente el régimen de variación intra-anual o estacional del caudal medio mensual, está modulado en ambas costas por los desplazamientos latitudinales de la ZCIT, la cual durante su paso dos veces al año por el territorio nacional trae las temporadas de lluvias. Las temporadas o estaciones de menor precipitación, y en algunos casos de sequía atmosférica, se producen en la medida que la ZCIT sigue su curso ya sea al norte o al sur. En segundo lugar, dado que la hidro-climatología es modulada espacialmente en la magnitud de las precipitaciones totales anuales y de los caudales medios anuales por la presencia de los Andes, se puede inferir que también es modulada por otros relieves costeros satélites (existen estudios para la Sierra Nevada de Santa Marta y la serranía del Baudó, Guarín-Giraldo y Poveda 2013). En tercer lugar, las interacciones tierra-oceano influyen no solo en las diferencias espaciales, sino temporales, de las precipi-

taciones y caudales mensuales y diarios, y por lo tanto, las altas correlaciones que en otras regiones se observan entre variables hidrológicas atmosféricas y superficiales, no se observan en las costas Pacífica y Caribe (Guarín-Giraldo y Poveda 2013). Esto se debe a que en estas regiones se presentan fenómenos intra-anales o intra-estacionales tales como la Corriente del Chorro de Chocó (CCC), los Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM), los sistemas ciclónicos y ondas tropicales, y los frentes fríos (Poveda 2004; CIOH: <http://www.cioh.org.co/meteorologia/ResumenSanAndres-yProvidencia.php>). De esta forma el ciclo anual de la humedad del suelo presenta un rezago de dos meses con respecto al de la precipitación en la costa Pacífica, debido a la operación de los dos primeros procesos, mientras que en el Caribe la respuesta es menos rezagada debido a que está más acoplada durante el periodo seco y los fenómenos moduladores (constructivos) como las ondas y ciclones tropicales son más activos durante la época de lluvias. A continuación se resumen las influencias de la ZCIT y de los principales procesos moduladores intra- e inter-anales de la hidro-climatología de las vertientes Pacífico y Caribe.

Vertiente del Pacífico

El paso de la ZCIT por esta región trae un incremento de la precipitación, sin embargo, este incremento se presenta sobre los valores base de humedad influenciados por la CCC, el forzamiento orográfico y las celdas locales. Por esta razón, los pluviogramas de la región a pesar de mostrar una alta estacionalidad de los valores máximos diarios de lluvia, varían poco con respecto a los valores mínimos, y no puede hablarse de periodos secos, excepto bajo condiciones de El Niño. La CCC es una corriente atmosférica de baja altitud y de alta humedad que se mueve desde el océano Pacífico

hacia Suramérica a la altura de 5°N en el departamento del Chocó, la cual explica la ocurrencia de registros de precipitación tan altos como los observados en Lloró (1952-1960: 12.510 mm. año⁻¹) y en el departamento (rango espacial: 8.000-13.000 mm año⁻¹) (Poveda y Mesa 1999, 2000). Adicionalmente, en esta región de la costa Pacífica, la CCC interactúa con el forzamiento orográfico de la humedad por parte del relieve costero próximo a la costa y la ocu-

rrencia de una celda de baja presión y alta temperatura (Poveda y Mesa 1999, 2000). Se ha planteado recientemente que la CCC también influye sobre la climatología de la región Darién-Urabá (Bernal *et al.* 2006). Los SCM son discretas acumulaciones de humedad en capas bajas de la atmósfera que viajan con los vientos alisios del Pacífico, pero particularmente con la CCC hacia la costa colombiana (Poveda y Mesa 1999, 2000, Poveda 2004), trayendo de manera



P. Sánchez-D.

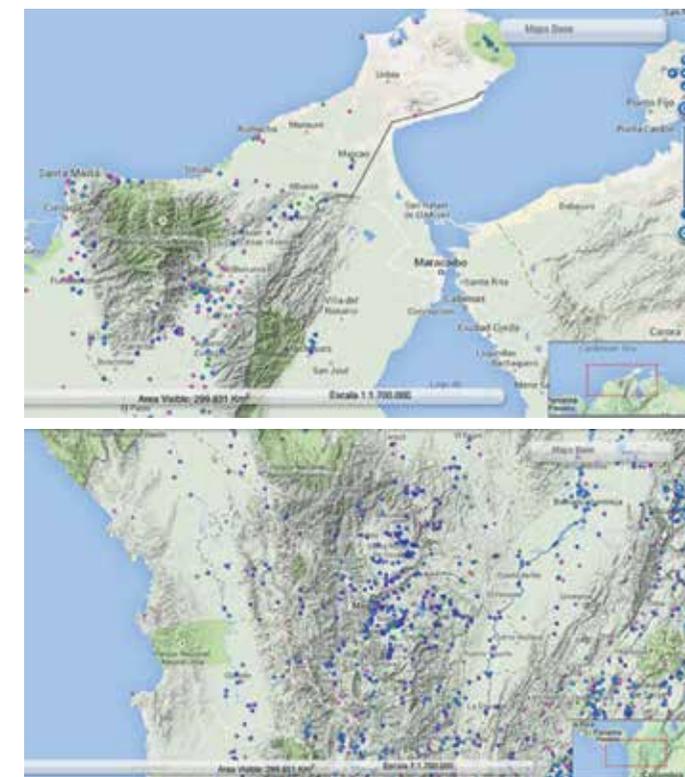


Figura 3. Ubicación geográfica de las estaciones climatológicas e hidrométricas del IDEAM. Partel superior: Vertiente del Caribe mostrando la Sierra Nevada de Santa Marta y las serranías de Macuira y Perijá. Parte inferior: Vertiente del Pacífico mostrando la serranía del Baudó.

GENERALIDADES GEOLÓGICAS E HIDRO-CLIMATOLÓGICAS



P. Sánchez-D.

irregular grandes aguaceros sobre la misma. Los SCM pueden ingresar al Atrato y la región Andina por pasos de baja altura sobre la serranía del Baudó y la cordillera Occidental (Poveda y Mesa 2000). La magnitud y frecuencia de estos sistemas, al igual que la potencia de la misma CCC, están modulados por las fases cálida y fría de El Niño-Oscilación Sureña (ENOS), debido a la influencia que tienen ambas sobre la temperatura atmosférica (a diferentes altitudes) en el Pacífico colombiano (Poveda y Mesa 1999, 2000). Finalmente, dado que la influencia de la CCC sobre el clima y la precipitación del sur del Pacífico colombiano es débil (Rueda y Poveda 2006), una menos conocida y estudiada corriente de chorro a la altura de 2°S en Ecuador (Poveda y Mesa 1999), podría tener efectos más significativos sobre la hidro-climatología de isla Gorgona. Por lo tanto, los diferentes procesos atmosféricos que se suceden a lo largo de la costa Pacífica colombiana podrían generar diferencias no solo en la magnitud de las lluvias (por lo tanto, en los caudales de las quebradas costeras de bajo orden), sino también en los regímenes de crecientes diferentes, que en interacción con los altos coeficientes de relieve, podrían generar interesantes gradientes ambientales (entre isla Gorgona y serranía del Baudó, aun a lo largo de esta última) para el estudio de los disturbios y otros procesos ecológicos, lo mismo que la biogeografía de los organismos acuáticos.

Vertiente del Caribe

El paso de la ZCIT por esta región es el principal responsable del incremento de la precipitación de manera sostenida en la escala intra-anual, dado que la mayor parte del año la precipitación es cercana a cero, con algunas excepciones locales como la Sierra Nevada de Santa Marta (Poveda *et al.* 2011). En la mayor parte de la planicie del

Caribe la humedad que trae la brisa marina en las tardes no puede ser interceptada por las lomas costeras y por lo tanto los vientos húmedos penetran grandes distancias, siendo atrapados por las estribaciones de los tres ramales de los Andes lo que genera un ciclo diario marcado (Poveda *et al.* 2011). Sin embargo, durante la época de sequía, la intercepción de la brisa marina generada por las serranías de San Jacinto, Abibe y Darién no es suficiente para recargar los arroyos, quebradas y ríos (Blanco *obs. pers.*). Por el contrario, las vertientes norte y sur de la Sierra Nevada de Santa Marta forzan el ascenso de las masas de aire húmedo produciendo precipitación en elevaciones altas, las cuales mantienen las quebradas y ríos con caudal la mayor parte de la estación seca, a pesar de que en la parte baja no llueva. Una clara señal de esta lluvia orogénica es el marcado ciclo diario que la precipitación, con una predominancia de las lluvias entre las 14:00 y 18:00 h pero con el mayor pico a las 19:00 h, ciclo que se mantiene aun durante años El Niño, aunque con una disminución de la magnitud (ver estación Pueblo Bello en Figura 4 de Poveda *et al.* 2011). Un patrón similar de ciclo diario de la lluvia orográfica se observa en las cabeceras de la región Catatumbo (serranía de Perijá) (estaciones 2 y 3, Figura 4 en Poveda *et al.* 2011). Multi-anualmente el caudal máximo mensual de los grandes ríos es menor durante años El Niño que La Niña (Figura 10 en Poveda *et al.* 2011), por lo cual se podría extrapolar este mismo comportamiento a los pequeños ríos y arroyos, haciendo la salvedad que durante El Niño permanecerían sin caudal durante un número mayor de meses. De hecho tramos costeros de varias quebradas en las inmediaciones de Capurgana (serranía del Darién) permanecieron sin caudal durante 15 meses continuos entre junio de 2009 y septiembre de 2010, periodo que

coincidió con condiciones El Niño (Blanco *obs. pers.*). Sin embargo, dado que no hay estaciones de caudal en muchos arroyos y quebradas costeros del Caribe, es difícil precisar los efectos de la variabilidad intra- e inter-anual. Una opción metodológica que podría ser útil es la utilización del Índice de Diferencias Normalizadas de Vegetación (NDVI por sus siglas en inglés) como surrogado de la evapotranspiración y de la humedad del suelo, tal como ha sido demostrado ampliamente por Poveda *et al.* (2001). Finalmente, la hidro-climatología del Caribe continental e insular de Colombia es fuertemente, pero esporádicamente, influenciada por los sistemas ciclónicos (huracanes y tormentas tropicales) y no ciclónicos (ondas) que pasan por el Caribe Sur. Sobre el archipiélago de San Andrés y Providencia han pasado los siguientes huracanes: 1818, 1876, 1877, 1906, 1940, 1961 (Hattie), 1971 (Irene), 1988 (Joan), Cesar (1996), Wilma y Beta (2005) (CIOH: <http://www.cioh.org.co/meteorologia/ResumenSanAndresyProvidencia.php>). Por otra parte, los frentes fríos provenientes de Norteamérica (conocidos como Nortes en México), también influyen sobre la climatología de este archipiélago (*Ibidem*). Dado que no hay estudios sobre la hidro-climatología de la isla Providencia, se puede hipotetizar que es similar a la de San Andrés, al menos en la magnitud y el régimen anual de precipitación (1.900 mm año⁻¹) y la respuesta ante sistemas de meso-escala. Ante la ausencia de estaciones limnimétricas se puede hipotetizar que los caudales también pueden seguir dicha dinámica. La climatología de San Andrés es marcadamente unimodal (Carmona *et al.* 2010). La precipitación inter-anual es modulada por el ENOS, observándose un aumento de 25-30% durante el periodo junio-agosto (JJA) en años

El Niño, en interacción con la Corriente de Chorro de San Andrés 12°-14° N (Poveda y Mesa 1999, Carmona *et al.* 2010). Sin embargo, es mayor la influencia de la Oscilación del Atlántico Norte (NAO), siendo la fase cálida la que incrementa la precipitación durante octubre y noviembre hasta en un 60% (Carmona *et al.* 2010). En el Caribe continental también se ha establecido que la NAO tiene un efecto negativo significativo en la precipitación y los caudales del periodo MAM y JJA (Poveda *et al.* 1999). Finalmente, es importante resaltar que varios de los grandes ríos de la Sierra Nevada de Santa Marta son alimentados por el deshielo nival y glaciario (Castaño-Urbe 1999). Por lo tanto, su régimen basal o de caudales mínimos es bastante moderado, al menos para los tramos montañosos, sin embargo, son altamente vulnerables al calentamiento atmosférico global tal como se ha descrito para la zona andina (Poveda y Pineda 2009).

Inventario de las cuencas periféricas de Colombia

De acuerdo con la zonificación más reciente de las unidades hidrográficas (ZH) del país (IDEAM 2013), las cuencas periféricas se ubican en las siguientes zonas, para las cuales se describen las sub-zonas (SZH), su codificación y área (Tabla 1):

- Vertiente Caribe: 1) Atrato-Darién, 2) Caribe Litoral, 3) Caribe-Guajira, 4) Catatumbo e 5) islas Caribe
- Vertiente Pacífico: 1) Baudó-Directos Pacífico, 2) Pacífico Directos e 3) islas Pacífico.

En la tabla 2 se describen las principales características hidro-climatológicas, zonas de vida y principales corrientes.

GENERALIDADES GEOLÓGICAS E HIDRO-CLIMATOLÓGICAS



P. Sánchez-D.

Tabla 1. Zonas y subzonas hidrológicas según la zonificación del IDEAM (2013) que corresponden a las cuencas pericontinentales.

Vertiente	ZH	Código SZH	Nombre Sub-zona hidrográfica (SZH)	Área (km ²)	
Caribe	Darién	1115	Río Tanela y otros directos al Caribe	1451	
		1116	Río Tolo y otros directos al Caribe	714	
	Caribe Litoral	1201	río León	2278	
		1202	Río Mulatos y otros directos	2981	
		1203	Río San Juan	1444	
		1204	Río Canaleta y otros arroyos	1898	
		1205	Directos Caribe (golfo de Morrosquillo)	2506	
		1206	Arroyos directos	1868	
	Caribe Guajira	1501	Ríos Guachara-Piedras y Manzanares	1614	
		1502	Río Don Diego	542	
		1503	Río Ancho y otros directos al Caribe	1956	
		1504	Tapias	1079	
		1505	Camarones y otros directos al Caribe	894	
		1506	Río Ranchería	4286	
		1507	Directos Caribe, arroyo Sharimahan y Alta Guajira	5387	
	Catatumbo	1508	Ríos Carraipia y Paraguachón y directos golfo de Maracaibo	5662	
		1601-05	Río Pamplonita, Zulía, Nuevo Presidente, Tres Bocas, Tarra, Algodonal (Alto Catatumbo)	11378	
		1606	Río Sacuavo del Norte y Sur	966	
		1607	Río Catatumbo	1250	
	Islas del Caribe	1608	Río de Suroeste y directos, río de Oro	1877	
		1701	San Andrés	27	
	Pacífico	Pacífico directos	1702	Providencia	22
			5601	Directos Pacífico, Frontera con Panamá	4552
5501			Río Baudó	4058	
5502			Río Docampadó y directos Pacífico	1907	
		5701	La Gorgona	13	

Tabla 2. Características geográficas de los sistemas periféricos de Colombia que albergan las cuencas periféricas.

Característica	Isla Providencia	S. Nevada de Sta. Marta	S. Macuira	S. Perijá	S. San Jacinto	S. Abibe	S. Darién	S. Baudó	Isla Gorgona
Elevación máxima (m s.n.m.)	150	5775	867	3630	500	2200	1876	1810	330
Litología	Volcánica	Metamórfica	Metamórfica	Metamórfica	Sedimentaria	Sedimentaria	Volcánica	Volcánica	Volcánica
Precipitación media anual (mm)	1900	2000	300	2000	1500	1500	2500	12500	6600
Estacionalidad de la precipitación	Muy marcada	Marcada	Muy marcada	Marcada	Marcada	Muy marcada	Marcada	Marcada	Marcada
Sequia estacional	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Ausente	Ausente
Rango de zonas de vida	Bosque estacionalmente seco	Bosque subxerofítico-Alpino	Bosque xerofítico-Bosque de niebla	Bosque subxerofítico-Páramo	Bosque inundable-Bosque húmedo	Bosque húmedo-Bosque muy húmedo	Bosque húmedo-Bosque muy húmedo	Bosque muy húmedo-Bosque de niebla	Bosque muy húmedo-Bosque de niebla
Vertiente hidrográfica	Caribe	Caribe	Caribe	Caribe	Caribe	Caribe	Caribe	Pacífica	Pacífica
Zonas hidrográficas	Caribe insular	Caribe-Guajira	Caribe-Guajira	Catatumbo	Caribe litoral	Caribe litoral	Darién	Directos Pacífico y río Baudó	Pacífico insular

GENERALIDADES GEOLÓGICAS E HIDRO-CLIMATOLÓGICAS



P. Sánchez-D.

ZH Atrato-Darién (Figura 4)

Ubicadas sobre la vertiente Caribe de la serranía del Darién, las sub-zonas hidrográficas (SZH) río Tolo (municipio de Acandí) y río Tanela (municipio de Unguía) son las unidades más grandes, sin embargo, hay otras cuencas mucho más pequeñas tales como los ríos Sapzurro, Capurganá y Ti-

tumate que nacen en el cerro de Tripogadí y otros sistemas más cercanos al mar, denominados directos dentro de la ZH. Aunque la serranía del Darién puede superar los 1.000 m s.n.m., muchos de los cerros costeros no superan los 400 m. Estas SZH reciben entre 2.000 y 2.500 mm año⁻¹ de precipitación, la cual tiene una distribución

bimodal consistente con la del resto del Caribe colombiano, con dos temporadas lluviosas: abril-agosto y octubre-noviembre. Aunque las SZH tienen un índice de disponibilidad media del agua en el suelo bastante alto, las pendientes costeras están cubiertas por bosques sub-húmedos con una alta incidencia de elementos florísticos deciduos como las bongas.

ZH Caribe Litoral (Figuras 5 y 6)

Es una zona extensa que se extiende desde la parte sur de la serranía de Abibe hasta la parte norte de la serranía de San Jacinto, incluyendo los relieves costeros bajos comprendidos en medio. Esta ZH comprende las siguientes SZH: a) León, b) Mulatos y otros directos, c) San Juan, d) río Canalete y otros arroyos, e) directos Caribe, golfo de

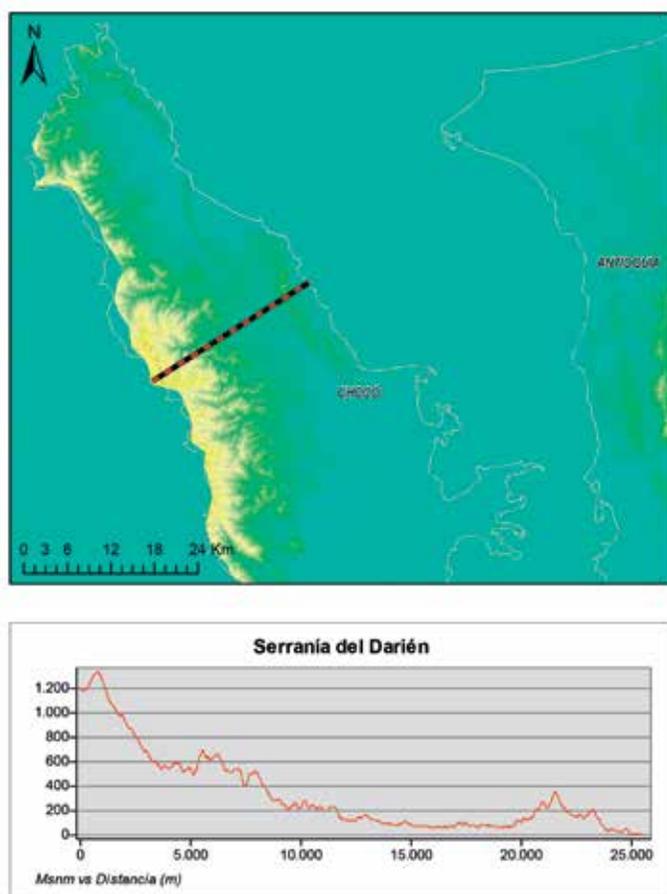


Figura 4. Modelo digital de elevación y perfil de la serranía del Darién. El perfil está ubicado al sur del cerro Tripogadí y se inicia en la cabecera del río Tanela en la serranía del Darién. El perfil cruza el valle de este río y el relieve costero de baja elevación. Elaboró: Ricardo Pérez Montalvo.

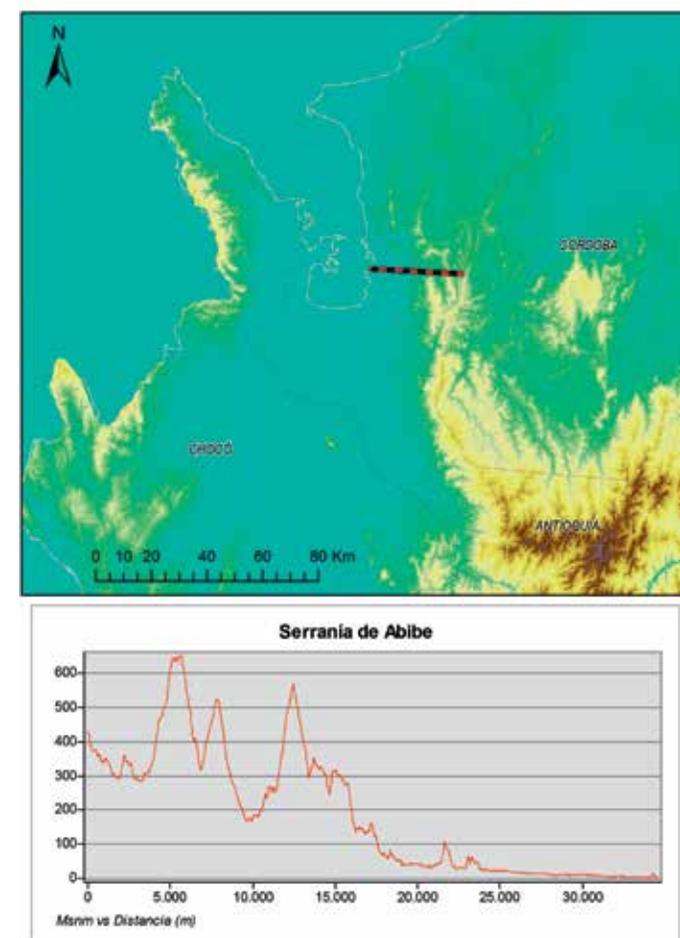


Figura 5. Modelo digital de elevación y perfil de la serranía de Abibe. El perfil corresponde a la cuenca del río Currulao. Elaboró: Ricardo Pérez Montalvo.

GENERALIDADES GEOLÓGICAS E HIDRO-CLIMATOLÓGICAS



P. Sánchez-D.

Morrosquillo y f) arroyos directos. Debido a la amplia extensión, es difícil generalizar las características hidro-climáticas, sin embargo, se puede afirmar que se presenta una transición de zonas de vida desde bosque subhúmedo tropical hasta bosque seco tropical desde el golfo de Urabá hasta el golfo de Morrosquillo, recibiendo entre 2.500 y 1.500 mm de precipitación anual,

respectivamente. Así, la SZH río León (tributaria de la costa oriental del golfo de Urabá) presenta bosques húmedos densos en la cabecera de sus tributarios (Chigorodó, Carepa, Apartado), mientras que las de otros al norte de esta SZH, tales como Currulao, el Tres, Turbo y Caimán Nuevo, presentan bosques sub-húmedos. La vertiente Caribe en el departamento de Antioquia presenta

varias SZH que nacen en las estribaciones norteñas de la serranía de Abibe y tienen largos recorridos sobre una plataforma aluvial antropizada después de descender de sus cortas cabeceras montañosas (Mulatos y San Juan). La SZH río Canalete y otros arroyos comprende numerosas corrientes que nacen en sistemas de baja altura como altos, cerros y cuchillas, ubicados cerca de la costa entre las estribaciones de la serranía de Abibe (Las Palomas) y la serranía de San Jacinto, y atraviesan una zona de vida de bosque seco tropical extensamente sabanizada. La SZH directos Caribe-golfo de Morrosquillo recibe los drenajes de la vertiente occidental de la serranía de San Jacinto entre los que sobresalen el río Pechelín y el arroyo Torobé. No obstante, hay una treintena de arroyos estacionales que atraviesan la planicie costera y sus sabanas antropogénicas. En las cabeceras de la serranía de San Jacinto aún se conservan bosques secos y sub-húmedos en estado de sucesión secundaria (Pizano y García 2014). La SZH arroyos directos comprende los drenajes de los lomeríos costeros entre Cartagena y Barranquilla. En la ZH Caribe Litoral el régimen de precipitación es marcadamente estacional con un periodo de sequía atmosférica entre diciembre y abril, un periodo de baja precipitación entre julio y agosto (veranillo de San Juan) y dos periodos de lluvias, mayo-junio y septiembre-noviembre, siendo más significativo el segundo.

ZH Caribe-Guajira (Figuras 7 y 8)

Es una zona extensa que contiene ocho SZH, principalmente agrupadas en torno a dos sistemas contrastantes: la Sierra Nevada de Santa Marta y los sistemas satélites de baja elevación de la península de La Guajira. Castaño-Urbe (1999) mencionó que la Sierra Nevada de Santa Marta surtía de agua a más de un millón y medio de personas con sus más de 680 microcuencas,

que aportaban >10.000 millones de m³ de agua anualmente. También anotó que “por las tres caras de la Sierra Nevada corren más de 30 ríos importantes como el Córdoba, Gaira, Manzanares, Don Diego, Palomino, Ranchería, Jerez, Badillo, Fundación, Aracataca, Sevilla y Frío”. Aunque algunos de los grandes ríos nacen en los picos más altos y su caudal basal es mantenido por el descongelamiento gradual de las nieves perpetuas y los glaciares, la mayor parte de cuencas se nutren de la captación de lluvia e interceptación de la humedad en las cabeceras cubiertas páramos y bosques de niebla. Por esta razón, Castaño-Urbe (1999) también menciona que en la vertiente norte “hay precipitaciones que van desde los 4.000 mm de lluvia al año en las cuencas de los ríos Buritaca, Guachaca y Don Diego, hasta los valores menos intensos del río Palomino hacia el oriente, donde los índices de precipitación descienden a 2.500 mm y 1.800 mm a medida que las estribaciones se acercan al desierto guajiro”. Sin embargo, la precipitación media anual varía entre 1.500 mm al occidente, al margen de la Ciénaga Grande de Santa Marta, en la vertiente occidental, y 1.200 mm en la cuenca del río Cesar, vertiente oriental. El régimen de precipitación es bimodal, presentándose picos en abril-junio y agosto-diciembre. Como producto del enfriamiento adiabático por la gran altura de la Sierra, también hay una extensa variación de pisos térmicos, lo cual en conjunto con la precipitación condiciona las zonas de vida presentes, extendiéndose desde el bosque sub-xerofítico basal hasta el páramo por encima de los 3.000 m s.n.m. Finalmente, la ZH Caribe Guajira, presenta varias SZH, con sistemas que caen directamente al mar desde relieves bajos o desde las serranías de la Alta Guajira, de manera estacional o efímera. El principal sistema generador de caudales hacia el mar Caribe o hacia el golfo de Maracaibo desde la Alta Guajira es la serranía de Macuira. Esta ge-

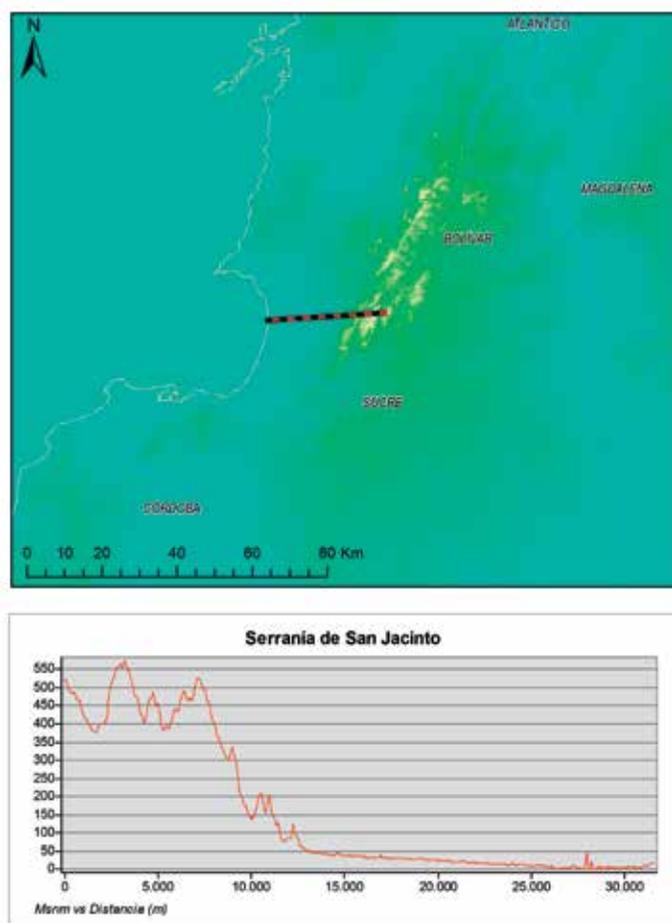


Figura 6. Modelo digital de elevación y perfil de la serranía de San Jacinto. El perfil se inicia en la cabecera de la cuenca del río Macaján. Elaboró: Ricardo Pérez Montalvo.

GENERALIDADES GEOLÓGICAS E HIDRO-CLIMATOLÓGICAS



P. Sánchez-D.

nera un “oasis” en medio de una zona de vida xerofítica y desértica, que gracias a un enfriamiento adiabático que fuerza lluvia orogénica e intercepción de la humedad marina, es capaz de mantener bosques secos, sub-húmedos y un bosque enano de niebla (Castaño-Uribe 1999). De esta forma, se encuentran temperaturas promedio de 28

°C, dentro de un rango de 12 a 41 °C. Los arroyos que generan la precipitación y la intercepción de la humedad atmosférica son estacionales o efímeros, pero mantienen un nivel freático suficiente, capaz de mantener vegetación ribereña siempre-verde, decidua o espinosa a lo largo de los recorridos hacia el mar por fuera del relieve de la Sierra.

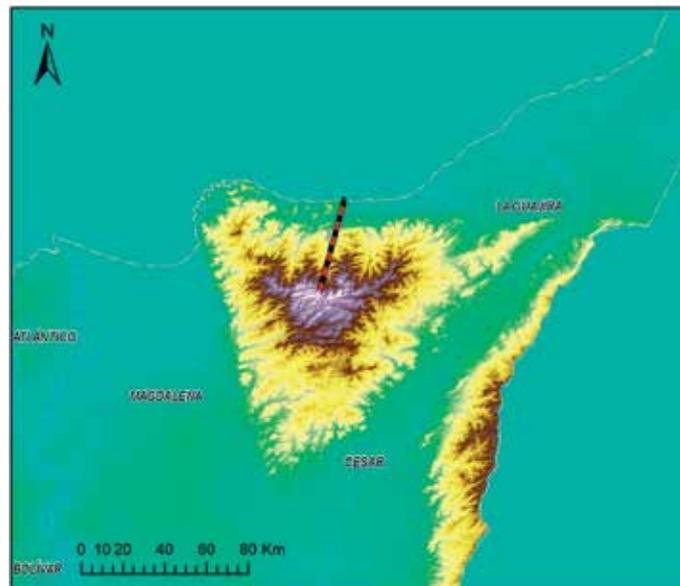


Figura 7. Modelo digital de elevación y perfil de la Sierra Nevada de Santa Marta. El perfil corresponde a la cuenca del río Don Diego. Elaboró: Ricardo Pérez Montalvo.

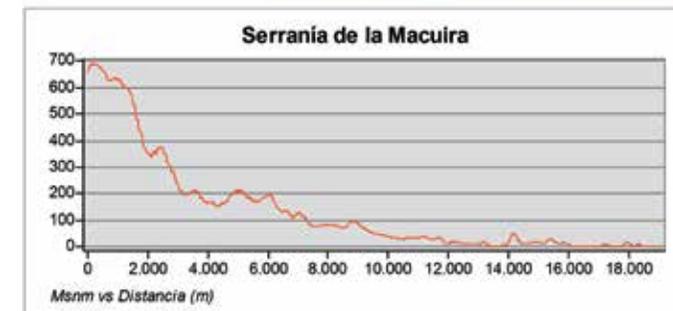
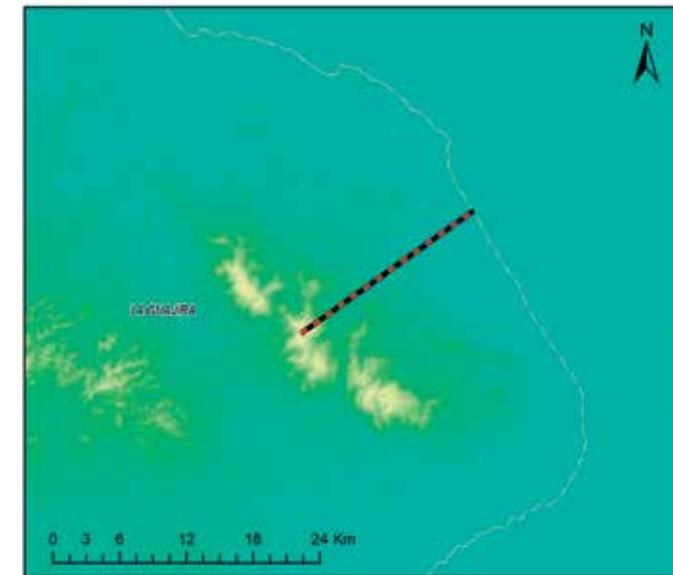


Figura 8. Modelo digital de elevación y perfil de la serranía de Macuira. Elaboró: Ricardo Pérez Montalvo.

ZH Catatumbo (Figura 9)

Es una zona extensa que alberga ocho SZH dentro del territorio colombiano que drenan hacia el nor-orienté formando la cuenca alta del río Catatumbo, cuya hidro-climatología pertenece claramente a la vertiente Caribe, mediante las influencias atmosféricas a través del golfo de Ma-

racaibo. Sobresalen por su extensión las SZH Catatumbo, Oro, Pamplonita y Zulia. Presentan una distribución bimodal de la precipitación, con períodos máximos entre abril–mayo y septiembre–noviembre, y mínimos entre enero–marzo y junio–agosto, pero la precipitación anual varía geográficamente entre 1.200 y 2.000 mm, debido a

GENERALIDADES GEOLÓGICAS E HIDRO-CLIMATOLÓGICAS



P. Sánchez-D.



Figura 9. Modelo digital de elevación y perfil de la serranía de Perijá. El perfil corresponde a la cuenca del río Riecito tributario en la cabecera del río Catatumbo. Elaboró: Ricardo Pérez Montalvo.

la compleja geomorfología y a las altitudes máximas alcanzadas por la serranía (Castaño-Uribe 1999). Como consecuencia, esta posee zonas de vida tanto de tierras bajas como de altas que varían entre bosques secos, lluviosos, de niebla y páramos, estas últimas por encima de los 2.000 m s.n.m.

ZH Baudó Directos (Figura 10)

Ubicadas sobre la serranía del Baudó en sus flancos costeros e internos, las SZH río Baudó, río Docampadó y directos del Pacífico, son los sistemas más extensos del Pacífico a pesar de sus cortas planicies costeras. Esto se debe a que las numerosas

fallas, principalmente la de Baudó, han generado profundos y largos valles en el interior de la serranía que recogen numerosas quebradas, y que finalmente llegan al mar. En la SZH río Baudó sobresalen el río Valle, el río San Pichí, el río Tribugá, el río Nuquí y el río Baudó. Adicionalmente, un gran número de quebradas cae directamente al

mar en Bahía Solano, la ensenada de Utría y el golfo de Tribugá. Todas estas quebradas y ríos reciben anualmente entre 8.000 y 12.500 mm, que mantienen mediante un clima super-húmedo (humedad relativa 80-95%, >300 días de lluvia al año) espesas selvas lluviosas tropicales. No obstante, el régimen de precipitación es marcadamente

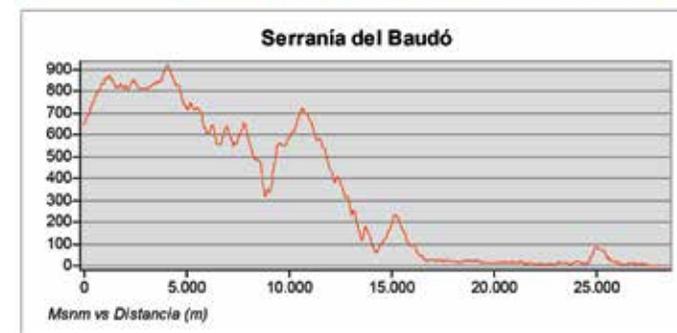
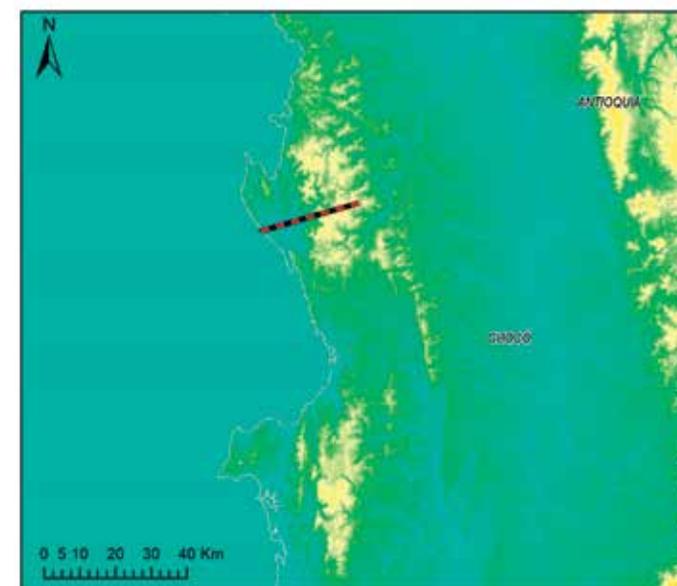


Figura 10. Modelo digital de elevación y perfil de la serranía del Baudó. El perfil corresponde a la cuenca del río Valle. Elaboró: Ricardo Pérez Montalvo.

GENERALIDADES GEOLÓGICAS E HIDRO-CLIMATOLÓGICAS



P. Sánchez-D.

estacional influenciado por las oscilaciones de la ZCIT. La SZH río Docampadó es conformada por ríos de mayor caudal y extensión que nacen en las estribaciones más suroccidentales de la serranía del Baudó y en relieves satélites de menor altura, que recorren una planicie costera de mayor extensión hasta desembocar entre los esteros de los deltas ubicados entre cabo Corrientes y el norte de la desembocadura del río San Juan.

ZH Pacífico Directos

Estas SZH se encuentran ubicadas en la parte norte del departamento del Chocó desde la frontera con Panamá, sobre la vertiente costera de la serranía de Los Saltos entre cabo Marzo y bahía Cupica. A pesar de que individualmente son las unidades más pequeñas de toda Colombia (exceptuando las SZH insulares), alcanzan una extensión total equivalente a la de la SZH Baudó, una de las más extensas del país. En esta sobresale el río Juradó. La climatología es similar a la de la ZH Baudó.

Como parte final de este inventario se incluyen las **SZN insulares**, agrupadas en la ZH islas Caribe y ZH Islas del Pacífico. La ZH islas Caribe comprende el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, sin embargo, solo isla Providencia posee corrientes de agua dulce en un sentido estricto, pero de carácter estacional, alimentadas por la precipitación estacional y por el paso de ondas y tormentas tropicales. En la ZH islas del Pacífico sobresale la SZH isla Gorgona ya que presenta más de una veintena de quebradas permanentes y más de un centenar de quebradas efímeras que fluyen al mar, aun sobre acantilados durante la época lluviosa (Blanco 2009). Las quebradas de la isla Gorgona presentan un régimen bimodal de la precipitación al igual que toda la costa Pacífico. Estas dos zonas insulares, además de las claras diferencias

en su ubicación, difieren en su hidro-climatología porque mientras la primera recibe cerca de 2.000 mm acumulados en 200 días al año, la segunda recibe durante más de 300 días un total que excede los 6.000 mm, por lo tanto podrían servir como modelos para los estudios comparativos de cambio climático insular. Esto es no solo novedoso porque hasta el momento no se han incluido las cuencas pericontinentales en los análisis sobre el impacto del cambio climático en la hidrología superficial (Poveda y Álvarez 2012), sino que es urgente debido a los limitados recursos hídricos que poseen las cuencas pericontinentales, principalmente en región Caribe colombiana.

En conclusión, las cuencas pericontinentales poseen características geomorfológicas e hidro-climatológicas disímiles que ofrecen una amplia variedad para los estudios de ecología lítica. Estos sistemas se diferencian principalmente en términos del coeficiente de relieve y de la precipitación media anual, lo cual resalta el carácter distintivo de la serranía del Baudó que sobresale por sus pendientes altas y por su régimen hiperpluvial. Las otras serranías y la Sierra Nevada se extienden a lo largo de un gradiente de precipitación desde estacionalmente lluvioso a seco o árido, y por otra parte se diferencian principalmente en términos del coeficiente de relieve. Sorprendentemente, la Sierra Nevada de Santa Marta a pesar de tener las mayores alturas del país, tiene un coeficiente de relieve similar al de sistemas más pequeños. Finalmente, las cuencas pericontinentales están influenciadas por procesos atmosféricos de escalas intra-estacional, estacional e inter-anual entre los que destacan la Corriente de Chorro del Chocó y los Sistemas Convectivos de Mesoescala ambos en el Pacífico, así como las ondas y sistemas ciclónicos en el Caribe. El ENSO (sin descartar

la importancia de la NAO) tiene un papel protagónico en el país en el control de la precipitación y los caudales medios, mínimos y máximos.

Bibliografía

- Bernal, G., G. Poveda, P. Roldán y C. Andrade. 2006. Patrones de variabilidad de las temperaturas superficiales del mar en la Costa Caribe Colombiana. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias* 30: 195-208.
- Blanco, J. F. 2009. Hidroclimatología de la isla Gorgona: patrones estacionales y relacionados con el ENSO. *Revista Actualidades Biológicas* 31: 111-121.
- Blanco, J. F., A. Ramírez y F. N. Scatena. 2009. Las quebradas del Parque Nacional Natural Gorgona dentro del contexto global: introducción al número especial. *Revista Actualidades Biológicas* 31: 105-110.
- Carmona, J., G. Poveda, M. V. Vélez, M. Bedoya y J. I. Vélez. 2010. Caracterización de la climatología y los efectos del ENSO sobre la isla de San Andrés, Colombia. *Memorias XXIV Congreso Latinoamericano de Hidráulica. IAHR-AIIH. Punta del Este, Uruguay, Noviembre*.
- Castaño-Urbe, C. 1999. Sierras y serranías de Colombia. Colección Ecológica Banco de Occidente, Cali. Colombia. 205 pp.
- Galvis, G., J. I. Mojica y M. Camargo. 1997. Peces del Catatumbo. ECOPETROL / OXY / SHELL-Asociación Cravo Norte. Bogotá. 118 pp.
- Guarín-Giraldo, G. W. y G. Poveda G. 2013. Variabilidad espacial y temporal del almacenamiento de agua en el suelo en Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias* 37: 89-113.
- IDEAM (Instituto de Estudios Ambientales y Meteorología). 2013. Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia. Comité de Comunicaciones y Publicaciones del IDEAM. Bogotá, Colombia. 46 pp.
- IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi)-Gobernación de Sucre. 2003. Sucre. Características geográficas. IGAC, Bogotá, Colombia. CD-Rom.
- IGAC. 2006. Chocó. Características geográficas. IGAC, Bogotá, Colombia. 234 pp.
- IGAC-Gobernación de Antioquia-IDEA (Instituto para el Desarrollo de Antioquia). 2007. Antioquia. Características geográficas. IGAC-Gobernación de Antioquia-IDEA, Bogotá, Colombia. 318 pp.
- IGAC-INGEOMINAS (Instituto Colombiano de Geología y Minería). 2005. Investigación integral del Andén Pacífico Colombiano. Tomos 1 y 2. Geología y Geomorfología. IGAC-INGEOMINAS, Bogotá, Colombia. CD-Rom.
- Montealegre, J. y J. Pabón. 2000. La variabilidad climática interanual asociada al ciclo El Niño-La Niña-Oscilación del Sur y su efecto en el patrón pluviométrico de Colombia. *Meteorología Colombiana* 2: 7-21.
- Ortega-Lara, A., O. M. Lasso-Alcalá, C. A. Lasso, G. Andrade de Pasquier, Glenys; J. D. Bogotá-Gregory. 2012. Peces de la cuenca del río Catatumbo, cuenca del Lago de Maracaibo, Colombia y Venezuela. *Biota Colombiana* 13: 71-98.
- Pizano, C. y H. García (Eds.). 2014. El bosque seco tropical en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia. 349 pp.
- Poveda, G. 2004. La hidroclimatología de Colombia: una síntesis desde la escala inter-decadal hasta la escala diaria. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias* 28: 201-222.
- Poveda, G. y O. J. Mesa. 1999. La corriente de Chorro Superficial del Oeste ("del Chocó") y otras dos corrientes de Chorro en Colombia: climatología y variabilidad durante las fases del ENSO. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias* 23: 517-528.
- Poveda, G. y O. J. Mesa. 2000. On the existence of Lloró (the rainiest locality on Earth): Enhanced Ocean-Land-Atmosphere Interaction by a low-level jet. *Geophysical Research Letters* 27: 1675-1678.
- Poveda, G., A. Jaramillo, M. M. Gil y R. I. Mantilla. 2001. Seasonality in ENSO-related precipitation, river discharges, soil moisture, and vegetation index in Colombia. *Water Resources Research* 37: 2169-2178.

GENERALIDADES GEOLÓGICAS E HIDRO-CLIMATOLÓGICAS

- Poveda, G. y K. Pineda. 2009. Reassessment of Colombia's tropical glaciers retreat rates: are they bound to disappear during the 201-2020 decade? *Advances in Geosciences* 7: 1-10.
- Poveda, G., D. M. Álvarez y O. A. Rueda. 2011. Hydro-climatic variability over the Andes of Colombia associated with ENSO: a review of climatic processes and their impact on one of the Earth's most important biodiversity hotspots. *Climate Dynamics* 36: 2233-2249.
- Poveda, G. y D. M. Álvarez. 2012. El colapso de la hipótesis de estacionariedad por cambio y variabilidad climática: implicaciones para el diseño hidrológico en ingeniería. *Revista de Ingeniería, Universidad de los Andes* 36: 65-76.
- Poveda, G., M. M. Gil y N. Quiceno. 1998. El ciclo anual de la hidrología de Colombia en relación con el ENSO y la NAO. *Bulletin du l'Institute Francaise de Études Andines* 27: 721-731.
- Restrepo, J. D. (Ed.). 2005. Los sedimentos del río Magdalena: reflejo de la crisis ambiental. Fondo Editorial Universidad EA-FIT, Medellín, Colombia. 270 pp.
- Restrepo, J. D., S. A. López y J. C. Restrepo. 2009. The effects of geomorphic controls on sediment yield in the Andean rivers of Colombia. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 16: 79-92.
- Rueda, O. y G. Poveda. 2006. Variabilidad espacial y temporal del Chorro del "Chocó" y su efecto en la hidroclimatología de la región del Pacífico colombiano. *Meteorología Colombiana* 10: 132-145.
- Thomas, Y. F., C. García-Valencia, M. Cesaraccio y X. Rojas. 2007. El paisaje en el Golfo. Pp: 77-127. En: García-Valencia C. (Ed.). *Atlas del golfo de Urabá: una mirada al Caribe de Antioquia y Chocó*. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras-INVEMAR y Gobernación de Antioquia. Serie de Publicaciones Especiales de Invemar No. 12. Santa Marta. Colombia.
- Villegas, B. 2006. Colombia: Parques Naturales. Villegas Editores. Bogotá, Colombia. 647 pp.



La Guajira, Colombia. Foto: C. A. Lasso



3.

LA DIADROMÍA COMO CONVERGENCIA EVOLUTIVA EN PECES, CRUSTÁCEOS DECÁPODOS Y GASTERÓPODOS EN LAS CUENCAS PERICONTINENTALES DE COLOMBIA¹

Juan Felipe Blanco-Libreros, Juan D. Carvajal, Camilo Escobar-Sierra, Luz F. Jiménez, Carlos A. Lasso y Paula Sánchez-Duarte



¹ Dedicado a la memoria de Robert M. McDowall (1939-2011), ictiólogo y biogeógrafo neozelandés que le enseñó al mundo la “belleza” de la anfidromía.

Introducción

Los ríos, quebradas y arroyos costeros de Colombia, al igual que los de las islas del mar Caribe y océano Pacífico, son escenarios interesantes para el estudio de la ecología y evolución de organismos acuáticos, debido a que en ellos coexisten varias especies de peces, camarones y gasterópodos en los que se ha seleccionado natural y convergentemente una estrategia de vida diádroma (Blanco 2009, McDowall 2009). Esta estrategia comprende ciclos de vida compartidos entre las corrientes de agua dulce y el mar, los cuales son muy diferentes al de sus contrapartes dulceacuícolas primarios. Los ciclos de vida comprenden varios estadios de desarrollo en los que los individuos (sea en solitario o en grupos) realizan largas migraciones, ya sea aguas arriba o aguas abajo de las corrientes. Se ha hipotetizado que la estrategia de vida diádroma ha aparecido de manera repetida en varios grupos taxonómicos no relacionados

(peces, decápodos y gasterópodos), como una convergencia evolutiva que ha permitido la colonización de las corrientes de agua dulce costeras e insulares, que de otra manera estarían “vacías” o inhabitadas, así como también la persistencia de las especies bajo un régimen de frecuentes disturbios como las crecientes y las sequías (Blanco 2009, McDowall 2009). Por lo tanto, estas especies generan retos únicos para su estudio y conservación, particularmente lo asociado con obras de represamientos (p. e. Pringle 1997, Greathouse *et al.* 2006a, McDowall 2009). Finalmente, la fauna diádroma, en sus estados adulto y larval, también es un recurso pesquero importante para varias comunidades humanas ubicadas en las cuencas periféricas de Colombia (ver síntesis en Blanco *et al.* 2014a). En razón de la importancia evolutiva, ecológica y económica que tiene la fauna diádroma en todo el mundo y el potencial que tiene en Colombia, este capítulo tiene como objetivos: a) definir los diferentes tipos de estrategia de vida diádroma, b) describir el origen evolutivo de esta estrategia y su convergencia en grupos filogenéticamente distantes como los peces (diferentes órdenes), crustáceos

DIADROMÍA

decápodos y moluscos gasterópodos; c) hacer una introducción a las especies diádromas que se encuentran en las cuencas periféricas de Colombia, incluyendo un recuento de los sitios donde la pesquería de larvas y post-larvas es una actividad cultural y económicamente importante y d) discutir algunas implicaciones de la predominancia de la diadromía sobre la ecología y conservación los sistemas que habitan.

Los tres tipos de diadromía: anadromía, catadromía y anfídro-mía

Myers (1949) acuñó el término diadromía para describir los patrones de migración de peces entre el agua dulce y el mar. Aunque la mayoría de especies diádromas son peces (McDowall 1988), también existen muchas especies entre los crustáceos (Bauer 2011a) y algunas entre los gasterópodos (Blanco y Scatena 2006). Las características esenciales que definen las migraciones de los organismos diádromos son: 1) la presencia de movimientos regulares, mediados por cambios fisiológicos, entre dos biomas; 2) la ocurrencia de dichos movimientos en momentos predecibles y en fases características de los ciclos de vida de cada especie; 3) la participación de la mayoría de individuos de una población y su carácter usualmente obligatorio; 4) la reciprocidad de dos migraciones, una desde el agua dulce al mar y otra en dirección opuesta, como parte del ciclo de vida de la especie.

De acuerdo con Myers (1949) la diadromía se subdivide en tres categorías (Figura 1), cuyas definiciones originales fueron re-adaptadas por McDowall (1988, 1997, 2007) de la siguiente manera:

Anadromía

La mayor parte de la alimentación y crecimiento ocurren en el mar, previamente a la migración como adultos hacia agua dulce

para reproducirse. No hay ningún tipo de alimentación en agua dulce, o si la hay no se traduce en crecimiento somático. Por lo tanto, aunque el bioma principal para la alimentación y crecimiento es el mar, el bioma reproductivo es el agua dulce.

Catadromía

La mayor parte de la alimentación y crecimiento ocurren en agua dulce, previamente a la migración como adulto hacia el mar para reproducirse. No hay ningún tipo de alimentación en el mar, o si la hay no se traduce en crecimiento somático. Por lo tanto, aunque el bioma principal para la alimentación y crecimiento es el agua dulce, el bioma reproductivo es el mar. Ejemplo: anguila americana (*Anguilla rostrata*).

Anfídro-mía

Hay migración de individuos en estadio larval hacia el mar poco después de la eclosión de los huevos, seguida de una alimentación y crecimiento temprano en el mar, y luego una migración de pequeñas post-larvas o juveniles desde el mar hacia el agua dulce. En este momento se da la alimentación en agua dulce, que es donde ocurre el mayor crecimiento desde juveniles a adultos, como también la madurez sexual y la reproducción. El principal bioma para la alimentación y crecimiento es el mismo que para la reproducción, es decir el agua dulce. Ejemplos: *Awaous* spp, *Sicydium* spp, *Eleotris* spp, *Dormitorator* spp, *Gobiomorus* spp, *Agonostomus monticola* y *Joturus pichardi*.

A nivel de todo el mundo se ha documentado que la diadromía ocurre en 227 especies de peces (McDowall 1988), además de un gran número de crustáceos decápodos (familias Atyidae y Palemonidae) y moluscos gasterópodos (familia Neritidae) (Blanco y Scatena 2006, Bauer 2011a). De las



L. García-M.

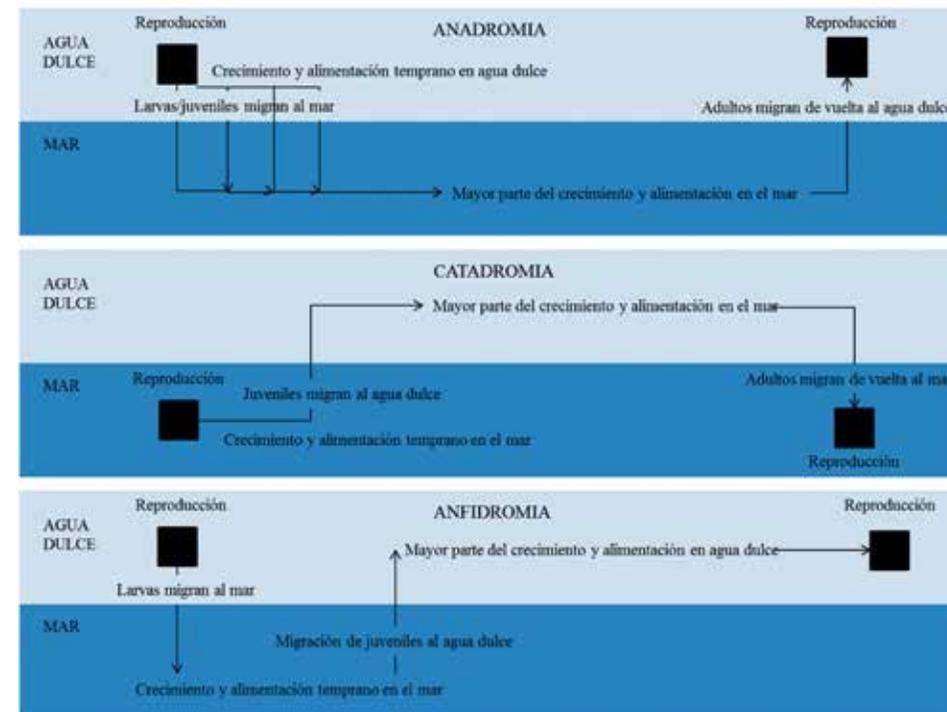


Figura 1. Patrones de migración entre el agua dulce y el mar en los tres tipos diferentes de diadromía. Tomado y modificado de McDowall (1997).

especies de peces conocidas, unas 110 son anádromas (48%), 56 catádromas (25%) y 61 anfídro-mas (27%) (McDowall 1988). Aun cuando la anfídro-mía no es la estrategia diádroma más frecuente en la naturaleza, varios autores argumentan que una dominancia de las especies anfídro-mas sobre las no-anfídro-mas o dulceacuícolas primarias en los ríos y quebradas costeros e insulares tropicales (generalmente más pobres en especies que sus contrapartes continentales), demuestran su carácter idiosincrático y de estrategia evolutivamente estable (Smith *et al.* 2003, Covich 2006, McDowall 2010). Dichos autores han sugerido que por la joven edad geológica de muchos de

estos sistemas lóticos, los frecuentes disturbios que causan defaunaciones y las eventuales sequías a las que están expuestos, los configuran como sistemas sumideros poblacionales y que por lo tanto no pueden ser sostenidos mediante un mecanismo de reclutamiento local, dependiendo del reclutamiento suplementado o "expatrial" (*sensu* McDowall 2010). De esta manera, las estrategias dulceacuícola primaria y catádroma en las cuales el grueso de la población se establece en el ámbito dulceacuícola no son evolutivamente estables en las cuencas pericontinentales. Teniendo esto en cuenta, la siguiente sección se centrará en sintetizar la literatura disponible sobre

DIADROMÍA



L. García-M.

los ciclos de vida y el origen evolutivo de las especies anfídromas en los ríos y quebradas insulares y costeros.

A continuación se describe la incidencia de la anfídromia en peces, decápodos y gasterópodos:

Peces

Son el grupo que tiene el mayor número de especies anfídromas. Aunque la familia Galaxiidae es la que posee la mayor riqueza de especies anfídromas en las islas y costas australes (McDowall 1988, 2010), son los góbidos de la subfamilia Sicydiinae y otros grupos cercanos, los que en realidad son distintivos de las corrientes de agua dulce insulares tropicales y subtropicales en todo el mundo. Como menciona McDowall (2004), si algún grupo entre las especies anfídromas merece ser llamado "icónico", debería ser el de los góbidos. Los góbidos son numéricamente los mayores componentes de la ictiofauna de las islas del Indo-Pacífico y el Caribe, y tienen los mayores niveles de endemismo en algunas de ellas (Keith *et al.* 2011, Keith y Lord 2011). Por ejemplo en las islas Marquesas, nueve especies de góbidos anfídromos son endémicas (64% de las especies dulceacuícolas de la isla). Los góbidos anfídromos están distribuidos principalmente en los géneros *Lentipes*, *Sicyopterus*, *Sicyopus*, *Stiphodon*, *Awaous*, *Stenogobius*, *Schismatogobius* y *Rhinogobius* para el Indo-Pacífico y *Sicydium* y *Awaous* para el Caribe. El ciclo de vida generalizado para la subfamilia Sicydiinae, comienza con la reproducción durante la época de lluvia, la cual involucra despliegues de cortejo por parte del macho el cual guía a la hembra al sitio de desove, donde las hembras depositan entre 50.000 y 60.000 huevos. Los sitios de desove o anidación se encuentran en tramos de los ríos que cuentan con sustratos gruesos (gravas y cantos)

que permiten espacios bajo las piedras. Las larvas eclosionan unas 24 horas después y adoptan un hábito de nado vertical superficie/fondo que los mantiene en la columna de agua y les permite ser arrastrados hacia al mar, lo cual, sin embargo, tiene lugar comúnmente en horas de la noche. Las larvas recién eclosionadas están mejor adaptadas fisiológicamente al agua de mar, mientras que la exposición prolongada al agua dulce puede resultar en un desarrollo retardado y aumento de la mortalidad. Una vez llegan al mar se mantienen allí como post-larvas, ganando peso de entre 50 y 150 días antes de iniciar su migración de vuelta al río. Al entrar al río son transparentes, forman cardúmenes y son pelágicos, pero cuando llegan a un sustrato rocoso adecuado se tornan bentónicos, pigmentados y solitarios. Con las aletas bien desarrolladas y aletas pélvicas en particular, en forma de copa de succión, logran "escalar" los obstáculos y alcanzar las partes más lejanas de la cuenca. La reotaxis es fuerte, por lo que en las migraciones río arriba, los peces pueden alcanzar hasta 14 km desde el mar y más de 300 m s.n.m. Debido a la reotaxis, el reclutamiento de los góbidos ha sido asociado frecuentemente con fuertes lluvias, ya que el flujo de agua dulce hacia el mar parece activar la migración río arriba. Incluso ríos intermitentes que solo fluyen luego de lluvias torrenciales atraen las post-larvas. Entre la abundante literatura disponible sobre la biología reproductiva y el ciclo de vida de los Sicydiinae se recomiendan las siguientes referencias: Silva-Melo y Acero (1990), Bell (1999, 2007, 2009), Fitzsimons *et al.* (2002, 2007), Fitzsimons (2007), Iguchi (2007) y Benbow *et al.* (2002).

Otras familias que incluyen especies anfídromas son Prototroctidae, Cottidae, Cheimarrichthyidae, Plecoglossidae, Aplochitonidae, Clupeidae, Rhyacichthyidae y

Mugiloididae (McDowall 2010). La familia Mugiloididae o Mugillidae es importante para el Neotrópico ya que *Agonostomus monticola* y *Joturus prichardi* se encuentran ampliamente distribuidas y pueden llegar a ser numéricamente dominantes o co-dominantes en algunas quebradas y ríos, y la primera es anfipanamáica (Phillip 1993, Aiken 1998, Eslava y Díaz 2011). Por otra parte, entre los Eleotridae del Caribe se ha reportado un comportamiento diádromo en los géneros *Gobiomorus*, *Eleotris* y *Dormitator*, sin embargo hay pocos estudios sobre su biología reproductiva y ciclo de vida (revisado por Nordlie 2012). Finalmente, en algunas islas y zonas costeras del Caribe, se encuentran especies catádromas, específicamente las anguilas (p. e. Anguillidae: *Anguilla rostrata*; Hein *et al.* 2011), que realizan una migración adulta a territorios oceánicos distantes de desove.

Crustáceos decápodos

La anfídromia en camarones ha recibido mucha atención en las últimas tres décadas después del descubrimiento del desarrollo larval marino de especies de agua dulce (sintetizado por Bauer 2011 a, b). Los camarones carideos son uno de los grupos más importantes de organismos anfídromos, aunque la mayoría de los carideos son marinos, aproximadamente 25% de las 3.400 especies descritas viven en agua dulce (De Grave *et al.* 2008). La mayoría de las especies anfídromas están en las familias Atyidae, Xiphocarididae y Palaemonidae (especialmente en el género *Macrobrachium*, revisado por García-Guerrero *et al.* 2013). En este ciclo de vida las hembras adultas, las cuales habitan en las cabeceras de los ríos o quebradas, liberan sus pequeñas larvas planctónicas o nauplios a la corriente de agua y la dejan migrar pasivamente hacia hábitats marinos o estuarinos (p. e. March *et al.* 1998, 2002, Benstead *et al.*

1999, 2000). Los nauplios o Fase 1 son lecitotróficas, o sea, que en este estadio no se alimentan si no que usan la energía almacenada en gotas de lípido que son remanentes del embrión (Bauer 2011b). Estas larvas deben mudar para convertirse en la Fase 2 (primera fase de alimentación autónoma), antes de que la energía contenida en el saco vitelino sea consumida y enfrenten la inanición. Es por esto que las larvas en Fase 1 tienen un periodo limitado de pocos días para migrar a aguas salobres, las cuales disparan la metamorfosis a la Fase 2. Para especies anfídromas que habiten ríos con distancias de sus hábitats adultos al mar relativamente cortas, pocas docenas de kilómetros ó 1-3 días de deriva para sus larvas, las larvas pueden ser liberadas directamente aguas arriba para que sean llevadas al mar. Durante la deriva aguas abajo de los estadios larvales de camarones en ríos con depredadores, se ha identificado un pico nocturno de individuos en deriva entre las 19:00 y 22:00 h, mientras que en puntos de gran altura sin depredadores no muestran un patrón discernible, por lo que se puede decir que su deriva se ajusta a la hipótesis de riesgo de depredación (March *et al.* 1998). En el caso de Puerto Rico la mayoría de las larvas que alcanzan el estuario terminan su desarrollo en post-larvas sin migrar al mar, debido a la reducción de caudales por las bocatomas de agua (Benstead *et al.* 2000). Aunque estos datos no excluyen la posibilidad de un desarrollo pleno de las larvas de camarón de agua dulce en aguas marinas, la presencia de varios estadios larvares en los dos estuarios sugiere que al menos una parte de las larvas desarrollan el estado post-larval en el hábitat del estuario. Por otra parte, en sistemas lóticos en grandes extensiones de territorio continental, las distancias desde el hábitat adulto al mar pueden ser de cientos de kilómetros (Bauer y Delahoussaye

DIADROMÍA



L. García-M.

2008). Estas distancias están por fuera de la capacidad de deriva de las larvas en la Fase 1, y significarían la muerte por inanición si fueran liberadas desde las cabeceras. Por esto las hembras tienen que migrar río abajo, hacia o cerca de las aguas costeras para liberar sus larvas (Bauer 2011a, b). Ante esta situación, en varias especies anfídromas la liberación de larvas coincide con caudales altos, los cuales facilitan tanto la migración de adultos aguas abajo como la deriva de las larvas (Bauer 2011a, b). Una vez pasan a la Fase 2 en los hábitats salobres (mar o estuario), inician su migración río arriba como juveniles, para el crecimiento y reproducción en estado adulto; el ritmo y la magnitud de esta migración corriente arriba parece ser controlada por variables relacionadas al caudal (Benstead *et al.* 2000, Kikkert *et al.* 2009). Los juveniles migran río arriba desde el mar en la noche (Benstead *et al.* 1999, Bauer y Delahoussaye 2008, Kikkert *et al.* 2009), probablemente para evadir la depredación por aves y peces. Desde que la señal maestra para la migración (el caudal) esté presente, los camarones continuarán su movimiento río arriba, escalando barreras verticales naturales como pequeñas cascadas, palizadas y artificiales como pequeñas represas o diques (Benstead *et al.* 1999, Kikkert *et al.* 2009, Hein *et al.* 2011). Existen un menor número de estudios sobre la ecología de los estados adultos de los Atyidae a nivel del mundo (p. e. Leberer y Nelson 2001).

Moluscos gasterópodos

Debido a que históricamente se ha tenido la noción que los gasterópodos presentan bajas tasas de locomoción (Kappes y Haase 2011), los primeros reportes de las migraciones río arriba de gasterópodos de la familia Neritidae en grandes agregaciones en Hawaii y Costa Rica (p. e. Ford 1979, Schneider y Lyons 1993), motivaron varios

estudios posteriores sobre la anfídromía en dicha familia en todo el mundo (p. e. Pyron y Covich 2003, Blanco y Scatena 2005, 2006, 2007, Kano 2009, Gorbach *et al.* 2012, Blanco *et al.* 2014b). Los Neritidae de agua dulce incluidos dentro de la subfamilia Neritinae son los que presentan la mayor riqueza de especies anfídromas, exhibiendo de manera marcada las características de este ciclo. Las larvas después del rompimiento de las cápsulas ovígeras son arrastradas aguas abajo hasta el estuario o el mar (Blanco *et al.* 2014b). En el mar las larvas pueden dispersarse hasta otras quebradas o islas tal como se han puesto en evidencia mediante marcadores moleculares (p. e. Cook *et al.* 2008, 2009, Crandall *et al.* 2008, 2010, 2012, Page *et al.* 2013). Durante las lluvias los individuos juveniles suben contra la corriente formando grupos de miles de individuos que se mueven a varios centímetros por minuto, cubriendo varios metros a varias decenas de metros diariamente (Schneider y Lyons 1993, Pyron y Covich 2003, Blanco y Scatena 2005). Más aun, considerando su pequeño tamaño, es sorprendente encontrar individuos de Neritinae hasta decenas de kilómetros río arriba, lo que sugiere que las migraciones persisten durante toda su vida (Pyron y Covich 2003, Blanco y Scatena 2006, Blanco *et al.* 2014b). Sin embargo, contrario a los peces y camarones, los Neritinae son incapaces de sobrepasar algunas barreras para la migración, tales como cascadas, represas y tramos desecados o con flujos laminares y lechos dominados por arenas y gravas (Blanco y Scatena 2006, Gorbach *et al.* 2012, Blanco *et al.* 2014b). Finalmente, la subfamilia Neritinae incluye a géneros tales como *Neritina*, *Clithon* y *Septaria*, entre otros, sin embargo dada la gran variabilidad fenotípica que presentan los nerítidos de agua dulce se han

propuesto varios arreglos de los géneros y especies, sin llegar a un consenso (Haynes 2005, Blanco *et al.* 2014b). En el Caribe, existen por lo menos dos especies *Neritina virginea* y *Neritina punctulata*, claramente distintas en términos de las características de las conchas y algunos genes, pero con una distribución simpátrica, aun a la escala de los tramos (Quintero-Galvis y Castro 2013, Blanco *et al.* 2014b).

Peces, decápodos y gasterópodos anfídromos de las cuencas pericontinentales de Colombia y sus afinidades zoogeográficas

Aunque no hay muchos estudios biológicos y ecológicos sobre la fauna diádroma en las cuencas periféricas de Colombia, se puede hipotetizar que la anfídromía es la estrategia predominante. Por esto, se hace urgente investigar la biología y ecología de los peces de las familias Gobiidae y Eleotridae, y de los crustáceos decápodos Palaemonidae, lo cual es básico para generar políticas de manejo y conservación de estos recursos hidrobiológicos y sus ecosistemas (Keith 2003). Por otra parte, hay algunos registros de migraciones en masa de post-larvas de peces en las regiones Pacífica (Carvajal-Quintero 2011, Castellanos *et al.* 2011, Sánchez-Garcés *et al.* 2011) y Caribe (Silva-Melo y Acero 1990), lo cual urge su estudio desde las aproximaciones ecológica y pesquera.

La fauna diádroma presente en las cuencas periféricas de Colombia incluye entre los peces a las familias Gobiidae, Eleotridae y Mugilidae, Palaemonidae y Atyidae entre los crustáceos decápodos y Neritidae entre los moluscos gasterópodos (Figura 2, Tabla 1). Si bien las familias Gobiidae y Eleotridae son las que poseen una mayor riqueza de géneros y especies, el mugílido *Agonostomus monticola* es la especie con

mayor abundancia, con una distribución anfipanamáica y ha sido reportado en ríos y quebradas de la Sierra Nevada de Santa Marta, la serranía del Darién y la isla Gorgona (Álvarez-León 1991, Agudelo-Zamora *et al.* 2010, Eslava y Díaz 2011, Blanco *et al.* 2014a, Villa-Navarro *et al.* 2015). Este es un depredador que tiene una amplia distribución desde el golfo de México hasta las Antillas y Centroamérica (Phillip 1993, Aiken 1998, Cotta-Ribeiro y Molina-Ureña 2009, Matamoros *et al.* 2009, Hein y Crowl 2010, Hein *et al.* 2011, Lorion *et al.* 2011), y debido a su abundancia e importancia como recurso pesquero es claramente reconocido por los pobladores locales con los siguientes nombres comunes: nayo (costa pacífica colombiana), rayado (costa caribe colombiana, Sierra Nevada de Santa Marta), tepemechín (Costa Rica), trucha de aguas cálidas (México), dajao (Puerto Rico), lisa de río, lajao (Venezuela) y *mountain mullet* o lisa de montaña (Antillas Mayores y Menores). Otro mugílido menos abundante y de distribución más restricta, es *Joturus prichardi*, un omnívoro conocido como el besote (*bobo mullet*) en los ríos y quebradas de la Sierra Nevada de Santa Marta, donde es un importante recurso pesquero (Eslava 2009, Acero 2010, Eslava y Díaz 2011, Correa-Polo *et al.* 2012).

Los gobioides (Gobiidae y Eleotridae) son el grupo con mayor riqueza de especies en las cuencas periféricas de Colombia (Tabla 1), siendo consistente con el patrón observado en todo el Trópico (McDowall 2007, 2010, Nordlie 2012). Sin embargo, al existir pocos estudios sistemáticos, biológicos y ecológicos muchos de los reportes locales no pueden ser confirmados. Por ejemplo, se ha mencionado que entre los gobioides existen varias especies de *Sicydium* y de *Awaous*; para los ríos que nacen en la Sierra Nevada de Santa Marta se han reportado

DIADROMÍA



L. García-M.

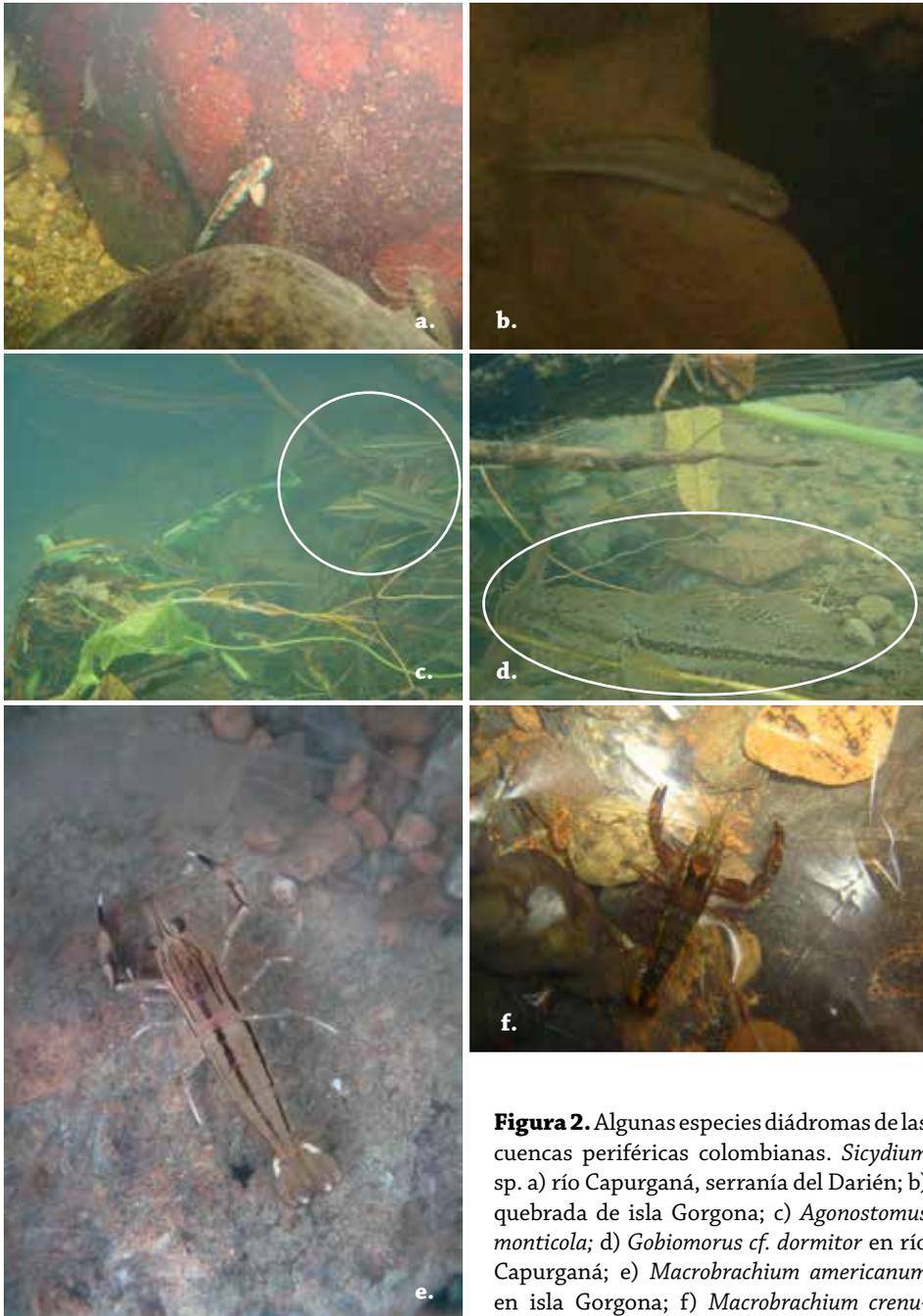


Figura 2. Algunas especies diádromas de las cuencas periféricas colombianas. *Sicydium* sp. a) río Capurganá, serranía del Darién; b) quebrada de isla Gorgona; c) *Agonostomus monticola*; d) *Gobiomorus* cf. *dormitor* en río Capurganá; e) *Macrobrachium americanum* en isla Gorgona; f) *Macrobrachium crenulatum* en río Capurganá.



Figura 2. Continuación. g) *Macrobrachium crenulatum* en río Capurganá; h) *Macrobrachium carcinus* en piedemonte de la serranía de San Jacinto; i) *Neritina latissima* en isla Gorgona; j) *N. punctulata* en río Capurganá. Fotos: C. Escobar-Sierra (a, c, d, g, h) y J. F. Blanco (b, e, f, i, j).

las especies *Awaous banana*, *Evorthodus lyriscus*, *Gobionellus oceanicus*, *Sicydium salvini* y *Sicydium plumieri*, mientras que entre los eleótridos se presentan *Dormitator maculatus*, *Eleotris picta*, *Eleotris pisonis*, *Eleotris tecta* (Pacífico) y *Gobiomorus dormitor* (Pezold y Cage 2002, sintetizado por Blanco et al. 2014a, Villa-Navarro et al. 2015). El estudio más completo y prácticamente el único existente sobre un Gobiidae de agua dulce en Colombia, abordó la sistemática, biología reproductiva y dinámica de las migraciones post-larvales de *Sicydium plumieri* (conocido localmente como tití, o como

cetí en las Antillas Mayores) en varias corrientes de la Sierra Nevada de Santa Marta (Silva-Melo y Acero 1990). Según los autores, este es un recurso pesquero explotado en su estado post-larval frecuentemente comercializado en el mercado de Santa Marta, lo cual es consistente con lo informado para otras partes del Caribe y del Pacífico para otros *Sicydium* (ver sección siguiente). Individuos de *Sicydium* y *Awaous* han sido observados en algunas quebradas de la serranía del Darién pero no se han hecho colectas recientes (Blanco y Escobar, obs. per.). Solamente Álvarez-León (1991)



L. García-M.

DIADROMÍA

Tabla 1. Especies diádromas presentes en cuencas pericontinentales del Chocó Biogeográfico. Tomado de Blanco *et al.* (2014a).

Ecorregión	Especie (Familia)
Darién	<i>Agonostomus monticola</i> Bancroft, 1834 (Mugilidae) <i>Gobiomorus dormitor</i> Lacepède, 1800 (Eleotridae) <i>Eleotris pisonis</i> Gmelin, 1789 (Eleotridae) <i>Awaous tajasica</i> (Lichtenstein, 1822) (Gobiidae) <i>Sicydium plumieri</i> Bloch, 1786 (Gobiidae) <i>Macrobrachium americanum</i> Bate, 1868 (Palaemonidae) <i>Macrobrachium acanthurus</i> Wiegmann, 1836 (Palaemonidae) <i>Macrobrachium carcinus</i> Linée, 1758 (Palaemonidae) <i>Macrobrachium crenulatum</i> Holthius, 1950 (Palaemonidae) <i>Potimirin glabra</i> Kingsley, 1978 (Atyidae)
Baudó	<i>Agonostomus monticola</i> (Mugilidae) <i>Gobiomorus maculatus</i> Günther, 1859 (Eleotridae) <i>Eleotris picta</i> Kner, 1863 (Eleotridae) <i>Hemieleotris latifasciata</i> Meek y Hildebrand, 1912 (Eleotridae) <i>Dormitator latifrons</i> Richardson, 1844 (Eleotridae) <i>Awaous transandeanus</i> (Günther 1861) (Gobiidae) <i>Sicydium salvini</i> Ogilvie-Grant, 1884 (Gobiidae) <i>Macrobrachium americanum</i> Bate, 1868 (Palaemonidae) <i>Macrobrachium transandicum</i> (Holthius, 1950)
Gorgona	<i>Agonostomus monticola</i> Bancroft, 1834 (Mugilidae) <i>Gobiomorus</i> sp. (Eleotridae) <i>Bathygobius</i> sp. (Gobiidae) <i>Tomiodon myersi</i> Briggs, 1955 (Gobiesocidae) <i>Macrobrachium hancockii</i> Holthius, 1950 (Palaemonidae) <i>Macrobrachium panamense</i> Rathbun, 1912 (Palaemonidae) <i>Macrobrachium americanum</i> Bate, 1868 (Palaemonidae) <i>Macrobrachium rathbunae</i> Holthius, 1950 (Palaemonidae) <i>Potimirin glabra</i> Kingsley, 1978 (Atyidae)

capturó algunos *Awaous tajasica* en el río Acandí. Por otra parte, los reportes ictiológicos de Cala (1990) para la isla Gorgona son dudosos, ya que no se había reportado la presencia de *Sicydium* sp. y *Awaous* sp., especies observadas en algunos registros fotográficos recientes (Blanco, obs. per., Figura 2). Con respecto a los Eleotridae, la información biológica es casi nula, existiendo solo reportes de su presencia en los inventarios ictiológicos (p. e. río San Juan

de Urabá: Agudelo-Zamora *et al.* 2010). Finalmente, el hecho que *Anguilla rostrata*, especie catádruma, haya sido observada solamente en las quebradas de la Sierra Nevada de Santa Marta (Silva-Melo y Aceiro 1990, Villa-Navarro *et al.* 2015), y este ausente de otras cuencas periféricas del sur (San Jacinto, Abibe y Darién) (Blanco, obs. per.), sugiere que esta especie y su estrategia requieran de sistemas no solo de mayor caudal y sino condiciones más estables

como las observadas en las Antillas Mayores (Hein *et al.* 2011). Sin embargo, esta especie ha sido recientemente colectada en Providencia (Lasso *et al.* 2015).

Con respecto a los camarones, en el siguiente Capítulo (4) se hace un completo recuento de las especies de Palaemonidae y Atyidae que se han encontrado en las cuencas periféricas colombianas como producto de un gran esfuerzo de exploración y colecta, siendo el grupo mejor conocido (Campos *et al.* 2015, Capítulo 4). El inventario nacional cuenta con 17 especies agrupadas en dos familias (Atyidae y Palaemonidae) y tres géneros (*Atya*, *Potimirin* y *Macrobrachium*). La familia Atyidae presenta dos géneros (*Atya*, *Potimirin*) y tres especies, mientras que Palaemonidae un solo género (*Macrobrachium*) con 13 especies. Las dos vertientes poseen una riqueza de especies similar (Caribe: 10 especies, Pacífico: 9), compartiendo a *Potimirin glabra* y *Macrobrachium digueti*. Al igual que para toda Latinoamérica, hay un mayor número de estudios sobre *Macrobrachium* spp., pero principalmente sobre aspectos de cultivo (p. e. Martínez-Silva *et al.* 1977), siendo pocos los estudios ecológicos y de dinámica poblacional (García-Guerrero *et al.* 2013).

Finalmente, llama la atención la escasez de gasterópodos Neritidae de agua dulce o Neritinae en ambas costas de Colombia, aunque han sido encontrados abundantemente en los ríos y quebradas de las Antillas Mayores y Menores, en Centroamérica y México (p. e. Blanco y Scatena 2006). En el Pacífico se han encontrado pocos individuos de *Neritina latissima* en isla Gorgona, restringida a unas decenas de metros aguas arriba desde la desembocadura (Gómez-Aguirre *et al.* 2009), aunque en el Pacífico costarricense se han encontrado realizando migraciones en grandes y densos grupos

(Schneider y Lyons 1993). En la serranía del Darién se han encontrado unos pocos individuos vivos y conchas vacías de *Neritina punctulata* en las partes bajas del río Capurganá (Blanco, obs. per.), mientras que en la Sierra Nevada de Santa Marta se han encontrado individuos de esta especie y de *N. virginea*, ambas en mayor abundancia, en varios ríos (Quintero-Galvis y Castro 2013). Es posible que el alto régimen de crecientes en el Pacífico y de sequía en el Caribe, sean los responsables de dichas distribuciones limitadas, tal como lo encontraron Blanco y Scatena (2006) para la isla de Puerto Rico en el Caribe. Sin embargo, *N. virginea* es el gasterópodo más abundante en el suelo de muchos manglares del Caribe colombiano (p. e. ecorregión Darién, Ortíz y Blanco 2012).

Las migraciones río arriba de larvas de peces y camarones en Colombia: fenómeno ecológico, económico y cultural

Aunque las migraciones río arriba que realizan episódicamente millones de post-larvas y juveniles son un fenómeno ecológicamente sobresaliente que experimentan varias especies de peces (Keith 2003, McDowall 2007), camarones (Fièvet 1999a, b, Kikkert *et al.* 2009) y caracoles (Blanco y Scatena 2005, 2007) en todo el mundo, existen pocos registros en la literatura científica colombiana. Esto es sorprendente porque se ha informado de manera extensa en la literatura que a pesar del pequeño tamaño (12-25 mm) de las post-larvas de los peces gobiidos, estas son pescadas durante las migraciones río arriba en muchas partes del mundo (Bell 1999), llegando a ser objeto de capturas gigantes como las mencionadas para el norte de Luzon en las Filipinas (c.a. 20.000 ton año⁻¹) donde constituyen una importante fuente de comida para las comunidades

DIADROMÍA



L. García-M.

humanas locales (Manacop 1953). En el país solo existen reportes para la vertiente norte de la Sierra Nevada de Santa Marta (ríos Manzanares y Gaira, y quebrada Valencia: Silva-Melo y Acero 1990) y para la vertiente occidental de la serranía del Baudó (río Valle, Bahía Solano, Chocó: Carvajal-Quintero 2011, Castellanos-Galindo *et al.* 2011, Sánchez-Garcés *et al.* 2011), asociados con el hecho que en ambos casos son un fenómeno culturalmente significativo y una pesquería localmente importante.

Según Silva-Melo y Acero (1990), las migraciones río arriba realizadas por el tití, *Sicydium plumieri*, son de carácter mensual en los ríos Manzanares y Gaira, asociadas con el fin del cuarto menguante lunar, sin embargo, en quebrada Valencia las migraciones no son constantes a lo largo del año, y solo en las temporadas de lluvias cuando el caudal de la quebrada aumenta y se conecta al mar, es posible la migración de los juveniles. En las temporadas de estiaje las larvas que eclosionan mueren debido a

que no alcanzan el mar, lugar que necesitan para desarrollarse hasta su etapa juvenil. Estas migraciones de *S. plumieri* están acompañadas por juveniles de camarones del género *Macrobrachium* a lo largo del río y por juveniles de *Pomadasys croco* y *Agonostomus monticola* mientras atraviesa el estuario. Aunque no existen más publicaciones científicas sobre migraciones parecidas en el Caribe colombiano, existen registros anecdóticos de ocurrencia de las mismas en la Reserva de la Sociedad Civil Sanguare en la punta norte del golfo de Morrosquillo y en la parte baja del río Turbo en el golfo de Urabá (Blanco, obs. per.). Todas estas migraciones son similares a las reportadas para otras áreas del Caribe (Erdman 1961, Bell 1999).

En el Pacífico norte, en el río Valle, Carvajal-Quintero (2011) encontró que estas migraciones son multiespecíficas, ya que juveniles de *Sicydium salvini*, *Dormitator latifrons* y *Gobiesox* sp. migran río arriba mensualmente acompañados de juveniles de camarones de la familia *Sergestidae* y de los géneros *Palaemon*, *Potimirim*, *Palaemonetes* y *Macrobrachium*, además de penéidos, y durante su migración por el estuario son acompañados por juveniles de diferentes especies de peces (Figura 3). Este fenómeno migratorio ocurre a lo largo de todo el Pacífico colombiano, y mientras al norte de cabo Corrientes los pobladores locales la reconocen como “La Viuda”, al sur (incluso hasta Tumaco) la reconocen como “La Chaupiza”.

En términos generales, las migraciones anfídromas se realizan en grandes y extensos cardúmenes que entran por la boca del río provenientes de las zonas costeras aledañas (Silva-Melo y Acero 1990, Carvajal-Quintero 2011). Una vez en el río buscan las orillas por donde migran río arriba

con desplazamientos saltatorios, es decir trasladándose un trayecto relativamente corto nadando en la columna de agua y volviendo al fondo para descansar adheridos a las rocas por un periodo corto. Durante la migración por las orillas los individuos buscan sitios sombreados y refugio dentro de piedras y gramíneas. Tanto en el Pacífico como en el Caribe estas migraciones tienen una duración de aproximadamente tres días, comenzando tres días antes del fin del cuarto menguante y finalizando en luna nueva (Silva-Melo y Acero 1990, Carvajal-Quintero 2011). Durante este periodo los niveles de las mareas altas son mayores y la luminosidad lunar es menor.

Los estudios recientes en el corregimiento El Valle en Chocó, han mostrado que el fenómeno de La Viuda, además de constituirse en una oportunidad económica mediante la pesca artesanal, es un componente fundamental de la cultura local (Carvajal-Quintero 2011, Castellanos-Giraldo *et al.* 2011). Durante las “pujas”, mareas vivas o más altas del mes (también conocidas como mareas de primavera o *spring tides*), los pobladores, en su mayoría mujeres, organizadas en Unidades Económicas de Pesca (UEcP) compuestas por tres personas, se acercan a la boca del río y a las playas aledañas para capturar las larvas mediante arrastres con angeos (Figura 4). A pesar que en este tipo de pesquerías se capturan juveniles pequeños (entre 1,5 y 2,5 cm), se ha estimado que los volúmenes de extracción por parte de los pobladores del corregimiento El Valle varían entre 1,37 y 2,43 ton mes^{-1} , lo que corresponde a extraer aproximadamente entre 19,4 y 24,3 millones de individuos de la población (Carvajal-Quintero 2011, Castellanos-Galindo *et al.* 2011). Por lo anterior, la pesca de La Viuda provee un suplemento importante de proteína animal durante las temporadas de

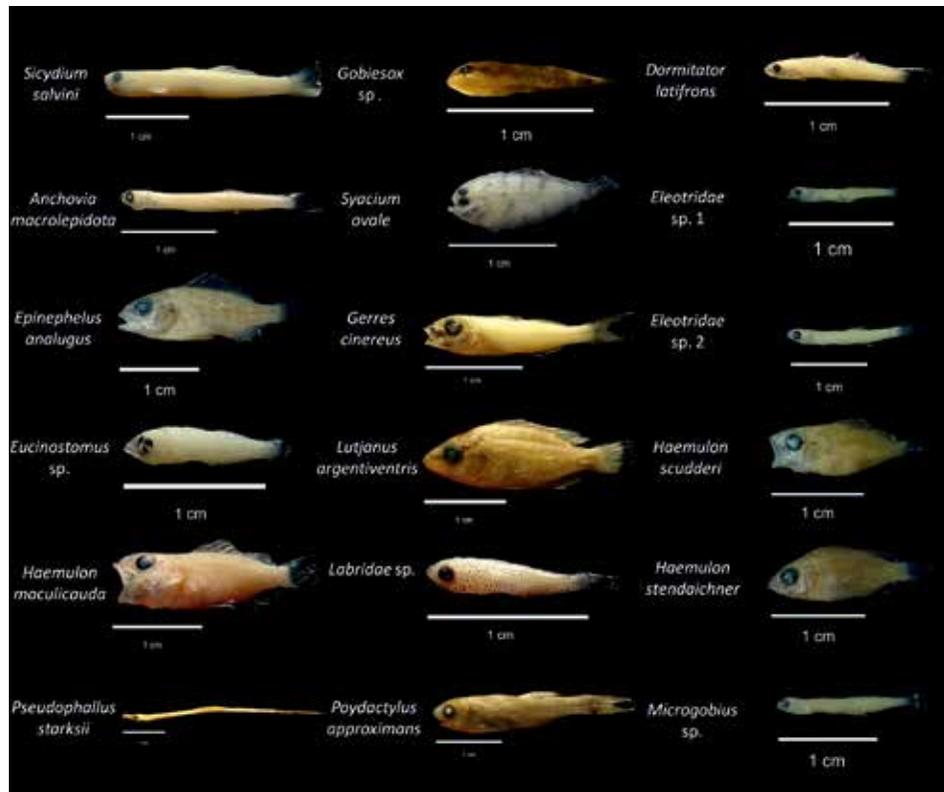


Figura 3. Especies que componen La Viuda (primera fila) y especies que la acompañan durante la migración a través del estuario. Fotos: J. D. Carvajal-Quintero, modificado de Carvajal-Quintero (2011).

DIADROMÍA



L. García-M.

migración, ya que la pesca de individuos adultos (realizada por los hombres de la comunidad), disminuye significativamente durante este periodo. Adicionalmente, como rasgo cultural importante de la comunidad de El Valle, la pesca de La Viuda hace parte del conocimiento ancestral de la comunidad. Los habitantes que utilizan La Viuda como parte de su sustento, han desarrollado habilidades que les permiten reconocer cuando se aproxima su llegada a las playas. Las señales que los pobladores reconocen los días previos a la temporada de La Viuda son las mareas, el ciclo lunar y la llegada de diferentes grupos taxonómicos a las playas (como aves y cangrejos) a las márgenes de la desembocadura, los cuales posteriormente serán depredadores de los juveniles. La pesca de La Viuda también se ve reflejada en las costumbres culinarias de los nativos, ya que al ser la principal fuente de proteína animal durante el tiempo en

que ocurre, ha llevado a que los pobladores hayan desarrollado diferentes tipos de preparación y preservación de los juveniles (Carvajal-Quintero 2011). Finalmente, los habitantes de El Valle no consideran la captura de La Viuda como un tipo de pesca, sino que ésta se asocia principalmente a un momento de esparcimiento del que se puede obtener un beneficio económico, más cercano a la práctica de un deporte, asociado principalmente al rol femenino asignado por su cultura; puede considerarse más como un espacio en el que las mujeres y algunos hombres interactúan fuera del entorno doméstico. Finalmente, aunque no existen reportes científicos sobre las migraciones de post-larvas de camarones, es conocido de los adultos de *Macrobrachium* spp son un recurso pesquero importante en ambas costas colombianas, de la misma manera que lo es en los ríos peri- y epicontinentales en toda Latinoamérica

(García-Guerrero *et al.* 2013, Campos *et al.* 2015, Capítulo 4).

Implicaciones de la diadromía para los procesos ecosistémicos y la conservación

En esta sección se amplían las discusiones iniciadas en Blanco (2009) y Blanco *et al.* (2014a) sobre ambos temas. Existen muchos estudios que demuestran la importancia que tienen las especies de camarones y peces anfídromos sobre procesos ecosistémicos y evolutivos en los ríos y quebradas en los que habitan en el Gran Caribe, los cuales permiten hipotetizar sobre su papel en sistemas similares en las cuencas pericontinentales colombianas. Por ejemplo, en Puerto Rico se ha demostrado experimentalmente mediante exclusión con electricidad que los camarones del género *Atya* son responsables de la disminución de la película de sedimentos sobre las rocas en las piscinas, pero al mismo tiempo reducen la abundancia y riqueza de insectos y aumentan la biomasa algal (Pringle *et al.* 1993, Pringle y Blake 1994). El incremento de sedimentos estimulado por la exclusión experimental de los camarones, fue similar a lo que se observó posteriormente en tramos de cabeceras sin barreras para los peces depredadores como *Agonostomus monticola*, *Gobiomorus dormitor* y *Anguilla rostrata*, y contrario a lo observado aguas arriba de las cascadas que impedían la migración de dichos peces y relajaban la presión sobre los *Atya* (Pringle 1996). También, se ha establecido que los camarones *Atya* tienen un efecto no solo cuantitativo, sino cualitativo (C, N y C/N) sobre la materia orgánica particulada acumulada en las biopelículas, demostrado no solo con experimentos de exclusión con electricidad, sino mediante comparaciones entre los mosaicos creados por la presencia/ausencia de las cascadas en los paisajes costeros

(Pringle *et al.* 1999). Posteriormente, se demostró que los camarones *Xiphocaris elongata* son importantes fragmentadores de la hojarasca, mientras que los *Atya* spp. son filtradores de partículas y bioturbadores (Crowl *et al.* 2001, March *et al.* 2002). Estudios recientes sobre la estructura de toda la comunidad diádroma a la escala del paisaje de dos cuencas hidrográficas del noreste de Puerto Rico han mostrado que el ensamble de especies de camarones es completamente diferente aguas abajo y aguas arriba de las cascadas como producto de la presencia y ausencia de los peces depredadores (Hein *et al.* 2011), lo cual es explicado por el hecho de que peces como los *Agonostomus monticola* son depredadores de los camarones atyidos (Hein y Crowl 2010). Más recientemente, se ha encontrado que la sola presencia de dichos peces genera una presión selectiva que estimula en los camarones caracteres morfológicos que sirven como defensas (Covich *et al.* 2009, Ocasio-Torres *et al.* 2014). Todas estas evidencias en conjunto demuestran que la estrategia de vida diádroma, pero particularmente la presencia de peces depredadores como los *Agonostomus monticola*, mediada por la ausencia de barreras para su distribución, genera una cascada de efectos directos e indirectos sobre el ecosistema, tales como la ausencia de camarones o la limitación de su actividad a horas de la noche, por la presión por depredación, y con ello se ejerce una reducción de su papel bioturbador sobre los sedimentos y los insectos acuáticos, lo cual también tiene un efecto sobre el procesamiento de la materia orgánica particulada. De esta manera, es necesario comprender no solo cómo las cascadas han causado un mosaico de ensambles de especies, sino sus consecuencias en procesos ecosistémicos, en las cuencas periféricas colombianas. Por otra parte, los gradientes hidrológicos y geomorfológicos observados en los



Figura 4. Pobladores del corregimiento El Valle pescando La Viuda durante el amanecer. Foto: J. D. Carvajal-Quintero.

DIADROMÍA



L. García-M.

sistemas montañosos periféricos de Colombia (Capítulos 1 y 2), ofrecen una oportunidad única para abordar preguntas sobre biogeografía de las meta-comunidades, redes tróficas y procesos ecosistémicos, y finalmente sobre las implicaciones del cambio climático sobre las cuencas costeras. En toda la región del Caribe hay un vacío de información sobre el papel ecosistémico de la herbivoría por parte de los *Sycidum*, por lo cual las cuencas periféricas colombianas ofrecen grandes oportunidades de estudio. De igual manera, existe un vacío de información sobre la biología y la ecología de los eleótridos que puede ser llenado siguiendo como referentes estudios a nivel de poblaciones o comunidades realizados en Costa Rica (p. e. Nordlie 1981, Winemiller y Morales 1989, Lyons y Schneider 1990, Winemiller y Leslie 1992, Winemiller y Ponwith 1998).

Finalmente, el hecho que las barreras para la migración ejerzan un papel tan importante no solo para las poblaciones de fauna anfídroma, sino para todo el ecosistema, hace que la construcción de represas sea una amenaza mayor para la conservación de las cuencas periféricas, particularmente porque los países tropicales están viviendo la edad dorada de dicha actividad (Greathouse *et al.* 2006a, Ramírez *et al.* 2008). Aunque algunas especies de camarones pueden cruzar barreras como las cascadas bajas ubicadas a lo largo de ríos y quebradas, la mayoría de palaemónidos y peces no puede cruzar cascadas muy altas (Fiévet 1999a, b). Tanto en Puerto Rico como en Nueva Zelanda se ha encontrado que aguas arriba de las represas altas se han extinguido los peces diádtomos y han sido reemplazados por especies exóticas primariamente dulceacuícolas (Joy y Death 2001, Greathouse *et al.* 2006b, c). Por ello, este tema debe ser motivo de investigación

con fines de manejo de la apropiación de los recursos hídricos en las cuencas periféricas colombianas, ya que con la disminución de los caudales máximos producto del calentamiento global (Capítulo 2) se avencinan conflictos entre las necesidades de abastecimiento para las poblaciones humanas costeras y los requerimientos mínimos de conectividad y caudal o de régimen de los ríos, quebradas y arroyos, y sus especies diádtomas. Con base en la experiencia de las islas del Pacífico y el Caribe con una alta incidencia de especies diádtomas, los biólogos de la conservación han advertido que el mantenimiento de las condiciones hidrológicas históricas, la calidad del agua, la protección de las zonas riparias y la prevención de las invasiones de especies en las cuencas costeras es crucial para el suministro a largo plazo de recursos hidrobiológicos (Keith 2002a, b, 2003, Blanco y Scatena 2006, Snyder *et al.* 2011, 2013), pero además que hay que hacer esfuerzos para modelar las distribuciones a partir del conocimiento de las preferencias de hábitat para tomar medidas efectivas de conservación y manejo (McDowall 1993b). Sin embargo, el mayor principio para la conservación de la fauna diádtoma a nivel global es la precaución y prevención ante la falta de información sobre la biología y ecología de las especies locales (Ebner *et al.* 2012).

En conclusión, los ríos, quebradas y arroyos costeros de Colombia poseen una fauna anfídroma icónica constituida principalmente por peces góbiidos, eleótridos, mugilidos y anguilidos, además de camarones palaemónidos y atyidos. Debido a su ciclo de vida, algunas especies como *Sicydium* spp. presentan periódicamente migraciones río arriba de millones de post-larvas, que se constituyen en un recurso pesquero y un componente cultural importante para las comunidades de algunas localidades del

Pacífico y del Caribe. Los adultos de *Agonostomus monticola* y *Joturus prichardi* son importantes recursos pesqueros en las corrientes de la Sierra Nevada de Santa Marta y por lo tanto se debe estimular su estudio no solo en este sistema, sino en todo el país. Los adultos de los camarones palaemónidos también han sido tradicionalmente considerados como especies de alto valor para las pequerías, por lo cual debe enfatizarse en los estudios de dinámica poblacional y biología pesquera. Finalmente, debido a que la fauna diádtoma tiene un importante papel ecológico dentro de los ríos y quebradas de las Antillas, se recomienda estudiar dichos roles en los sistemas periféricos de Colombia, aprovechando el mosaico ofrecido por la geomorfología dentro cada sistema, y los gradientes hidrológicos ofrecidos por la variedad de sistemas y para estimar los posibles impactos de futuras construcciones de represas. También es urgente llenar el vacío de información existente en los gobiidos y eleótridos, que a pesar de su amplia distribución, y en algunos casos dominancia numérica e importancia comercial, no han sido objetos de estudios biológicos y ecológicos en muchas regiones del país. Todo lo anterior cobra un mayor valor cuando se considera que Colombia posee cuencas pericontinentales ubicadas en el margen continental y en sus islas lo cual permite hacer estudios abarcadores sobre genética, dinámica de poblaciones, ecología y procesos ecosistémicos y redes tróficas, y sistemática y biodiversidad que en muchas regiones del mundo solo se pueden desarrollar mediante la colaboración transnacional (p. e. Thuesen *et al.* 2011).

Bibliografía

- Acero P., A. 2010. *Joturus pichardi* (Mugiliformes, Mugilidae). Capítulo 7. Pp. 574-575. 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 Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.

- Agudelo-Zamora, H. D., J. G. Ospina-Pabón y L. F. Jiménez-Segura. 2010. Peces del río San Juan de Urabá, costa Caribe, Colombia, Sur América. *Boletín Científico Centro de Museos, Museo de Historia Natural* 14: 129-138.
- Aiken, A.K. 1998. Reproduction, diet and population structure of the mountain mullet, *Agonostomus monticola*, in Jamaica, West Indies. *Environmental Biology of Fishes* 53: 347-352.
- Álvarez-León, R. 1991. Peces colectados en el río Acandí (Chocó), Suroeste del Caribe Colombiano. *Caldasia* 16: 525-530.
- Bauer, R. T. 2011a. Amphidromy and migrations of freshwater shrimps. I. Costs, benefits, evolutionary origins, and an unusual case of amphidromy. Pp. 145-156. En: A. Asakura (ed.), *New Frontiers in Crustacean Biology. Proceedings of the TCS Summer Meeting*, Tokyo, 20-24 September 2009. Brill: Leiden, The Netherlands.
- Bauer, R. T. 2011b. Amphidromy and migrations of freshwater shrimps. II. Delivery of hatching larvae to the sea, return juvenile upstream migration, and human impacts. Pp. 157-168. En: A. Asakura (ed.), *New Frontiers in Crustacean Biology. Proceedings of the TCS Summer Meeting*, Tokyo, 20-24 September 2009. Brill: Leiden, The Netherlands.
- Bauer, R. T. y J. Delahoussaye. 2008. Life history migrations of the amphidromous river shrimp *Macrobrachium ohione* from a continental large river system. *Journal of Crustacean Biology* 28: 622-632.
- Bell, K. N. I. 1999. Overview of goby-fry fisheries. *NAGA-The ICLARM quarterly* 22: 30-36.
- Bell K.N.I. 2007. Opportunities in stream drift: methods, goby larval types, temporal

DIADROMÍA



L. García-M.

- cycles, *in situ* mortality estimation, and conservation implications. *Bishop Museum Bulletin in Cultural and Environmental Studies (Biology of Hawaiian Streams and Estuaries)*. N.L. Evenhuis y J.M. Fitzsimons, Eds.) 3: 35–61.
- Bell, K. N. I. 2009. What comes down must go up: the migration cycle of juvenile-return anadromous taxa. *American Fisheries Society Symposium* 69: 321–342.
 - Benbow, M. E., L. L. Orzetti, M. D. Mcintosh y A. J. Burky. 2002. A note on cascade climbing of migratory goby and shrimp postlarvae in two Maui streams. *Micronesica* 34: 243–248.
 - Benstead, J. P., J. G. March, C. M. Pringle y F. N. Scatena. 1999. Effects of a low-head dam and water abstraction on migratory tropical stream biota. *Ecological Applications* 9: 656–668.
 - Benstead, J. P., J. G. March y C.M. Pringle. 2000. Estuarine larval development and upstream post-larval migration of freshwater shrimp freshwater shrimps in two tropical rivers of Puerto Rico. *Biotropica* 32: 545–547.
 - Blanco, J. F. y F. N. Scatena. 2005. Floods, habitat hydraulics and upstream migration of *Nertina virginea* (Gastropoda: Neritidae) in Northeastern Puerto Rico. *Caribbean Journal of Science* 41: 55–74.
 - Blanco, J. F. y F. N. Scatena. 2006. Hierarchical contribution of river-ocean connectivity, water chemistry, hydraulics, and substrate to the distribution of diadromous snails in Puerto Rican streams. *Journal of the North American Benthological Society* 25: 82–98.
 - Blanco, J. F. y F. N. Scatena. 2007. The spatial arrangement of *Nertina virginea* (Gastropoda: Neritidae) during upstream migration in a split-channel reach. *River Research and Applications* 23: 235–245.
 - Blanco, J. F. 2009. Darwin y la paradoja de las islas vacías. *Acta Biológica Colombiana* 14: 269–282.
 - Blanco, J. F., C. Escobar-Sierra y J. D. Carvajal. 2014a. Gorgona, Baudó y Darién (Chocó Biogeográfico, Colombia): ecorregiones modelo para los estudios ecológicos de comunidades de quebradas costeras. *Revista de Biología Tropical* 62: 43–64.
 - Blanco, J. F., S. Tamayo y F. N. Scatena. 2014b. Variación fenotípica de la concha en Neritinae (Gastropoda: Neritimorpha) en ríos de Puerto Rico. *Revista de Biología Tropical* 62: 52–68.
 - Cala, P. 1990. Biodiversidad en aguas dulces de la isla. Pp. 263–274 En: J. Aguirre y O. Rangel (Eds.). Biota y ecosistemas de Gorgona. Fondo FEN, Bogotá, Colombia.
 - Campos, M. R., C. A. Lasso y A. Acevedo. 2015. Camarones asociados a las aguas pericontinentales (ríos, quebradas y arroyos costeros), de la vertiente Caribe y Pacífico, incluyendo la región insular de Colombia. Pp: 119 - 138. En: Lasso, C. A., J. F. Blanco-Libreros y P. Sánchez-Duarte. (Editores). 2015. XII. Cuencas pericontinentales de Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela: tipología, biodiversidad, servicios ecosistémicos y sostenibilidad de los ríos, quebradas y arroyos costeros. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
 - Carvajal-Quintero, J. D. 2011. El fenómeno de La Viuda: migración de estadios tempranos de peces entre el medio marino y continental en el corregimiento de El Valle, bahía Solano (Chocó-Colombia). Trabajo de pregrado, Universidad de Antioquia, Medellín. 94 pp.
 - Castellanos-Galindo, G.A., G. C. Sanchez, B.S. Beltrán-León y L. Zapata. 2011. A goby-fry fishery in the northern Colombian Pacific Ocean. *Cybiurn* 35: 391–395.
 - Cook, B. D., C. M. Pringle y J.M. Hughes. 2008. Molecular evidence for sequential colonization and taxon cycling in freshwater decapod shrimps on a Caribbean island. *Molecular Ecology* 17: 1066–1075.
 - Cook, B. D., S. Bernays, C. M. Pringle y J.M. Hughes. 2009. Marine dispersal determines the genetic population structure of migratory stream fauna of Puerto Rico: evidence for island-scale population recovery processes. *Journal of the North American Benthological Society* 28: 709–718.
 - Correa-Polo, F., P. Eslava, C. Martínez y J. C. Narváez. 2012. Descripción de la morfología dental y del hábito alimentario del besote *Joturus prichard* (Mugiliformes: Mugilidae). *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* 41: 463–470.
 - Cotta-Ribeiro, T y H. Molina-Ureña. 2009. Ontogenic changes in the feeding habits of the fishes *Agonostomus monticola* (Mugilidae) and *Brycon behreae* (Characidae), Térraba River, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 57: 285–290.
 - Covich, A. P. 2006. Dispersal limited biodiversity of tropical insular streams. *Polish Journal of Ecology* 54: 523–547.
 - Covich, A. P., T. A. Crowl, C. L. Hein, M. J. Townsend y W. H. McDowell. 2009. Predator-prey interactions in river networks: comparing shrimp spatial refugia in two drainage basins. *Freshwater Biology* 54:450–465.
 - Crandall, E. D., M. A. Frey, R. K. Grosberg y P. H. Barber. 2008. Contrasting demographic history and phylogeographical patterns in two Indo-Pacific gastropods. *Molecular Ecology* 17: 611–626.
 - Crandall, E. D., J. R. Taffel y P. H. Barber. 2010. High gene flow due to pelagic larval dispersal among South Pacific archipelagos in two amphidromous gastropods (Neritimorpha: Neritidae). *Heredity* 104: 563–572.
 - Crandall, E. D., E. A. Treml y P. H. Barber. 2012. Coalescent and biophysical models of stepping-stone gene flow in neritid snails. *Molecular Ecology* doi: 10.1111/mec.12031.
 - Crowl, T. A., W. H. McDowell, A. P. Covich y S. L. Johnson. 2001. Freshwater shrimp effects on detrital processing and nutrients in a tropical headwater stream. *Ecology* 82: 775–783.
 - DeGrave, S., Y. Cai y A. Anker. 2008. Global diversity of shrimps (Crustacea: Decapoda: Caridea) in freshwater. *Hidrobiologia (Freshwater Animal Diversity Assessment)* 595: 287–293.
 - Ebner, B., P. Theusen, H. Larson y P. Keith. 2012. Partially known range and precautionary conservation requirements of sicydiine gobies in Australia. *Cybiurn*, 35: 397–414.
 - Erdman, D. S. 1961. Notes on the biology of the gobiid fish *Sicydium plumieri* in Puerto Rico. *Bulletin of Marine Science of the Gulf and the Caribbean* 11: 448–456.
 - Eslava, P. 2009. Estimación del rendimiento y valor nutricional del besote *Joturus prichardi* Poey, 1860 (Pisces: Mugilidae). *Revista MVZ Córdoba* 14: 1576–1586.
 - Eslava, P. y R. Díaz. 2011. Reproducción de *Joturus pichardi* y *Agonostomus monticola* (Mugiliformes: Mugilidae) en ríos de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Revista de Biología Tropical* 59: 1717–1728.
 - Fièvet, E. 1999a. Daylight migration of freshwater shrimp (Decapoda, Caridea) over a weir during water release from an impoundment. *Crustaceana* 72: 351–356.
 - Fièvet, E. 1999b. An experimental survey of freshwater shrimp upstream migration in an impounded stream of Guadalupe Island, Lesser Antilles. *Archiv fur Hydrobiologie* 144: 339–355.
 - Fitzsimons, J. M. 2007. Limitations of early seaward migration success in amphidromous fishes. *Bishop Museum Bulletin in Cultural and Environmental Studies (Biology of Hawaiian Streams and Estuaries)*. N.L. Evenhuis y J.M. Fitzsimons, Eds.) 3: 75–85.
 - Fitzsimons, J.M., J.E. Parham y R.T. Nishimoto. 2002. Similarities in behavioural ecology among amphidromous and cataractomous fishes on the oceanic islands of Hawai'i and Guam. *Environmental Biology of Fishes* 65: 123–129.
 - Fitzsimons, J. M., M. G. McRae y R. Nishimoto. 2007. Behavioral ecology of indigenous stream fishes in Hawai'i. *Bishop Museum Bulletin in Cultural and Environmental Studies (Biology of Hawaiian Streams and Estuaries)*. 3: 11–21
 - Ford, J. I. 1979. Biology of a Hawaiian fluvial gastropod *Nertina granosa* Sowerby (Prosobranchia: Neritidae). Tesis de Maestría. Universidad de Hawaii, Honolulu. 94 pp.
 - García-Guerrero, M. U., F. Becerril-Morales, F. Vega-Villasante y L. D. Espinosa-Chaurand. 2013. Los langostinos del género *Macrobrachium* con importancia económica y pesquera en América Latina:

DIADROMÍA



L. García-M.

- conocimiento actual, rol ecológico y conservación. *Latin American Journal of Aquatic Research* 4: 651-675.
- Gómez-Aguirre, A. M., M. C. Longo-Sánchez y J. F. Blanco. 2009. Macroinvertebrate assemblages in Gorgona Island streams: spatial patterns during two contrasting hydrologic periods. *Revista de Actualidades Biológicas* 31: 161-178.
 - Gorbach, K. R., M. E. Benbow, M. D. McIntosh y A. J. Burky. 2012. Dispersal and upstream migration of a neritid snail: implications for restoring migratory pathways in tropical streams. *Freshwater Biology* 57: 1643-1657.
 - Greathouse, E. A., C. M. Pringle y J.G. Holmquist. 2006a. Conservation and management of migratory fauna and dams in tropical streams of Puerto Rico. *Aquatic Conservation* 16: 695-712.
 - Greathouse, E. A., C. M. Pringle y W. McDowell. 2006b. Do small-scale enclosure/enclosure experiments predict effects of large-scale extirpation of freshwater migratory fauna? *Oecologia* 149: 709-717.
 - Greathouse, E. A., C.M. Pringle, W.H. McDowell y J. G. Holmquist. 2006c. Indirect upstream effects of dams: consequences of migratory consumer extirpation in Puerto Rico. *Ecological Applications* 16: 339-352.
 - Haynes, A. 2005. An evaluation of members of the genera *Clithon* Montfort, 1810 and *Neritina* Lamarck 1816 (Gastropoda: Neritidae). *Molluscan Research* 25: 75-84.
 - Hein, C. L. y T. A. Crowl. 2010. Running the predator gauntlet: do freshwater shrimp (*Atya lanipes*) migrate above waterfalls to avoid fish predation? *Journal of the North American Benthological Society* 29: 431-443.
 - Hein, C. L., A. S. Pike, J. F. Blanco, A. P. Covich, F. N. Scatena, C. P. Hawkins, y T. A. Crowl. 2011. Effects of coupled natural and anthropogenic factors on the community structure of diadromous fish and shrimp species in tropical island streams. *Freshwater Biology* 56: 1002-1015.
 - Iguchi, K. 2007. Limitations of early seaward migration success in amphidromous fishes. *Bishop Museum Bulletin in Cultural and Environmental Studies (Biology of Hawaiian Streams and Estuaries)*. 3: 75-85.
 - Joy, M. K. y R. G. Death. 2001. Control of freshwater fish and crayfish community structure in Taranaki, New Zealand: dams, diadromy or habitat structure? *Freshwater Biology* 46: 417-429.
 - Kano, Y. 2009. Hitchhiking behaviour in the obligatory upstream migration of amphidromous snails. *Biology Letters* 23: 465-468.
 - Kappes, H. y P. Haase. 2011. Slow, but steady: dispersal of freshwater molluscs. *Aquatic Sciences*: doi: 10.1007/s00027-011-0187-6
 - Keith, P. 2002a. Freshwater fish and decapod crustacean populations on Reunion Island, with an assessment of species introductions. *Bulletin Francais De La Peche Et De La Pisciculture*: 97-107.
 - Keith, P. 2002b. Introduction of freshwater fishes and decapod crustaceans in French Polynesia, a review. *Bulletin Francais De La Peche Et De La Pisciculture*: 147-160.
 - Keith, P. 2003. Biology and ecology of amphidromous Gobiidae of the Indo-Pacific and the Caribbean regions. *Journal of Fish Biology* 63: 831-847.
 - Keith, P. y C. Lord. 2011. Tropical freshwater gobies: Amphidromy as a life cycle. Pp. 119 - 128. *En*: R.A. Patzner, J.L. Van Tassell, M. Kovacic y B.G. Kapoor (Eds.). *The biology of gobies*. Science Publishers Inc.
 - Keith, P., Lord C., Lorion J., Watanabe S., Tsukamoto K., Cruaud C., Couloux A. y Dettai, A., 2011. Phylogeny and biogeography of Sicydiinae (Teleostei: Gobioidae) inferred from mitochondrial and nuclear genes. *Marine Biology*, 158: 311-326.
 - Kikkert, D.A., T.A. Crowl y A.P. Covich. 2009. Upstream migration of amphidromous shrimp in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico: temporal patterns and environmental cues *Journal of the North American Benthological Society* 28: 233-246.
 - Lasso, C. A., F. Villa-Navarro, A. Acero, P. Sánchez-Duarte, M. Morales-Betancourt y N. Bolaños. 2015. Peces de las aguas interiores del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Colombia. diversidad, amenazas y recomendaciones para su conservación. Pp: 277 - 292. *En*: Lasso, C. A., J. F. Blanco-Libreros y P. Sánchez-Duarte. (Editores). 2015. XII. Cuencas pericontinentales de Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela: tipología, biodiversidad, servicios ecosistémicos y sostenibilidad de los ríos, quebradas y arroyos costeros. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
 - Leberer, T. y S. G. Nelson. 2001. Factors affecting the distribution of atyid shrimps in two tropical insular rivers. *Pacific Science* 55: 389-398.
 - Lorion, C. M., B. P. Kennedy y J. H. Braatne. 2011. Altitudinal gradients in stream fish diversity and the prevalence of diadromy in the Sixaola River basin, Costa Rica. *Environmental Biology of Fishes* 91: 487-499.
 - Lyons, J. y D. W. Schneider. 1990. Factors influencing fish distribution and community structure in a small coastal river in southwestern Costa Rica. *Hydrobiologia* 203: 1-14.
 - Manacop, P. R. 1953. The life history and habits of the goby *Sicyopterus extraneus* Herre (Anga) Gobiidae, with an account of the goby-fry fishery of Cagayan River, Oriental Misamis. *Philippine Journal of Fisheries* 2: 1-57.
 - March, J.G., J.P. Benstead, C.M. Pringle, and F.N. Scatena. 1998. Migratory drift of larval freshwater shrimps in two tropical streams, Puerto Rico. *Freshwater Biology* 40: 261-273.
 - March, J. G., C. M. Pringle y M. J. Townsend. 2002. Effects of freshwater shrimp assemblages on benthic communities along an altitudinal gradient of a tropical island stream. *Freshwater Biology* 47: 377-390.
 - Martínez-Silva, L. E., M. Pedini y M. B. New. 1977. Mullet (*Mugil incilis*) and freshwater prawn (*Macrobrachium acanthurus*) polyculture in Colombia. *Journal of the World Aquaculture Society*: 8: 195-206.
 - Matamoros, W. A., J. Schaefer, P. Mickle, W. Arthurs, R. J. Ikoma y R. Ragsdale. 2009. First record of *Agonostomus monticola* (Family: Mugilidae) in Mississippi freshwaters with notes of its distribution in the southern United States. *Southeastern Naturalist* 8: 175-178.
 - McDowall, R. M. 1988. Diadromy in fishes: migrations between freshwaters and marine environments. Croom Helm, Londres, Reino Unido. 308 pp.
 - McDowall, R. M. 1993a. A recent marine ancestry for diadromous fishes? Sometimes yes, but mostly no. *Environmental Biology of Fishes* 37: 329-335.
 - McDowall, R. M. 1993b. Implications of diadromy for the structuring and modeling of riverine fish communities in New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 27: 453-462.
 - McDowall, R. M. 1997. Is there such a thing as amphidromy? *Micronesica* 30: 3-14.
 - McDowall, R. M. 2004. Ancestry and amphidromy in island freshwater fish faunas. *Fish and Fisheries* 5: 75-85.
 - McDowall R. M. 2007. On amphidromy, a distinct form of diadromy in aquatic organisms. *Fish and Fisheries* 8: 1-13.
 - McDowall, R. M. 2009. Making the best of two worlds: diadromy in the evolution, ecology and conservation of aquatic organisms. *American Fisheries Society Symposium* 69: 1-22.
 - McDowall R. M. 2010. Why be amphidromous: expatrial dispersal and the place of source and sink population dynamics? *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 20: 87-100.
 - Myers, G. S. 1949. Usage of anadromous, catadromous and allied terms for migratory fishes. *Copeia* 1949: 89-97.
 - Nordlie, F.G. 1981. Feeding and reproductive biology of eleotrid fishes in a tropical estuary. *Journal of Fish Biology* 18: 97-110.
 - Nordlie, F. G. 2012. Life-history characteristics of eleotrid fishes of the western hemisphere, and perils of life in a vanishing environment. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 22: 189-224.
 - Ocasio-Torres, M. E., T. A. Crowl y Alberto M. Sabat. 2014. Long rostrum in an amphidromous shrimp induced by chemical

DIADROMÍA



L. García-M.

- signals from a predatory fish. *Freshwater Science* 33: 451-458.
- Ortiz, L. F. y J. F. Blanco. 2012. Distribución de los gasterópodos del manglar, *Neritina virginea* (Neritidae) y *Littoraria angulifera* (Littorinidae) en la Ecorregión Darién, Caribe colombiano. *Revista de Biología Tropical* 60: 219-232.
 - Page, T. J., K. S. Torati, B. D. Cook, A. Binderup, C. M. Pringle, S. Reuschl, C. D. Schubart y J. M. Hughes. 2013. Invertebrates frontiers: large scales of connectivity of selected freshwater species among Caribbean islands. *Biotropica* 45: 236-244.
 - Pezold, F. y B. Cage. 2002. A review of the spinycheek sleepers, genus *Eleotris* (Teleostei: Eleotridae), of the western hemisphere, with comparison to the west african species. *Tulane Studies in Zoology and Botany* 31 (2): 19 - 63.
 - Phillip, D. A. T. 1993. Reproduction and feeding of the mountain mullet, *Agonostomus monticola* in Trinidad, West Indies. *Environmental Biology of Fishes* 37: 47-55.
 - Pringle, C.M. 1996. Atyid shrimps (Decapoda: Atyidae) influence spatial heterogeneity of algal communities over different scales in tropical montane streams, Puerto Rico. *Freshwater Biology* 35: 125-140.
 - Pringle, C. M. 1997. Exploring how disturbance is transmitted upstream: going against the flow. *Journal of the North American Benthological Society* 16: 425-438.
 - Pringle, C. M., G. A. Blake, A. P. Covich, K. M. Buzby y A. Finley. 1993. Effects of omnivorous shrimp in a montane tropical stream: sediment removal, disturbance of sessile invertebrates and enhancement of understory algal biomass. *Oecologia* 93: 1-11.
 - Pringle, C.M. y G.A. Blake. 1994. Quantitative effects of Atyid shrimp (Decapoda: Atyidae) on the depositional environment in a tropical stream: Use of electricity for experimental exclusion. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 51: 1443-1450.
 - Pringle, C. M., N. Hemphill, W. H. McDowell, A. Bednarek y J. G. March. 1999. Linking species and ecosystems: different biotic assemblages cause interstream differences in organic matter. *Ecology* 80: 1860-1872.
 - Pyron, M. y A. P. Covich. 2003. Migration patterns, densities, and growth of *Neritina punctulata* snails in Rio Espiritu Santo and Rio Mameyes, northeastern Puerto Rico. *Caribbean Journal of Science* 39: 338-347.
 - Quintero-Galvis, J. y L. R. Castro. 2013. Filogenia molecular de la familia Neritidae (Gastropoda: Neritimorpha) con base en los genes mitocondriales citocromo oxidasa I (COI) y 16S rRNA. *Acta Biológica Colombiana* 18: 307-318.
 - Ramírez, A., C. M. Pringle y K. M. Wantzen. 2008. Tropical river conservation. En: D. Dudgeon (Ed.). *Tropical Stream Ecology*. Academic Press. Pp. 285 - 304.
 - Villa-Navarro, F., P. Sánchez-Duarte, A. Acero y C. A. Lasso. 2015. Composición y estructura de la ictiofauna de ríos y arroyos costeros de la Sierra Nevada de Santa Marta, Caribe colombiano. Pp. 315 - 337. En: Lasso, C. A., J. F. Blanco-Libreros y P. Sánchez-Duarte. (Editores). 2015. XII. Cuencas Pericontinentales de Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela: tipología, biodiversidad, servicios ecosistémicos y sostenibilidad de los ríos, quebradas y arroyos costeros. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
 - Sánchez-Garcés, G. C., G. A. Castellanos-Galindo, B. S. Beltrán-León y L. A. Zapata-Padilla. 2011. Aspectos relacionados con la pesca de juveniles de góbidos diádromos (Perciformes: Gobiidae) en ríos costeros de la vertiente Pacífico de Colombia. Pp. 283-289. En: Lasso, C. A., F. de P. Gutiérrez, M. A. Morales-Betancourt, E. Agudelo-Córdoba, H. Ramírez-Gil y R. Elena Ajiaco-Martínez (Eds.). II Pesquerías continentales de Colombia: cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertiente del Pacífico. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.
 - Silva-Melo, L. y A. Acero. 1990. Sistemática, Biología y Ecología del Titi, *Sicydium antillarum* Grant (Pisces: Gobiidae) en la región de Santa Marta, Colombia. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* 19-20: 153-172.
 - Schneider, D. W. y J. Lyons. 1993. Dynamics of upstream migration in two species of tropical freshwater snails. *Journal of the North American Benthological Society* 12: 3-16.
 - Smith, G. C., A. P. Covich y A. M. D. Brasler. 2003. An ecological perspective on the biodiversity of tropical island streams. *Bioscience* 53: 1048-1051.
 - Snyder, M.E., E.P. Anderson y C.M. Pringle. 2011. A migratory shrimp's perspective on habitat fragmentation in the neotropics: extending our knowledge from Puerto Rico. Pp. 169-182. En: A. Asakura (Ed.). *New Frontiers in Crustacean Biology. Proceedings of the TCS Summer Meeting*, Tokyo, 20-24 September 2009. Brill: Leiden, The Netherlands.
 - Snyder, M.E., C.M. Pringle y R. Tiffer-Sotomayor. 2013. Landscape-scale disturbance and protected areas: longterm dynamics of populations of the shrimp, *Macrobrachium olfersi* in lowland Neotropical streams, Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology* 29: 8185.
 - Thuesen, P. A., B. C. Ebner, H. Larson, P. Keith, R. M. Silcock, et al. 2011. Amphidromy links a newly documented fish community of continental Australian streams, to oceanic islands of the West Pacific. *PLoS ONE* 6: e26685.
 - Winemiller, K. O. y N. Morales. 1989. Comunidad de peces del Parque Nacional Corcovado luego del cese de las actividades mineras. *Brenesia* 31:75-91.
 - Winemiller, K. O. y M. A. Leslie. 1992. Fish assemblages across a complex, tropical freshwater/marine ecotone. *Environmental Biology of Fishes* 34: 29-50.
 - Winemiller, K. O. y B. J. Ponwith. 1998. Comparative ecology of eleotrid fishes in Central American coastal streams. *Environmental Biology of Fishes* 53: 373-384.



Macrobrachium carcinus. Quebrada Valencia. Foto: L. García-Melo

J. F. Blanco



4. CAMARONES ASOCIADOS A LAS AGUAS PERICONTINENTALES (RÍOS, QUEBRADAS Y ARROYOS COSTEROS), DE LA VERTIENTE CARIBE Y PACÍFICO, INCLUYENDO LA REGIÓN INSULAR DE COLOMBIA

Martha R. Campos, Carlos A. Lasso y Ada Acevedo

Introducción

La región Caribe está conformada por una llanura continental denominada Costa Caribe. Está ubicada al norte de los Andes y se extiende hacia la Sierra Nevada de Santa Marta y la península de la Guajira. Aunque la región Caribe se caracteriza por ser en su mayor parte plana, también presenta las mayores elevaciones del territorio colombiano en la región de la Sierra Nevada de Santa Marta (picos Cristóbal Colón y Bolívar con altitudes de 5.775 m), así como numerosos ríos, arroyos y quebradas de montaña. Incluye también el territorio insular (Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina). En cuanto a la fitogeografía, es muy variada ya que presenta una gama de ecosistemas que comprende desde selva húmeda en el área del Golfo de Urabá hasta bosque seco en La Guajira. La hidrología es otro aspecto relevante de la región y comprende los ríos Magdalena, con sus afluentes principales: los ríos Cauca, Atrato, Sinú, Catatumbo y las corrientes de agua que bajan de la Sierra Nevada de Santa Marta.

La costa Pacífica se caracteriza por ser la región más húmeda de Colombia, con

precipitaciones del orden de 4.000 mm/ anuales. Es una región con una gran riqueza ecológica e hidrográfica. Comprende la serranía de Baudó, los valles de los ríos Atrato y San Juan y la llanura costera del Pacífico. Está recorrida por ríos caudalosos y profundos, tales como el Atrato, San Juan, Baudó, Mira y Patía, incluyendo como en el caso del Caribe, varios ríos, quebradas y arroyos que discurren por las serranías y montañas de la vertiente Pacífica. Se extiende desde la frontera con Panamá hasta la frontera con el Ecuador y desde el litoral del Pacífico hasta las estribaciones de la cordillera Occidental, incluyendo la isla de Gorgona.

Los camarones de Colombia han sido relativamente bien estudiados. Así la región Caribe y norte de Colombia fueron objeto de atención desde el siglo pasado por Pearse (1915), Martínez (1973) y Escobar (1979), entre otros, aunque quedan algunos vacíos espaciales (geográficos) por complementar. Para el Pacífico destacan los aportes de Prahil *et al.* (1978, 1984), fundamentalmente. Para ambas cuencas mención especial requiere el trabajo de Va-

lencia y Campos (2007) donde se hace una revisión taxonómica del género *Macrobrachium* y se registran numerosas especies para ambas vertientes. Desde el 2010 hasta el 2014, el Instituto Alexander von Humboldt (IAvH) con la colaboración de la Universidad del Tolima, Grupo de Investigación en Zoología (UT) y la Universidad Nacional de Colombia, Sede Caribe (UN, Caribe), ha colectado material biológico en diferentes ríos y arroyos de la cuenca del Caribe, incluyendo el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

De esta manera, el objetivo de este estudio consistió en determinar la importancia de los ríos, quebradas y arroyos del Caribe y Pacífico colombiano, en la distribución de las especies de camarones de agua dulce (familias Atyidae y Palaemonidae). La isla de Providencia se incluye en el estudio como parte de la región Caribe.

Material y métodos

El estudio se llevó a cabo con base en el material de la colección de referencia de Crustáceos del Instituto de Ciencias Naturales (ICN) de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, en conjunto con las colecciones realizadas por el IAvH, UT y UN, Caribe, complementado con colecciones realizadas por la Universidad de Antioquia, Grupo Elice (UA), en ciertas áreas del Caribe y Pacífico y revisión de la literatura. Material de referencia está depositado en el ICN e IAvH.

Para cada especie se presenta la distribución geográfica a nivel regional y se indican los registros particulares para Colombia (Anexo 1). También se incluye en algunos casos comentarios sobre algunos aspectos biológicos y ecológicos básicos, hábitat y uso de la especie.

Resultados y discusión

Se identificaron 17 especies agrupadas en dos familias (Atyidae y Palaemonidae) y tres géneros (*Atya*, *Potimirin* y *Macrobrachium*). La familia Atyidae presentó dos géneros (*Atya* y *Potimirin*) y tres especies, mientras que Palaemonidae un solo género (*Macrobrachium*) con 13 especies (Tabla 1). La cuenca Caribe mostró una riqueza de 10 especies y la del Pacífico de 9 especies, compartiendo a *Potimirin glabra* y *Macrobrachium digueti*.

El catálogo comentado de especies reseñado a continuación, se separa por las dos grandes cuencas o vertientes: Caribe y Pacífico.

Vertiente o cuenca del Caribe

Familia Atyidae

La familia Atyidae está representada por tres especies: *Atya innocous* (Herbst 1792), *Atya scabra* (Leach 1816) y *Potimirin glabra* (Kingsley 1878).

Atya innocous (Herbst 1792)

Registros: río Piedras, Santa Marta (Magdalena) y Freshwater Bay (isla de Providencia).

Distribución: Antillas Mayores, Menores, Costa Rica, Colombia (vertiente del Caribe), Nicaragua y Panamá, en general toda la vertiente del Caribe y del Pacífico (Hobbs y Hart 1982).

Comentarios. La característica general del hábitat de las especies de la familia Atyidae son ríos o quebradas de fuerte corriente con fondo rocoso, usualmente viven bajo rocas o asociadas a la vegetación de las riberas de los ríos o quebradas.

Atya scabra (Leach 1816) (Figura 1)

Registros: río Ranchería, Barrancas (La Guajira); río Cinto, Los Cedros, Parque Nacional Natural Tayrona, ríos Mendiaguaca, Piedras y quebrada Oriente, afluente del río Perdido, Santa Marta (Magdalena); arroyos Bowden Old Town, Fresh Water Bay y Salt Creek (isla de Providencia).

Distribución: vertientes del Caribe y del Océano Atlántico, incluyendo las Antillas Mayores, Menores, México, América Central, Colombia, Venezuela, Brasil; África desde Liberia hasta el norte de Angola y las Islas Cabo Verde hasta Annobon (Guinea Ecuatorial) (Melo 2003).

Potimirin glabra (Kingsley 1878)

Registros: quebradas La Piedrecita, El Regalo, La Carolina, Acandí (Chocó); Ar-



C. Granados-Martínez

boletes-Necoclí, Antioquia; río Cinto, Los Cedros, Parque Nacional Natural Tayrona, río Piedras, Santa Marta, (Magdalena); río Guerrero y Riohacha (La Guajira).

Distribución: Antillas Mayores, Menores, México, América Central, vertiente del Caribe (Colombia), Brasil. Existen registros para El Salvador, Nicaragua (localidad típica), Costa Rica, Colombia e incluso Ecuador (vertiente del Pacífico).

Familia Palaemonidae

La familia Palaemonidae está representada por siete especies en la región Caribe: *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann 1836), *Macrobrachium carcinus* (Linneé 1758), *Macrobrachium crenulatum* Holthuis 1950, *Macrobrachium faustinum* (De Sausure 1857), *Macrobrachium digueti* (Bouvier 1895), *Macrobrachium heterochirus* (Wiegmann 1836) y *Macrobrachium olferstii* (Wiegmann 1836).



Figura 1. *Atya scabra*. Río Jerez, departamento de La Guajira, Colombia. Foto: L. García-Melo.

CAMARONES

Macrobrachium acanthurus
(Wiegmann 1836)

Registros: quebrada Monomacho, Acandí (Chocó); ciénaga El Porro, Pueblo Nuevo e Isla Queso, San Bernardo del Viento (Córdoba); ciénaga la Caimanera entre Tolú y Coveñas, arroyo Corte Alto, Palo Alto, arroyos El Medio, Mondongo, El Palmar, Palenquillo, Pitabajo, Rico, Roseta, Sanguaré, Tigre y Torobé, San Onofre, en lagunas alrededor de Sincelejo, río Pechelín y arroyo Pechelín, Tolúviejo (Sucre); Barranquilla (Atlántico); Fundación, Pozos Colorados, río Mendiaguaca, Santa Marta, río Cinto, Los Cedros, Parque Nacional Natural Tayrona (Magdalena); río Ranchería, Riohacha, Maicao (La Guajira); quebradas Manzanillo y Pueblo Viejo (isla de Providencia).

Distribución: desde Carolina del Norte hasta Rio Grande do Sul, Brasil. En la literatura los registros para Colombia son: Fundación, Magdalena (Pearse 1915); Puerto Colombia, Sabanilla, Atlántico (Holthuis 1952). Ríos Córdoba y Gaira, Magdalena; ciénaga El Totumo y arroyo Matute, Bolívar; Caño Pechelín y ciénaga La Caimanera, Sucre (Martínez 1973); Noroeste de la Sierra Nevada de Santa Marta: ríos Buritaca, Manzanares, Piedras, Magdalena (Escobar 1979). Río Acandí, Chocó; ríos Sinú y San Jorge, Córdoba; río Pechelín, Sucre; río Ranchería, La Guajira (Valencia y Campos 2007).

Comentarios. *Macrobrachium acanthurus* reviste interés económico, especialmente por su amplia distribución y posibilidad de pesca durante todo el año. Otro aspecto importante de la ecología de esta especie es la capacidad de adaptación al agua salobre, factor indispensable que requieren las larvas para completar su ciclo de desarrollo (Melo 2003).

Macrobrachium carcinus (Linneus 1758)
(Figura 2)

Registros: quebradas La Carolina, Monomacho, La Piedrecita, Próspero, El Salto, Acandí (Chocó); río Sinú, Lorica (Córdoba); arroyo Colosó, arroyo Pechelín, Tolúviejo, arroyos Macumba, Rico, Tigre y Torobé, San Onofre (Sucre); arroyo en El Corral de San Luis, Tubará (Atlántico); Estación Bquerón, Ciénaga Grande de Santa Marta, río Gaira y Pozos Colorados, Santa Marta, río Cinto, Los Cedros, Parque Nacional Natural Tayrona (Magdalena); río Ranchería, Barrancas, ríos Guerrero y Ranchería, Riohacha, Cabo de la Vela, Uribia (La Guajira); quebradas Freshwater Bay, Old Town y San Felipe (isla de Providencia).

Distribución: desde Florida hasta Rio Grande do Sul, Brasil. En la literatura los registros para Colombia son: isla de Providencia (Benedict 1893, Coventry 1944). La Rosa, Santa Marta, Magdalena (Pearse 1915). Barranquilla, Atlántico. Santa Marta, Magdalena (Holthuis 1952). Río Ranchería, La Guajira; arroyos Cañaverl, Tayrona, ríos Aracataca, Buritaca, Córdoba, Fundación, Gaira, Sevilla, Magdalena; ciénaga El Totumo; arroyo Matute, Bolívar; arroyo Pechelín, Sucre (Martínez 1973). Noroeste de la Sierra Nevada de Santa Marta, ríos Buritaca, Guachaca, Manzanares, Mendiaguaca, Piedras, Magdalena (Escobar 1979). Río Cinto, Los Cedros, Parque Nacional Natural Tayrona, Magdalena (Galvis 1986). Río Acandí, Chocó; río Sinú, Lorica, Córdoba; río Don Diego, Santa Marta, Magdalena (Valencia y Campos 2007). Colectado recientemente en el Parque Nacional Natural Macuira (Caso de estudio 8.6, Lasso y Granados 2015)

Comentarios. *Macrobrachium carcinus* es una de las especies de mayor tamaño del



C. Granados-Martínez



Figura 2. *Macrobrachium carcinus*. Quebrada Valencia, departamento de Magdalena, Colombia. Foto: L. García-Melo.

género, registros de machos adultos alcanzan hasta 23 cm de LT (LT= medida desde el extremo anterior del rostro al extremo posterior del telson), de ahí su importancia económica. Al igual que *M. acanthurus*, esta especie también tiene la capacidad de adaptarse al agua salobre (Melo 2003).

Macrobrachium crenulatum
Holthuis 1950

Registros: quebradas La Carolina, Monomacho, Próspero, El Salto, Sardi y quebrada afluente del río Ciego, Acandí (Chocó);

río Cinto, Los Cedros, Parque Nacional Natural Tayrona (Magdalena) y río Negro, Riohacha (La Guajira).

Distribución: registra una distribución para Panamá, Colombia, Venezuela e islas del Caribe (Abele y Kim 1989). En la literatura los registros para Colombia son: Arroyo Matute, Turbaco, Bolívar (Martínez 1973). Noroeste de la Sierra Nevada de Santa Marta, los ríos Buritaca, Guachaca, Manzanares, Mendiaguaca, Piedras, Magdalena (Escobar 1979). Río Acandí, Chocó y el río Negro, La Guajira (Valencia y Campos 2007).

CAMARONES

Comentarios. Escobar (1979) registra para esta especie la preferencia por ambientes de tipo lótico y de fondo fango-arenoso y el uso de refugios en las riberas de los ríos o quebradas, bajo troncos, rocas u hojarasca. March *et al.* (1998) llevó a cabo un estudio con poblaciones de *M. crenulatum* y estableció el carácter anfídromo de las larvas, las cuales son liberadas por las hembras en corrientes de agua dulce y de forma pasiva éstas llegan a ambientes estuarinos, donde ocurre su desarrollo larvario. Una vez alcanzado el estado de postlarva realizan la migración río arriba.

Macrobrachium digueti (Bouvier 1895)

Registros: río Capurganá y quebrada del Acueducto, Acandí (Chocó)

Distribución: región del Pacífico, desde Baja California hasta Perú (Holthuis 1952, Wicksten y Hendrickx 2003, Hernández *et al.* 2007). Campos (2014) registra esta especie para Acandí, Chocó (vertiente del Caribe).

Macrobrachium faustinum
(De Saussure 1857)

Registros: río Mendihuaca, Santa Marta (Magdalena); arroyos Gamadith, Bowden, Old Town, Fresh Water Bay, Salt Creek (isla de Providencia).

Distribución: desde Florida hasta Venezuela, incluidas las islas del Caribe (Holthuis 1952, Martínez 1973, Pereira 1991). En la literatura los registros para Colombia son: arroyo Coquito, Parque Nacional Natural Tayrona y el río Córdoba, Magdalena (Martínez 1973). Noroeste de la Sierra Nevada de Santa Marta, ríos Buritaca, Guachaca, Manzanares, Piedras, Magdalena (Escobar 1979). Quebrada Ma-

matoco, Santa Marta, Magdalena; quebrada Pueblo Viejo, isla de Providencia (Valencia y Campos 2007).

Comentarios. Escobar (1979) describe como ambiente preferencial para esta especie sitios de corriente y remansos con fondo arenoso, usualmente viven en troncos, bajo rocas u hojarasca como protección.

Macrobrachium heterochirus
(Wiegmann 1836)

Registros: arroyos Cascajo, Rico, San Onofre (Sucre); río Cinto, Los Cedros, Parque Nacional Natural Tayrona (Magdalena); Riohacha y Barrancas (La Guajira).

Distribución: desde México hasta el sur de Brasil, incluidas las Antillas Mayores (Holthuis 1952, Rodríguez 1981, Melo 2003). En la literatura los registros para Colombia son: noroeste de la Sierra Nevada de Santa Marta, ríos Buritaca, Guachaca, Manzanares, Piedras, Magdalena (Escobar 1979). Río Acandí, Chocó; río Guaguaquí, Cundinamarca; ríos Guarinó y La Miel, Caldas; río Suárez, Santander (Valencia y Campos 2007).

Comentarios. Escobar (1979) registra como hábitat para *M. heterochirus* sitios de corriente con fondo rocoso o arenoso, usualmente viven bajo piedras en sitios de fuerte corriente.

Macrobrachium olfersii
(Wiegmann 1836)
(Figura 3)

Registros: río Capurganá y quebrada La Carolina, Acandí (Chocó); ciénaga de Loric, Loric y Tierralta (Córdoba); arroyos Cascajo, Roseta, Torobé, San Onofre (Sucre); río Piedras, Santa Marta (Magdale-



C. Granados-Martínez



Figura 3. *Macrobrachium olfersii*. Río Jerez, departamento de La Guajira, Colombia. Foto: L. García-Melo.

na); río Ranchería, Riohacha (La Guajira); arroyos Bowden Old Town, Fresh Water Bay, Salt Creek (isla de Providencia).

Distribución: desde Carolina del Norte hasta Rio Grande do Sul, Brasil (Holthuis 1952, Nizinski 2003, Melo 2003). En la literatura los registros para Colombia son: cerca a Santa Marta, Magdalena (Pearse 1915). La Guajira (Chace y Holthuis, 1948). Arroyos Cañaveral y Coquito, Parque Nacional Natural Tayrona, río Gaira, Magdalena; ciénaga El Totumo, arroyo Matute-Turbaco, Bolívar (Martínez 1973). Noroeste de la Sierra Nevada de Santa Marta, ríos Buritaca, Guachaca, Manzanares, Mendiguaca, Piedras, Magdalena (Escobar 1979); río Guachaca y quebrada Mamatoco, Santa Marta, quebrada Gayraca, Nenguange, Parque Nacional Natural Tayrona y Buritaca, Magdalena; río Ranchería, Riohacha, La Guajira (Valencia y Campos, 2007).

Comentarios. Escobar (1979) describe el hábitat de *M. olfersii* asociado a los am-

bientes de tipo lótico con fondo arenoso, rocoso o fango-arenoso y su preferencia por vivir cerca a las desembocaduras de los ríos. Por su parte, Melo (2003) la asocia a aguas transparentes con fondos arenosos, vegetación marginal y señala el requerimiento de las larvas por ambientes con alta salinidad, para poder alcanzar su estado adulto. Esto coincide con lo registrado por Escobar (1979), sobre la preferencia de estos organismos por vivir cerca de las desembocaduras de los ríos, donde usualmente la salinidad es mayor.

Vertiente o cuenca del Pacífico

Familia Atyidae

La familia Atyidae está representada por las especies: *Atya crassa* (Smith 1871) y *Potimirim glabra* (Kingsley 1878).

Atya crassa (Smith 1871)

Registros: un solo registro para el río Calima, Bajo Calima, Buenaventura (Valle del Cauca).

CAMARONES

Distribución: desde México hasta Ecuador en la vertiente del Pacífico. Hay un único registro para Panamá de la vertiente del Caribe (Hobbs y Hart 1982).

Potimirim glabra (Kingsley 1878)

Registros: un registro para el caño Tumarodó, Parque Nacional Natural Los Katíos (Chocó).

Distribución: Antillas Mayores, Menores, México, América Central, Colombia, incluyendo la vertiente del Caribe, Brasil. Adicionalmente existen registros para El Salvador, Nicaragua (localidad típica), Costa Rica, Colombia y Ecuador en la vertiente del Pacífico.

Familia Palaemonidae

La familia Palaemonidae está representada por siete especies en la región pacífica colombiana: *Macrobrachium americanum* Bate 1868, *Macrobrachium digueti* (Bouvier 1895), *Macrobrachium hancocki* Holthuis 1950, *Macrobrachium panamense* Rathbun 1912, *Macrobrachium rathbunae* Holthuis 1950, *Macrobrachium tenellum* (Smith 1871) y *Macrobrachium transandicum* Holthuis 1950.

Macrobrachium americanum Bate 1868

Registros: quebrada El Chocolatal, Bahía Solano (Chocó); río Dagua, Dagua (Valle del Cauca); isla Gorgona, Guapi y el río Guapi, Temuey, Guapi (Cauca).

Distribución: región del Pacífico, desde Baja California hasta Perú, incluidas las Islas Gorgona y Galápagos (Holthuis 1952, Wicksten 1989, Prahl *et al.* 1978). En la literatura los registros para Colombia son: Puerto Utría, Chocó; isla Gorgona, Guapi, Cauca (Holthuis 1952, Prahl *et al.* 1978).

Río Escalarete, Valle del Cauca (Prahl *et al.* 1984). La Aguada, Ensenada de Utría, río Pepe, Bajo Baudó, Chocó; río Cajambre, Caimancito, quebrada en Bahía Málaga, caño en Las Tres Marías, quebrada La Alegría, Valle del Cauca, río Guapi, Guapi, Cauca (Valencia y Campos 2007).

Comentarios. *Macrobrachium americanum* está asociado a ríos de gran caudal. Las hembras realizan migraciones hacia las desembocaduras de los ríos, buscando aguas salobres para liberar sus larvas. Por su gran talla es una especie de importancia económica, en el Pacífico es objeto de pesca de artesanal (Usma-Oviedo *et al.* 2009).

Macrobrachium digueti (Bouvier 1895)
(Figura 4)

Registros: *Macrobrachium digueti* fue registrada por primera vez para San José, al suroeste de Colombia, pero sin una localización precisa (Holthuis 1952). Prahl *et al.* (1984), registraron esta especie para el río Calima, Valle del Cauca. Campos (2014) establece dos nuevos registros para el río Capurganá y la quebrada del Acueducto de Acandí, Chocó.

Distribución: se distribuye en la región del Pacífico, desde Baja California hasta Perú (Holthuis 1952, Wicksten y Hendrickx 2003, Hernández *et al.* 2007). Campos (2014) registra esta especie para Acandí, Chocó (vertiente del Caribe).

Comentarios. El material registrado (2 machos, 3 hembras) para el río Calima, Valle del Cauca (Prahl *et al.* 1984), fue depositado en el Museo de Biología Marina, Universidad del Valle, Cali (CRBMUV). Valencia y Campos (2007) examinaron la colección CRBMUV pero los especímenes de *M. digueti* no fueron encontrados.



C. Granados-Martínez



Figura 4. *Macrobrachium digueti*. Isla Gorgona, Colombia. Foto: J. F. Blanco.

Macrobrachium hancocki Holthuis 1950

Registros: río Cupica y la quebrada El Chorro, Bahía Solano (Chocó).

Distribución: región del Pacífico, desde Costa Rica hasta Perú, incluidas las islas de Galápagos y Gorgona (Holthuis 1952, Prahl *et al.* 1978, Méndez 1981). En la literatura los registros para Colombia son: Bahía Cubita; isla Gorgona, Cauca (Holthuis 1952). isla Gorgona, Cauca (Prahl *et al.* 1978). Río Calima, Valle del Cauca (Prahl *et al.* 1984). Bahía Solano, Chocó (Valencia y Campos 2007).

Macrobrachium panamense
Rathbun 1912

Registros: río Calima-San Juan, Palestina, caño Tumarodó, Parque Nacional Na-

tural Los Katíos, Ensenada de Catripe y río Baudó, Bajo Baudó (Chocó); río Guapi, Temuey, Guapi (Cauca).

Distribución: región del Pacífico, desde Honduras hasta Perú, incluida la isla Gorgona (Holthuis 1952, Prahl *et al.* 1978, Méndez 1981). En la literatura los registros para Colombia son: Río Rosario, al oeste de Colombia (Holthuis 1952). Isla Gorgona, Cauca (Prahl *et al.* 1978). Caño Veneno, Bahía de Buenaventura, Valle del Cauca (Prahl *et al.* 1984). Río San Juan, Chocó y río Guapi, Cauca (Valencia y Campos 2007).

Macrobrachium rathbunae
Holthuis 1950

Registros: río Capurganá, las quebradas La Carolina, El Regalo, Acandí, río Condo-

CAMARONES



C. Granados-Martínez

to, Alto Baudó, río Baudó, Bajo Baudó, río San Juan, Condoto-Itsmina, quebrada La Vaca, afluente del río San Juan, Condoto, río Profundó, afluente del río San Juan, Istmina-Tadó, quebradas La Isidra y Los Pachos, Itsmina (Chocó); isla Gorgona, Guapi (Cauca); ríos Inda, Mira, Tumaco (Nariño).

Distribución: desde Panamá hasta Ecuador, incluidas la isla Gorgona e Isla Palma (Holthuis 1952, Abele y Kim 1989, Valencia y Campos 2007). En la literatura los registros para Colombia son: río Alto San Juan, Istmina, Chocó; río Dagua, Buenaventura, Valle del Cauca; río Telembí, San Lorenzo, Nariño (Holthuis 1952). Valle del Cauca (Prahl *et al.* 1984). Quebrada Aribí, Llano Bajo, río Sabaleta Alto, Buenaventura, río Cajambre, Caimancito, Isla Palma, Bahía Málaga, río Calima, Calima, Valle del Cauca; isla Gorgona (Valencia y Campos 2007).

Macrobrachium tenellum (Smith 1871)

Registros: río Inda, Tumaco (Nariño).

Distribución: desde Baja California hasta Perú (Holthuis 1952, Weicksten 1989). En la literatura los registros para Colombia son: río San Juan, Puerto Negría, cerca a Buenaventura, Valle del Cauca; río Telembí, cerca a San Lorenzo, Nariño (Holthuis 1952). Río Calima (Prahl *et al.* 1984).

Macrobrachium transandicum
Holthuis 1950

Registros: quebrada La Carolina, Acandí y el río Baudó, Alto Baudó (Chocó).

Distribución: desde Colombia hasta Perú (Holthuis 1952, Méndez 1981). En la literatura los registros para Colombia son: río San Juan, Puerto Negría, al norte de

Buenaventura, Valle del Cauca; río Telembí, afluente del río Patía, cerca a San Lorenzo, Nariño (Holthuis 1952). Cisneros (= Juntas), río Dagua, 33 millas al interior de Buenaventura, Valle del Cauca (Holthuis 1952, Prahl *et al.* 1984). Tribugá, Chocó (Valencia y Campos 2007).

Importancia de los camarones y recomendaciones para su estudio y conservación

Sin duda alguna las vertientes Caribe y Pacífico de Colombia tienen una elevada riqueza de camarones de agua dulce, considerando todos los ríos, arroyos y quebradas pericontinentales estudiados. Si bien el esfuerzo de muestreo fue diferencial y por ende el análisis de las colecciones realizadas en ambas vertientes no es comparable a objeto de determinar patrones de diversidad a distintas escalas (alfa, beta y gama), si se puede establecer ciertas tendencias entre los arroyos y quebradas de la isla de Providencia y los dos ríos de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM), ya que en ambas localidades las colecciones provienen de muestreos estandarizados mediante la aplicación de la electropesca, sistema muy eficiente para este tipo de organismos. Los dos ríos de la SNSM (Mendihuca-R20 y Piedras-R21) (Anexo 2 y 3) que son de mayor porte que las quebradas y arroyos de Providencia, mostraron una riqueza de seis y siete especies, respectivamente, valores similares a otros ríos costeros estudiados mediante el mismo método en el Caribe central de Venezuela (7 sp.) (Penczak y Rodríguez 1990). Los arroyos y quebradas de Providencia, mucho más pequeños, mostraron una riqueza menor (1-3 especies).

La función y la importancia ecológica de los camarones no ha sido debidamente evaluada en este tipo de sistemas lóticos,

a pesar de que en algunos arroyos y quebradas costeras superan incluso a los peces, en términos de riqueza, abundancia y biomasa. Por ejemplo, los valores estimados para un pequeño río costero caribeño de Venezuela son ilustrativos: 60-233 g/100 m² y 118-285 ind./100 m² (Penczak y Rodríguez op. cit.), cifras que revelan un enorme potencial ecológico y hasta pesquero, por supuesto a nivel de subsistencia. A nivel de sistemas, las quebradas (12 especies) y arroyos (11 especies) que a efectos tipológicos y ecológicos pueden considerarse como un mismo tipo, mostraron en conjunto 13 especies. Los ríos -de mayor porte que las quebradas y arroyos- presentaron una mayor riqueza (17 especies). Los datos sobre los caños y ciénagas son solo ilustrativos y no son considerados en el análisis por no estar debidamente muestreados (Tabla 1).

Los camarones constituyen un elemento fundamental en la pesca de subsistencia local en ambas cuencas, particularmente los ejemplares más grandes de *Macrobrachium* (p. e. *M. carcinus* en ríos del Caribe) (Lasso obs. pers.) o *M. americanum* en el Pacífico, tanto en la parte media del río o en la baja, cuando realizan sus migraciones con fines reproductivos a las aguas salobres cerca de la desembocadura. Allí los adultos son capturados mediante artes de pesca tradicionales como catangas y arpones (Figura 5 a-c). Mención especial requiere la pesca de las post-larvas de las especies del género *Macrobrachium* junto con las de los peces del género *Sicydium*. En el norte del Pacífico colombiano, la pesca se realiza en las desembocaduras de los principales ríos costeros (p. e. Valle, Jurado y Jurubidá) y hacia el sur las capturas se realizan no solo en las desembocaduras

sino también aguas arriba, como San Isidro en el Calima, San Antonio en Yurumanguí y San Isidro en Cajambre. Estas pescas realizadas por los indígenas y afrodescendientes, se conoce localmente como “viuda” en el Chocó y “chaupisa” en los ríos del Valle del Cauca (Sánchez-Garcés *et al.* 2011) (Figura 5 d-e). Esta actividad tiene lugar durante todos los meses en el norte en las épocas de puja (cercanas a los días de luna llena) y hacia la Cuaresma en el sur. En los ríos de la SNSM tiene lugar un fenómeno similar, por lo general asociado (posterior) a las lluvias en las cabeceras de los ríos, y el producto de la pesca es comercializado en Santa Marta (Silva-Melo y Acero 1990, Acero com. pers.).

Las desembocaduras de los ríos, arroyos y quebradas costeras de ambas vertientes en general están bien conservadas, aunque los sistemas del Pacífico muestran menos amenazas en comparación con los de Caribe (Gutiérrez *et al.* 2011). Para la región insular, Gorgona muestra un excelente estado de conservación y en el caso de Providencia, las amenazas y recomendaciones para la conservación son discutidas en detalle en el caso de estudio de Peces del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (ver Lasso *et al.* 2015, caso 8.5).

Por último, se recomienda hacer más prospecciones faunísticas en ambas vertientes, incluyendo no solo las desembocaduras, sino las partes medias y altas de los ríos, arroyos y quebradas. Particular atención merecen todas las investigaciones referentes a los componentes biológicos y ecológicos, así como estudios de uso (pesquerías de subsistencia y artesanales para la comercialización).

CAMARONES



C. Granados-Martínez



Figura 5. a) Pesca de camarones con catanga en un río del Pacífico; b) pesca con catanga en un afluente de río Cajambre, vertiente Pacífico; c) pesca con arpón, río Valle, vertiente Pacífico; d) pesca de “chaupisa” en san Antonio de Yurumanguí, vertiente pacífico; e) pesca de la “viuda” en la desembocadura del río Valle, vertiente pacífico; f) Fila superior-centros *Macrobrachium faustinum*, derecha *Atya scabra*. En la fila inferior tres individuos grandes *Macrobrachium acanthurus*, colectados en la quebrada Valencia, SNSM. Fotos: G. Sánchez-Garcés (a, b, d, e), G. Urrea (c), C. A. Lasso (f).

Bibliografía

- Abele, L. G. y W. Kim. 1989. The decapod crustaceans of the Panama Canal. *Smithsonian Contributions to Zoology* 482: 1-50.
- Bate, C. S. 1868. On a new genus, with four new species, of freshwater Prawns. *Proceedings of the Zoological Society of London* 1868: 363-368.
- Benedict, J. E. 1893. Notice of the crustaceans collected by the United States scientific expeditions to the West Coast of Africa. *Proceedings of the United States National Museum* 16: 535-541.
- Bouvier, E. L. 1895. Sur les Palémons recueillis dans le eaux douces de la Basse-Californie par M. Diguët. *Bulletin du Muséum d'Histoire Naturelle* 1: 159-162.
- Campos, M. R. 2014. New records of *Macrobrachium digueti* (Bouvier, 1895) for Colombia (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias* 38 (147): 191-194.
- Chace, F. A. y L. B. Holthuis. 1948. Land and Fresh Water Decapod Crustacea from the Leeward group and northern South America. In: P. Wagenaar Hummelinck, *Studies on the Fauna of Curaçao, Aruba, Bonaire and the Venezuelan Islands* 3: 21-28.
- Coventry, G. A. 1944. The Crustacea. Results of the Fifth George Vanderbilt Expedition (1941) (Bahamas, Caribbean Sea, Panamá, Galápagos Archipiélago and Mexican Pacific Islands). *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 6: 531-544.
- Escobar, J. G. 1979. Carideos (Palaemonidae y Atyidae) en los ríos de la región de Santa Marta. *Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta de Betín* 11: 97-133.
- Galvis, G. 1986. Fauna dulceacuícola del Parque Tayrona. *Caldasia* 15: 445-450.
- Gutiérrez, F. de P., A. Ortega-Lara, G. C. Sánchez-Garcés y C. Barreto. 2011. Diagnóstico de la pesquería en la vertiente del Pacífico. Pp. 121-140. En: Lasso, C. A., F. de P. Gutiérrez, M. A. Morales-Betancourt, E. Agudelo-Córdoba, H. Ramírez-Gil y R. Elena Ajíaco-Martínez (Eds.). II. Pesquerías continentales de Colombia: cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertiente del Pacífico. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.
- Herbst, J. F. W. 1791-1796. Versuch einer Naturgeschichte der Krabben und Krebse nebst einer systematischen Beschreibung ihrer verschiedenen. *Arten* 2 (8): 1-266.
- Hernández, L., G. Murugan, G. Ruiz-Campos y A. M. Maeda-Martínez. 2007. Freshwater shrimp of the genus *Macrobrachium* (Decapoda: Palaemonidae) from the Baja California Peninsula, México. *Journal of Crustacean Biology* 27 (2): 351-369.
- Hobbs, H., Jr. y C. W. Hart, Jr. 1982. The shrimp genus *Atya* (Decapoda: Atyidae). *Smithsonian Contributions to Zoology* 364: 1-152.
- Holthuis, L. B. 1950. Preliminary descriptions of twelve new species of Palaemonid prawns from American waters (Crustacea, Decapoda). *Proceedings Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen* 53: 93-99.
- Holthuis, L. B. 1952. A general revision of the Palaemonidae (Crustacea: Decapoda: Natantia) of the Americas. II. The subfamily Palaemoninae. *Allan Hancock Foundation Publications, Occasional Papers* 12: 1-396.
- Kingsley, J. S. 1878. Notes of the North American Caridean in the Museum of the Peabody Academy of Sciences at Salem, Mass. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences Philadelphia* 30: 89-98.
- Lasso, C. A., F. A. Villa-Navarro, A. Aceiro-P., P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt, y N. Bolaños. 2015. Peces de los ríos, quebradas y arroyos costeros del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Colombia: biodiversidad y conservación. Pp. 277 - 292. En: Lasso, C. A., J. F. Blanco-Libreros y P. Sánchez-Duarte. (Editores). 2015. XII. Cuencas pericontinentales de Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela: tipología, biodiversidad, servicios ecosistémicos y sostenibilidad

CAMARONES



C. Granados-Martínez

- de los ríos, quebradas y arroyos costeros. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
- Leach, W. E. 1816. *Atya*. Encyclopaedia Britannica. Supplement to the fourth, fifth and sixth. Ed. Edinburgh, Archibald Constable Co 1: 1-421.
 - Linnée, E. C. 1758. *Systema Naturae per regna tria Naturae, secundum Classes, Ordines, Genera, Species, cum Characteribus, Differentiis, Synonymis, Locis*, ed. 10. 1: 1-824.
 - March, J., P. Benstead, M. Pringle y M. Scatena. 1998. Migratory drift of larval freshwater shrimps in two tropical streams, Puerto Rico. *Freshwater Biology* 40: 261-273.
 - Martínez, L. E. 1973. Distribución biogeográfica de camarones de agua dulce del género *Macrobrachium* Bate, 1868 (Crustacea, Palaemonidae) en el norte de Colombia. *Divulgación Pesquera* 4: 1-12.
 - Melo, G. A. S. 2003. Familias Atyidae, Palaemonidae e Sergestidae. Pp 289-415. *En: Manual de identificação dos Crustacea Decapoda de agua doce do Brasil*. Loyola Edit. Sao Paulo.
 - Méndez, M. 1981. Claves de identificación y distribución de los langostinos y camarones (Crustacea: Decapoda) del mar y ríos de la costa del Perú. *Boletín del Instituto del Mar, Callao, Peru* 5: 1-170.
 - Nizinski, M. S. 2003. Annotated checklist of decapod crustaceans of Atlantic coastal and continental shelf waters of the United States. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 116: 96-157.
 - Pearse, A. S. 1915. An account of the Crustacea collected by the Walker Expedition to Santa Marta, Colombia. *Proceedings of the United States National Museum* 49: 531-556.
 - Penczack, T. y G. Rodríguez. 1990. The use of electrofishing to estimate population densities of freshwater shrimps (Decapoda, Natantia) in a small tropical river, Venezuela. *Archiv für Hydrobiologie* 118 (4): 501-509.
 - Pereira, G. 1991. Camarones de agua dulce de Venezuela II: nuevas adiciones en las familias Atyidae y Palaemonidae (Crustacea: Decapoda: Caridea). *Acta Biológica Venezolana* 13: 75-88.
 - Prael, H., M. Groggl y F. Guhl. 1978. Carideos (Decapodos, Natantia, Palaemonidae) de Gorgona. *Cespedesia* 7: 49-69.
 - Prael, H., C. Caicedo y R. Ríos. 1984. Camarones palaemónidos (Crustacea, Caridea, Palaemonidae) de agua dulce y salobre del Departamento del Valle del Cauca. *Cespedesia* 13: 45-58.
 - Rathbun, M. J. 1912. New Decapod Crustaceans from Panama. *Smithsonian Miscellaneous Collections* 59: 1-3.
 - Rodríguez, G. 1981. Decapoda. Pp 41-51. *En: Hurlbert, S. H., G. Rodríguez y N. D. Santos* (Eds). *Aquatic Biota of Tropical South America, Part I: Arthropoda*. San Diego State University, San Diego, California.
 - Sánchez-Garcés, G. C., G. A. Castellanos-Galindo, B. S. Beltrán-León y L. A. Zapata-Padilla. 2011. Aspectos relacionados con la pesca de juveniles de gobiidos diádromos (Perciformes: Gobiidae) en ríos costeros de la vertiente Pacífico de Colombia. Pp. 283-289. *En: Lasso, C. A., F. de P. Gutiérrez, M. A. Morales-Betancourt, E. Agudelo-Córdoba, H. Ramírez-Gil y R. Elena Ajiaco-Martínez* (Eds.). *II. Pesquerías continentales de Colombia: cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertiente del Pacífico*. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.
 - Saussure, H. de. 1857. Diagnoses de quelques crustacés nouveaux de l'Amérique tropicale. *Revue et Magazine de Zoologie Pure et Appliquée*, series 2, 9: 501-505.
 - Silva-Melo, L. y A. Acero. 1990. Sistemática, biología y ecología del tití, *Sicydium antillarum* Grant (Pisces: Gobiidae) en la región de Santa Marta, Colombia. *Boletín del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras* 19-20: 153-172.
 - Smith, S. I. 1871. List of the Crustacea collected by J. A. McNeil in Central America. *Annual Report of the Peabody Academy of Science* 1869: 87-98.
 - Usma-Oviedo, M. C., J. S. Usma, B. E. Arias y Comunidad Indígena Tío Silirio. 2009. Plantas y animales silvestres aprovechadas por la comunidad Tío Silirio. Embajada de los Países Bajos, Ecofondo, Cabildo Indígena Tío Silirio y WWF Colombia. Santiago de Cali. 94 pp.
 - Valencia, D. M. y M. R. Campos. 2007. Freshwater prawns of the genus *Macrobrachium* Bate, 1868 (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) of Colombia. *Zootaxa* 1456: 1-44.
 - Wicksten, M. K. 1989. A key to the Palaemonid Shrimp of the Eastern Pacific Region. *Bulletin Southern California Academy of Science* 88: 11-20.
 - Wicksten, M. K. y M. E. Hendrickx. 2003. An updated checklist of benthic marine and brackish water shrimps (Decapoda: Penaeoidea, Stenopodidea, Caridea) from the Eastern Tropical Pacific. *Contributions to the Study of East Pacific Crustaceans* 2: 49-76.
 - Wiegmann, A. F. 1836. Beschreibung einiger neuen Crustaceen des Berliner Museums aus Mexico und Brasilien. *Archiv für Naturgeschichte* 2: 145-151.

CAMARONES

Anexo 1. Riqueza de camarones de agua dulce por cuencas o vertientes (Caribe y Pacífico) y distribución de las especies en los ríos, quebradas, arroyos, caños y ciénagas analizadas en este estudio.

Número	Especie	Caribe	Pacífico	Ríos (R)	Quebradas (Q)	Arroyos (A)	Caños (C)	Ciénagas (Ci)
1	<i>Atya crassa</i>		x	30				
2	<i>Atya innocous</i>	x		21	13			
3	<i>Atya scabra</i>	x		13, 20, 23	18	4, 5, 7		
4	<i>Potimirin glabra</i>	x	x	13	2, 8, 10			
5	<i>Macrobrachium acanthurus</i>	x		2, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 19, 20, 21, 23, 28	6, 14, 15	1, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25		1, 3, 5
6	<i>Macrobrachium americanum</i>		x	1, 7, 29, 31, 32	1, 3, 20	3		
7	<i>Macrobrachium carcinus</i>	x		2, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22	2, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 15, 16	1, 8, 10, 11, 14, 19, 21, 24		
8	<i>Macrobrachium crenulatum</i>	x		2, 12, 13, 18, 19, 20, 21, 24	2, 6, 9, 11, 12	1, 2		
9	<i>Macrobrachium digueti</i>	x	x	4, 30				
10	<i>Macrobrachium faustinum</i>	x		12, 14, 18, 19, 20, 21	13, 15, 17	4, 5, 6, 7, 9, 11, 21		
11	<i>Macrobrachium hancocki</i>		x	6, 30	1, 4	3		
12	<i>Macrobrachium heterochirus</i>	x		2, 12, 13, 18, 19, 21		10, 21		
13	<i>Macrobrachium offersii</i>	x		4, 12, 17, 18, 19, 20, 21, 23	2	1, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 22, 25		1, 2
14	<i>Macrobrachium panamense</i>		x	1, 3, 9	1	3	1, 2	
15	<i>Macrobrachium rathbunae</i>		x	3, 4, 5, 8, 9, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 33	1, 2, 5, 7, 10, 19, 26	3		
16	<i>Macrobrachium tenellum</i>		x	25, 27, 30, 34				
17	<i>Macrobrachium transandicum</i>		x	3, 27, 31, 34				
TOTAL	10 sp.	9 sp.	17 sp.	12 sp.	11 sp.	1 sp.	2 sp.	

Anexo 2. Codificación por ríos, quebradas y arroyos para los departamentos considerados en este estudio.

Código	Ríos	Código	Ríos	Código	Quebradas	Código	Quebradas	Código	Arroyos
R1	Cauca	R18	Guachaca		Cauca		Isla de Providencia		Bolívar
	Guapi	R19	Manzanares	Q1	Isla Gorgona	Q13	Agua Dulce	A1	Matute
	Chocó	R20	Mendihuaca		Chocó	Q14	Manzanillo	A2	Turbaco
R2	Acandí	R21	Piedras	Q2	La Carolina	Q15	Pueblo Viejo		Cauca
R3	Baudó	R22	Sevilla	Q3	El Chicolatal	Q16	San Felipe	A3	Isla Gorgona
R4	Capurganá		La Guajira	Q4	El Chorro		Magdalena		Isla de Providencia
R5	Condoto	R23	Ranchería	Q5	La Isidra	Q17	Mamatoco	A4	Bowden Old Town
R6	Cupica	R24	Negro	Q6	Monomacho	Q18	Oriente	A5	Fresh Water
R7	Pepe		Nariño	Q7	Los Pachos		Valle del Cauca	A6	Gamadith
R8	Profundó	R25	Inda	Q8	La Piedrecita	Q19	Aribí	A7	Salt Creek
R9	San Juan	R26	Mira	Q9	Próspero	Q20	La Alegria		Magdalena
	Córdoba	R27	Telembí	Q10	El Regalo			A8	Cañaveral
R10	San Jorge		Sucre	Q11	El Salto			A9	Coquito
R11	Sinú	R28	Pechelín	Q12	Sardi			A10	Tayrona
	Magdalena		Valle del Cauca						Sucre
R12	Buritaca	R29	Cajambre					A11	Cascajo
R13	Cinto	R30	Calima					A12	Colosó
R14	Córdoba	R31	Dagua					A13	Corte Alto
R15	Don Diego	R32	Escalere					A14	Macumba
R16	Fudación	R33	Sabanaleta Alto					A15	El Medio
R17	Gaira	R34	San Juan					A16	Mondongo
								A17	El Palmar

C. Granados-Martinez



CAMARONES



C. Granados-Martínez

Anexo 3. Codificación, nombre y coordenadas de los ríos, quebradas y arroyos considerados en este estudio.

Sigla Localidad	Departamento	Municipio	Localidad	Coordenadas					
				Norte		Oeste			
				°	'	°	'		
PVA - 17	Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Providencia y Santa Catalina	Gamadith 01	13	20	34,3	81	22	24
PVA - 17B	Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Providencia y Santa Catalina	Gamadith 02	13	20	4,5	81	22	45,7
PV - 17D	Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Providencia y Santa Catalina	Gamadith 04	13	19	41	81	22	39,9
PV - 18	Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Providencia y Santa Catalina	Manzanillo 01	13	19	34	81	23	10,2
PV - 19	Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Providencia y Santa Catalina	Manzanillo 03	13	19	47,9	81	22	51,3
PV - 20	Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Providencia y Santa Catalina	Salt Creek 01	13	21	33,5	81	23	33,6
PV - 21	Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Providencia y Santa Catalina	Salt Creek 02	13	21	41,5	81	23	39,9
PV - 22	Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Providencia y Santa Catalina	Fresh Water 01	13	20	54,3	81	23	32,4
PV - 23	Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Providencia y Santa Catalina	Fresh Water 02	13	20	47,1	81	23	28,1
PV - 24	Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Providencia y Santa Catalina	Fresh Water 03	13	20	54,4	81	23	40,1
PV - 25	Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Providencia y Santa Catalina	Bowden Old Town	13	22	16,2	81	22	44,7
PV - 26	Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Providencia y Santa Catalina	Gamadith 05	13	19	45,3	81	22	43,4
SMTA-5	Magdalena	Santa Marta	Río Mendihuaca	11	16	18,4	73	51	53,8
SMTA-6	Magdalena	Santa Marta	Río Piedras	11	16	54,9	73	54	29,3

Anexo 3. Continuación.

Sigla Localidad	Departamento	Municipio	Localidad	Coordenadas					
				Norte		Oeste			
				°	'	°	'		
SMTA-7	Magdalena	Santa Marta	Boca río Piedras	11	17	49,1	73	53	34,5
CQT1	Sucre	Palo Alto	Arroyo Chiquito, vía Sincelejo-Cartagena	9	51	18,99	75	24	17,4
CLT1	Sucre	Palo Alto	Arroyo Corte Alto, vía Sincelejo-Cartagena	9	50	29,69	75	25	0,6
MON1	Sucre	San Onofre	Arroyo Mondongo	9	43	17,31	75	38	17,54
MON2	Sucre	San Onofre	Arroyo Mondongo	9	42	57	75	38	43,39
MON3	Sucre	San Onofre	Arroyo Mondongo	9	42	33,51	75	39	7,08
ROS1	Sucre	San Onofre	Arroyo Roseta	9	43	47,52	75	39	13,26
ROS2	Sucre	San Onofre	Arroyo Roseta	9	43	42,47	75	39	17,57
ROS3	Sucre	San Onofre	Arroyo Roseta	9	43	41,42	75	39	15,21
ROS4	Sucre	San Onofre	Arroyo Roseta	9	43	33,99	75	39	18,67
ROS5	Sucre	San Onofre	Arroyo Roseta	9	43	12,36	75	39	19,64
ROS6	Sucre	San Onofre	Arroyo Roseta	9	42	37,71	75	39	23,35
SAL1	Sucre	San Onofre	Arroyo Boca el salado	9	41	4,77	75	36	15,94
RIC1	Sucre	San Onofre	Arroyo Rico, vía San Onofre - Rincón del Mar	9	43	52,43	75	32	53,07
TRG1	Sucre	San Onofre	Arroyo Tigre, vía San Onofre - Rincón del Mar	9	44	9,54	75	34	24,5
PLM1	Sucre	San Onofre	Arroyo El Palmar, vía San Onofre - Rincón del Mar	9	44	0,12	75	35	22,81
MED1	Sucre	San Onofre	Arroyo del Medio, vía San Onofre - Rincón del Mar	9	44	27,25	75	36	28,22
MON1	Sucre	San Onofre	Arroyo Mondongo	9	43	17,31	75	38	17,54
MON2	Sucre	San Onofre	Arroyo Mondongo	9	42	57	75	38	43,39

CAMARONES

Anexo 3. Continuación.

Sigla Localidad	Departamento	Municipio	Localidad	Coordenadas					
				Norte		Oeste			
				°	'	''	°	'	''
MON3	Sucre	San Onofre	Arroyo Mondongo	9	42	33,51	75	39	7,08
ROS1	Sucre	San Onofre	Arroyo Roseta	9	43	47,52	75	39	13,26
ROS2	Sucre	San Onofre	Arroyo Roseta	9	43	42,47	75	39	17,57
ROS3	Sucre	San Onofre	Arroyo Roseta	9	43	41,42	75	39	15,21
ROS4	Sucre	San Onofre	Arroyo Roseta	9	43	33,99	75	39	18,67
ROS5	Sucre	San Onofre	Arroyo Roseta	9	43	12,36	75	39	19,64
ROS6	Sucre	San Onofre	Arroyo Roseta	9	42	37,71	75	39	23,35
SAL1	Sucre	San Onofre	Arroyo Boca el salado	9	41	4,77	75	36	15,94



Vía quebrada Valencia. Foto: P. Sánchez-D.



Río Jerez, La Guajira, Colombia. Foto: P. Sánchez-D.

M. Longo



5. LA ENTOMOFAUNA Y OTROS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE SISTEMAS INSULARES Y PERICONTINENTALES DE LAS CUENCAS PACÍFICO Y CARIBE, COLOMBIA

Magnolia Longo, Daniela Cortés-Guzmán, Eliana Contreras, Ángela Motta, Juan Felipe Blanco-Libreros, Carlos A. Lasso y Rodulfo Ospina

Introducción

En las islas, los factores naturales que determinan la diversidad asociada a la riqueza de taxones y a la abundancia de los macroinvertebrados, son tanto variables geológicas, geográficas y ecosistémicas, como los rasgos biológicos de las especies y las relaciones intra e interespecíficas. De esta manera, a escala de la isla, la edad geológica (Covich 2006), el viento (Townsend *et al.* 2003), el área y la insularidad relativa (McArthur y Wilson 1967), son los factores más relevantes. A escala de ríos de porte pequeño y quebradas, las variables que más influyen son, las crecidas, cambios en la pendiente del cauce (canal) o de las riberas, variaciones en la vegetación ribereña, discontinuidad hídrica, cascadas, química del agua y la composición del sustrato, entre otras (Fièvet *et al.* 2001, Joy *et al.* 2001, Blanco y Scatena 2006). De los rasgos biológicos, algunos ejemplos son el tipo de dispersión -pasiva o activa- (Covich 2006, Covich y McDowell 1996) y el período de vida de las larvas (Grantham *et al.* 2003, Reuschel 2008). Una revisión sobre este tema puede ser consultada en Longo y Blanco (2009).

Por su parte, en los sistemas lóticos pericontinentales, las variables que determinan la abundancia y la riqueza de los taxones son las señaladas anteriormente para las islas, las cuales operan a la escala de la quebrada. En este sentido, la biogeografía es la herramienta principal a través de la cual se analiza y se comprende la composición y la estructura de las comunidades en función de los procesos que suceden en las diversas escalas espaciales, desde el nivel regional hasta el local, y que influyen en la riqueza de las especies. De ahí la importancia de considerar aspectos biogeográficos de los taxones en estudios como el presente.

En este capítulo se consideran datos de dos regiones o vertientes (cuencas), Pacífico y Caribe. En el Caribe se cuenta con registros de organismos insulares y pericontinentales, mientras que en el Pacífico sólo se reportan especímenes insulares. Las quebradas (creeks) y los ríos muestreados son prístinos en su mayoría, con bajo grado de intervención antrópica y se localizan en un intervalo de elevación entre 0 y 400 m s.n.m.



M. Longo

ENTOMOFAUNA Y MACROINVERTEBRADOS

Material y métodos

Área de estudio

Se cuenta con datos de 18 sistemas lóticos (ríos o quebradas) asociados al mar Caribe y al Océano Pacífico. En el Caribe los sistemas están localizados en zonas pericontinentales (cinco ríos) y en la isla de Providencia (dos quebradas); en el Pacífico, se ubican en isla Gorgona (11 quebradas). Los ecosistemas presentan diferencias en cuanto al estado de conservación y al uso del suelo, presentando en la mayoría de los casos, bosques primarios y secundarios con bajo grado de intervención antrópica (Tabla 1).

Las fuentes de los datos aquí analizados y presentados en las tablas y en las figuras, corresponden a: registros de la isla de Providencia aportados por los coautores adscritos a la Universidad Nacional de Colombia (Bogotá), a la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Tunja) y al Instituto Humboldt. Los datos de isla Gorgona son tomados del proyecto GIS-BIO desarrollado por la Universidad de Antioquia entre 2009 y 2012 y publicados, en parte, en Gómez-Aguirre *et al.* (2009), Longo (2012) y Longo y Blanco (2014). Y los datos del pericontinente caribeño han sido tomados de Guerrero-Bolaño *et al.* (2003), Manjarrés-García y Manjarrés-Pinzón (2004), Mena-Moreno (2010), Rodríguez (2011), Eyes-Escalante *et al.* (2012) y Contreras-Martínez (2013).

Resultados y discusión

En ambas regiones se encontraron los filos Arthropoda y Mollusca. En el Caribe se recolectaron además Platyhelminthes y Annelida, y en el Pacífico Nematomorpha (Tabla 2). Como ya ha sido reportado para ecosistemas tropicales de tierras bajas en general (Jacobsen *et al.* 2008), en estas

regiones colombianas hay también una riqueza relativamente alta de crustáceos decápodos (camarones y cangrejos), caracoles migratorios (*Neritina spp*) y dulcea-cuícolas (físidos, hidróbidos y planórbidos, principalmente). Entre los insectos, los de mayor riqueza y abundancia son Coleoptera, Diptera, Trichoptera y Hemiptera, seguidos por Odonata y Ephemeroptera, mientras que con muy baja representación figuran Lepidoptera, Megaloptera y Plecoptera (Anexo 1). Los crustáceos decápodos (camarones) de ambas cuencas, incluida la región insular, son discutidos en el Capítulo 4 de este volumen (Campos *et al.* 2015).

Composición y diversidad de la entomofauna

Como es habitual en ecosistemas lóticos tropicales y templados, Insecta es la clase dominante de la fauna béntica tanto en riqueza como en abundancia. Los órdenes más representativos se encuentran tanto en las zonas insulares como en la pericontinentales. Estos son Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Hemiptera, Lepidoptera, Odonata y Trichoptera; sólo Megaloptera y Plecoptera no han sido encontrados en la zona insular caribeña, pero esto puede ser más un efecto de las técnicas y de las épocas de muestreo, así que no se descarta que en campañas posteriores puedan ser encontrados. Adicionalmente, aunque Blattodea sólo se reporta para la isla Gorgona, su presencia tampoco se descarta en el resto de regiones pues su distribución es cosmopolita (Estrada-Álvarez y Guadarrama 2013) (Anexo 1).

De igual manera, los órdenes con mayor riqueza de familias y de géneros/morfotipos son aquellos que tradicionalmente habitan ecosistemas insulares y pericontinentales, los cuales están sometidos en



Figura 1. Vista general de las quebradas (creeks o gullies) muestreadas en la isla de Providencia, Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, mar Caribe. a) Lazy Hill creek; b) represamiento en la Bailey Spring creek; c) Fresh Water creek; d) El Pico creek; e) pequeña represa en la Old Town Spring creek. Fotos: D. Cortés.



M. Longo

ENTOMOFAUNA Y MACROINVERTEBRADOS

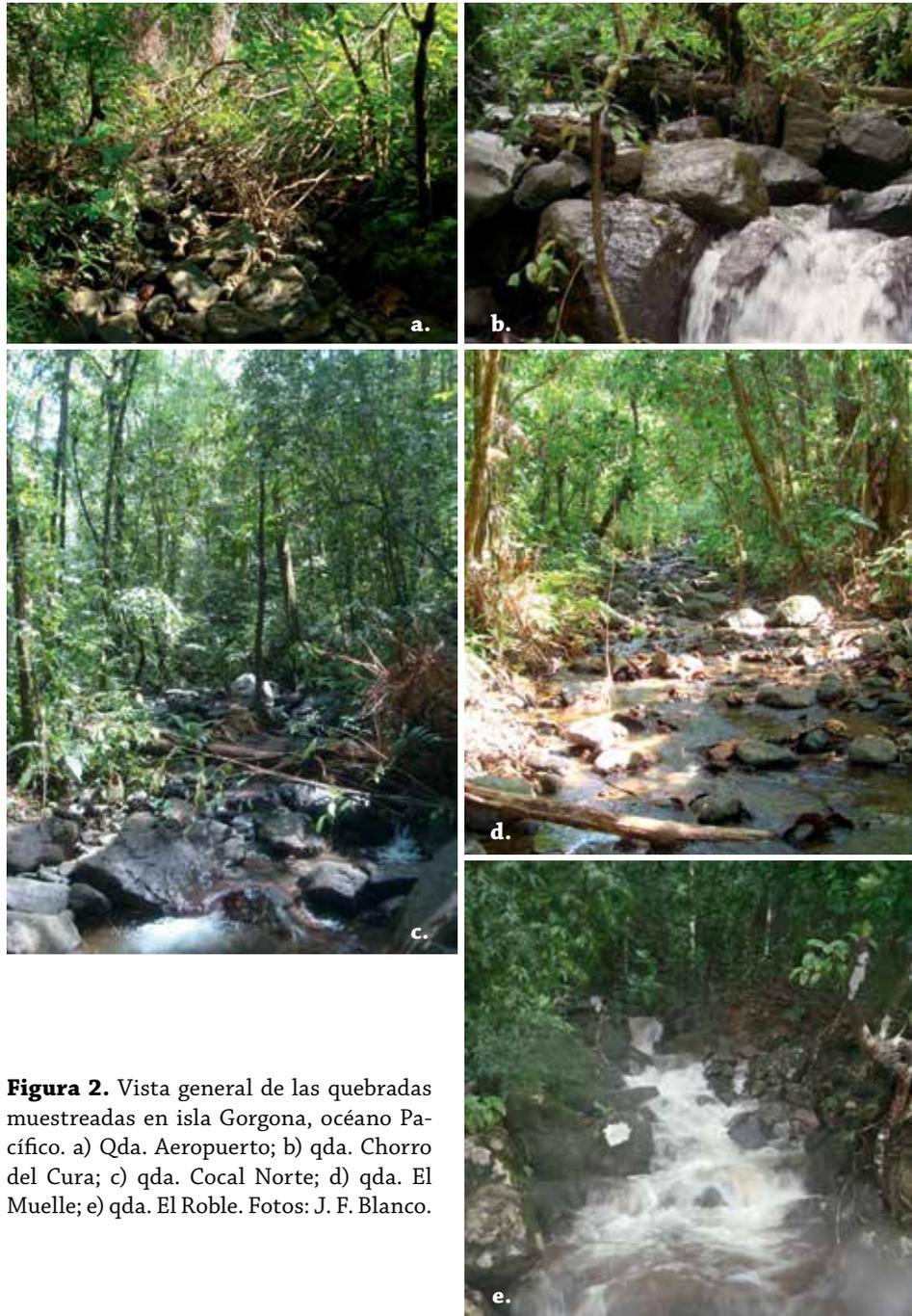


Figura 2. Vista general de las quebradas muestreadas en isla Gorgona, océano Pacífico. a) Qda. Aeropuerto; b) qda. Chorro del Cura; c) qda. Cocal Norte; d) qda. El Muelle; e) qda. El Roble. Fotos: J. F. Blanco.



Figura 2. Continuación. f) Qda. Iguapoga; g) qda. Ilú; h) qda. La Camaronera; i) qda. Pizarro; j) qda. Playa Verde. Fotos: J. F. Blanco.



M. Longo

ENTOMOFAUNA Y MACROINVERTEBRADOS

Tabla 1. Datos geográficos y algunos apuntes ecológicos de los ecosistemas lóticos muestreados en zonas pericontinentales e insulares del mar Caribe y en isla Gorgona, océano Pacífico.

Región	Quebrada/río	Coordenadas geográficas	Elevación (m s.n.m)	Temperatura promedio del aire (°C)	Régimen de lluvias	Estado de conservación	Unidades de vegetación y usos del suelo
Isla de Providencia (Archipiélago de San Andrés y Providencia, Caribe)	Lazy Hill creek (Figura 1a)	13°21'356"N-81°23'292"W	31	27,4	Monomodal	Bueno	Bosque secundario, pequeños cultivos
	Bailey Spring creek (Figura 1b)	13°21'271"N-81°21'734"W	38			Malo	Bosque secundario, pequeños cultivos
	Fresh Water creek (Figura 1c)	13°20'760"N-81°23'353"W	40			Malo	Bosque secundario, represa
	El Pico creek (Figura 1d)	13°20' N-81°22' W	161 y 112			Regular	Bosque secundario, con especies introducidas
	Old Town Spring creek (Figura 1e)	13°21'788"N-81°22'629"W	79			Regular	Bosque secundario, con especies introducidas
	El Regalo creek	8°37'22,47"N-7°20'41,72"O	21 y 67			26,1	Bueno
Pericontinente del mar Caribe	La Carolina creek	8°38'18,07"N-77°21'16,56"O	15 y 69	26,1	Bimodal	Bueno	—
	Río Capurganá	8°37'17,37"N-77°21'34,84"O	13 y 121	26,7	Regular	Regular	Bosque secundario con pequeños cultivos
	Río Córdoba	—	—	—	—	—	—
	Río Gaira	11°52'06"N-74°46'22"O	750	20,5	—	Regular	Bosque secundario con pequeños cultivos
	Río Manzanares	—	—	—	—	—	—
	Río Toribio	—	—	—	—	—	—

Tabla 1. Continuación.

Región	Quebrada/río	Coordenadas geográficas	Elevación (m s.n.m)	Temperatura promedio del aire (°C)	Régimen de lluvias	Estado de conservación	Unidades de vegetación y usos del suelo
Isla Gorgona (Pacífico)	Qda. Aeropuerto (Figura 2a)	2°57.289'N-78°10.677'O	10	26	Monomodal	Bueno, restaurado	Bosque secundario, con especies introducidas
	Qda. Chorro del Cura (Figura 2b)	2°58.018'N-78°10.333'W	20			Bueno, restaurado	Bosque secundario, con especies introducidas
	Qda. Cocal Norte (Figura 2c)	2°58.418'N-78°11.501'W	10 y 75			Excelente	Bosque primario
	Qda. El Muelle (Figura 2d)	2°57.491'N-78°10.544'W	20			Bueno, restaurado	Bosque secundario, con especies introducidas
	Qda. El Roble (Figura 2e)	2°56.832'N-78°11.050'W	25 y 50			Excelente	Bosque primario
	Qda. Iguapoga (Figura 2f)	2°57.957'N-78°10.342'W	25 y 75			Bueno, restaurado	Bosque secundario, con especies introducidas
	Qda. Ilu (Figura 2g)	2°57.812'N-78°10.401'W	10 y 35			Bueno, restaurado	Bosque primario y secundario
	Qda. La Camaronera (Figura 2h)	2°57.177'N-78°11.879'W	15 Y 35			Excelente	Bosque primario
	Qda. Pizarro (Figura 2i)	2°58.570'N-78°10.215'W	20 y 50			Excelente	Bosque primario
	Qda. Playa Verde (Figura 2j)	2°57.16'N-78°12.06'W	20 y 50			Excelente	Bosque primario



M. Longo

ENTOMOFAUNA Y MACROINVERTEBRADOS

Tabla 2. Riqueza específica de familias y de géneros/morfotipos por cada filo de macroinvertebrados reportados para quebradas pericontinentales e insulares del mar Caribe y en quebradas insulares del océano Pacífico, Colombia. Gr: géneros; mf: morfotipos. Para los Decapoda (camarones) ver Campos *et al.* (2015, en este volumen).

Filo	Clase/Orden	CARIBE				PACÍFICO	
		Pericontinente	Insular		Insular	Gr/mf	
		Familias	Gr/mf	Familias	Gr/mf	Familias	Gr/mf
Platyhelminthes	Turbellaria						
	Tricladida	2	2				
Nematomorpha	Gordioidea						
	Morfotipo			1	1		1
Annelida	Clitellata						
	Arthychobdellida	1	1				
	Rhynchobdellida	1	1				
	Tubificida	1	1	1	4		
	Morfotipo			1	1		
Mollusca	Gastropoda						
	Basommatophora	3	3	4	4		
	Cycloneritimorpha	1	1	1	1	1	1
	Mesogratropoda	2	2	1	1		
	Stylommatophora			1	1		
Arthropoda	Arachnida						
	Acari			1	1		
	Araneae			2	2		
	Morfotipo			1	1		
	Sarcoptiformes			1	1		
	Trombidiformes			4	5		
	Collembola						

Tabla 2. Continuación.

Filo	Clase/Orden	CARIBE				PACÍFICO	
		Pericontinente	Insular		Insular	Gr/mf	
		Familias	Gr/mf	Familias	Gr/mf	Familias	Gr/mf
Arthropoda	Entomobryomorpha			1	1		
	Morfotipo			1	1		
	Symphyleona			1	1		
	Insecta						
	Blattodea					1	1
	Coleoptera	14	30	10	20	10	18
	Diptera	15	39	7	26	8	15
	Ephemeroptera	6	16	1	1	3	8
	Hemiptera	9	24	4	4	2	5
	Lepidoptera	2	2	2	2	2	4
	Megaloptera	1	2	2	2	1	1
	Odonata	6	17	2	5	2	3
	Plecoptera	1	1			1	1
	Trichoptera	11	25	9	12	9	13
	Malacostraca						
Decapoda	4	5	2	2	3	3	
Isopoda			1	1			
Ostracoda							
Morfotipo				1	1		
Total de familias		80		60		44	
Total de géneros/morfotipos		172		99		74	



M. Longo

ENTOMOFAUNA Y MACROINVERTEBRADOS

muchas ocasiones a algún tipo de perturbación, ya sea natural o antrópica, tal como aumentos en salinidad y flujos de tipo intermitente (quebradas y/o ríos temporales). Ellos incluyen, de mayor a menor riqueza de géneros/morfotipos a: Diptera, Coleoptera, Trichoptera, Odonata y Hemiptera (Figuras 3 y 4).

Sin embargo, se aprecian algunas diferencias entre la riqueza presente en las zonas insulares y en las pericontinentales. Es así como en el pericontinente caribeño, para Insecta se han encontrado en total 65 familias y 157 géneros, distribuidos de mayor a menor cantidad en los órdenes Diptera (15 familias-39 géneros), Coleoptera (14-30), Trichoptera (11-25), Hemiptera (9-24), Odonata (6-17), Ephemeroptera (6-16), Lepidoptera (2-2), Megaloptera (1-2) y Plecoptera (1 familia-1 género).

Por otro lado, en la isla de Providencia, Insecta cuenta en total con 35 familias y 70 géneros inventariados, asociados a los órdenes Coleoptera (10 familias y 20 géneros), Trichoptera (9-12), Diptera (7-26), Hemiptera (4-4), Odonata (2-5), Lepidoptera (2-2), y Ephemeroptera (1 familia-1 género). Destaca la baja presencia de taxones de Odonata y Ephemeroptera. En isla Gorgona (Pacífico), el orden con mayor riqueza es también Coleoptera (10 familias-18 géneros/morfotipos), seguido por Trichoptera (9-13), Diptera (8-15), Ephemeroptera (3-8), Hemiptera (2-5), Odonata (3-3), Lepidoptera (2-4), y Megaloptera, Plecoptera y Blattodea (cada uno con una familia y un género) (Anexo 1, Figuras 3 y 4).

Entre los Diptera, las familias comunes (sin géneros compartidos) en todos los ecosistemas muestreados en el Pacífico y en el

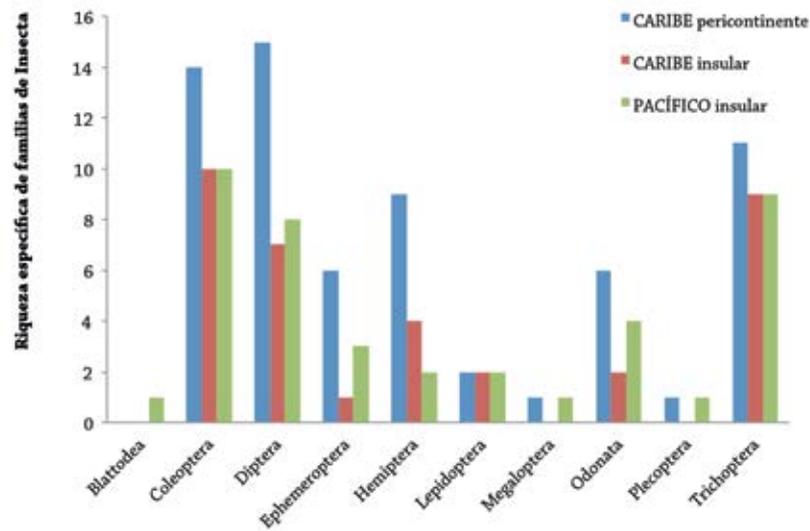


Figura 3. Riqueza taxonómica de familias de los órdenes de Insecta presentes en ecosistemas lóticos de las regiones Caribe (pericontinente e insular) y Pacífico (insular).

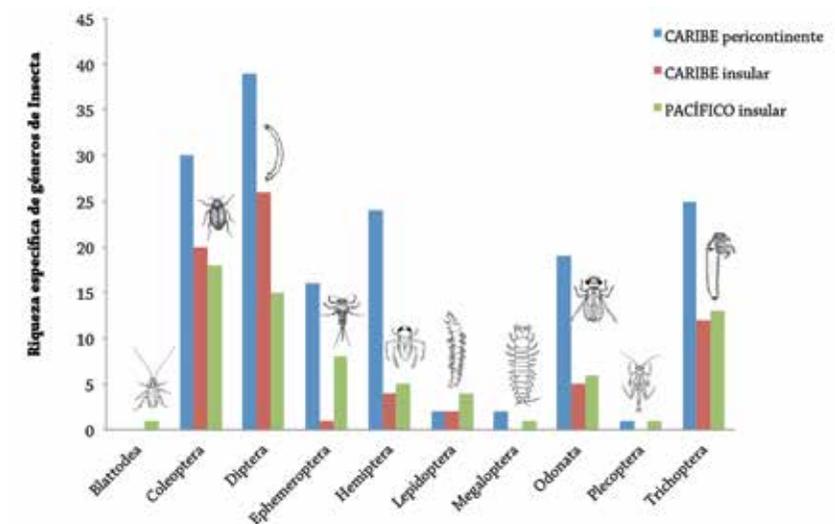


Figura 4. Riqueza taxonómica de géneros de Insecta presentes en ecosistemas lóticos de las regiones Caribe (pericontinente e insular) y Pacífico (insular).

Caribe incluyen a Ceratopogonidae, Chironomidae, Psychodidae, Stratiomyidae y Tipulidae. Esta última es la única familia que comparte entre todos los sistemas a *Tipula*. Entre la isla del Caribe y la del Pacífico, fueron comunes además, Muscidae (con un morfotipo), Simuliidae (*Simulium*) y Ceratopogonidae (*Forcipomyia*). Entre Providencia y la zona pericontinental caribeña son comunes también, Culicidae (*Anopheles*) y Ephydriidae (un morfotipo) (Anexo 1). Estas diferencias se atribuyen a las limitaciones para identificar hasta el nivel de género o morfotipo principalmente las larvas de Chironomidae, dado el escaso número de taxónomos expertos en esta familia en el país y a la falta de claves taxonómicas locales. Por ello, el listado presentado para Providencia en particular, se convierte en un aporte importante al conocimiento de este grupo biológico en el país.

No obstante a pesar de la alta riqueza taxonómica de Coleoptera en general, las familias comunes en todos los sitios son sólo Dytiscidae, Elmidae, Hydrophilidae y Scirtidae. En relación con los géneros, tanto en el Caribe pericontinental como en Gorgona se encuentra dentro de Elmidae a *Disersus*, *Heterelmis*, *Macrelmis*, *Microcylloepus* y *Phanocerus*. En el pericontinente y en Providencia figuran *Hydraena* (Hydraenidae), *Berosus* y *Tropisternus* (Hydrophilidae) (Anexo 1).

Trichoptera por su parte sí tiene una amplia distribución de familias (más no de géneros) entre los sitios referenciados, ya que en todos se encuentran representantes de Glossosomatidae, Hydropsychidae (*Leptonema* y *Smicridea* están presentes en todos los ambientes), Hydroptilidae, Leptoceridae, Philopotamidae (*Chimarra* común en todos los sistemas) y Polycen-



M. Longo

ENTOMOFAUNA Y MACROINVERTEBRADOS

tropodidae. Entre las islas, además de los géneros ya citados no hay otros comunes, y entre el pericontinente del Caribe y Providencia figura también *Helicopsyche* (Helicopsychidae) (Anexo 1, Figura 5).

De los Hemiptera, Gerridae, Mesoveliidae y Veliidae son las familias que presentan al menos un taxón en todas las regiones. Se destacan *Aquarius*, *Metrobates*, *Potamo-*

bates, *Rheumatobates* (Gerridae) y *Rhagovelia* (Veliidae), por colonizar los ecosistemas lóticos de isla Gorgona. De igual manera, Trepobaltes (Gerridae), *Mesovelia* (Mesoveliidae), *Notonecta* (Notonectidae) y *Microvelia* (Veliidae) que se encuentran en la isla de Providencia (Anexo 1).

Aunque se esperaba encontrar en todos los sistemas mayor número de taxones

de Odonata, debido a su alta capacidad de vuelo y a su resistencia a cambios considerables en la cantidad de flujo, la representación es baja, siendo solo Gomphidae frecuente en todos los ambientes. Ningún género es común a las dos islas. *Dythemis*, *Erythemis* y *Libellula* (Libellulidae) se encuentran en la costa-pericontinental del Caribe y en la isla de Providencia (Anexo 1).

Lepidoptera está presente en las regiones con taxones de Crambidae y de Pyralidae. Aunque esta familia también ha sido poco estudiada en Colombia en cuanto a sus representantes acuáticos, el hecho de tener reportados seis morfotipos muestra la relevancia de continuar incluyéndola en los estudios del bentos y de mejorar las técnicas de muestreo, pues estos individuos usualmente no caen en las redes ya que prefieren habitar sobre rocas grandes, ubicando sus habitáculos en la interfase aire-agua. Por tanto, deben ser buscados y extraídos manualmente, lo que aplica sobre todo para los individuos de Crambidae. De los Ephemeroptera, la única familia habitual en todos los sistemas es Leptophlebiidae, siendo general a las dos islas, *Hagenulopsis*. Causa curiosidad además, que éste sea el único taxón presente en Providencia, mientras que en Gorgona se encontraron siete taxones más (Anexo 1). Plecoptera tiene como representante a *Anacroneturia* en la zona pericontinental y en Gorgona, por tanto su presencia en Providencia no se descarta. Igualmente sucede con Megaloptera, del cual además de *Corydalus* que es el género tradicionalmente reportado en Colombia, se ha encontrado en esta recopilación otro morfotipo, que no se descarta podría ser *Chloronia*, otro taxón encontrado en el país (Contreras-Ramos 2004).

Composición y diversidad de la fauna de no-insectos

Para los ecosistemas aquí reportados, contiguo a la dominancia en riqueza de Insecta sigue en importancia Arachnida. Esta clase que en el Trópico ha sido muy poco muestreada y estudiada, tiene aquí un inventario importante representado por cinco órdenes, nueve familias y 10 géneros/morfotipos, los cuales fueron encontrados en la isla de Providencia, Caribe (Tabla 2). El orden más diverso fue Trombidiformes con cuatro familias y cinco géneros/morfotipos.

Gastropoda es la siguiente clase en importancia, especialmente en el Caribe en donde se reportan cuatro órdenes y ocho familias, con 11 géneros/morfotipos (Figura 6). En el Pacífico, en isla Gorgona se ha encontrado a la fecha un orden con una familia y una especie (*Neritina latissima*) (Tabla 3). En el Caribe (islas San Andrés y Providencia – SA & P) se registra a *Neritina virginea* (SA & P) y a *Isogmodon* sp. (Providencia).

Si bien Malacostraca tiene sólo un par de órdenes colectados, la riqueza taxonómica es representativa al contar en el Caribe con Decapoda que tiene cuatro familias y seis géneros, e Isopoda que registra una familia y un género. En el Pacífico por su parte, hay tres géneros e igual cantidad de familias pertenecientes a Decapoda (Tabla 3).

Los Annelida como es común, aunque están constituidos por una clase (Clitellata) también tiene un buen número de órdenes (tres en el Caribe y dos en el Pacífico) y de familias (tres en el Caribe, dos en el Pacífico), encontrándose más géneros en isla de Providencia (cinco en total) en comparación con la periferia continental caribeña (tres); en el Pacífico no hay registros disponibles (Tabla 3).

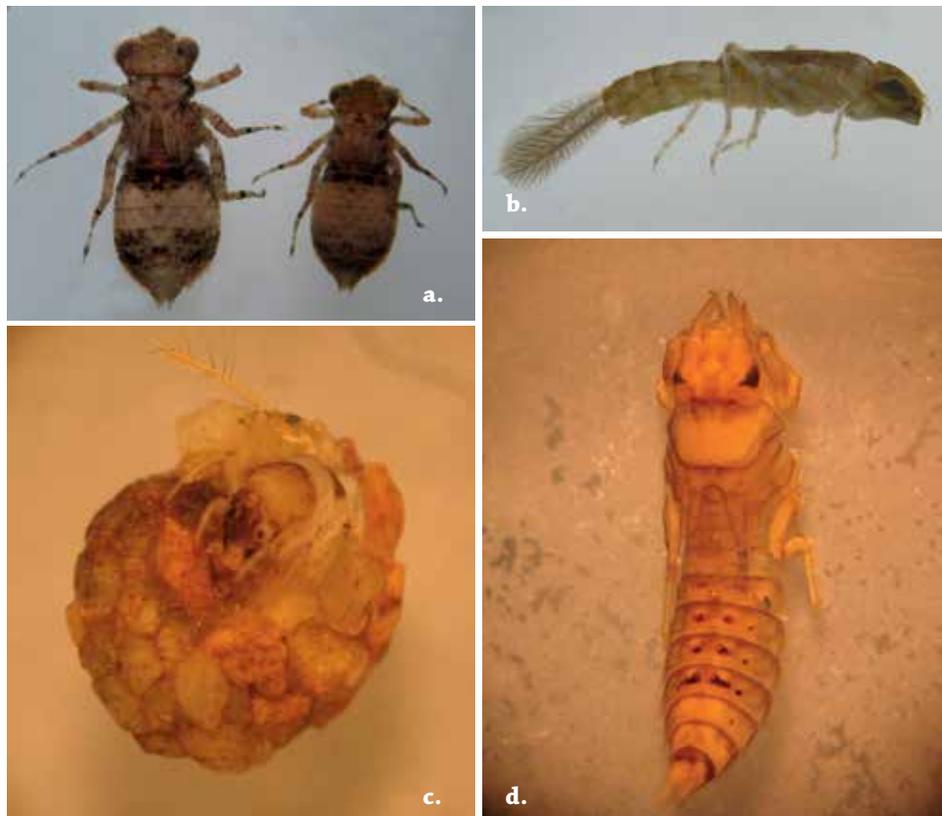


Figura 5. Macroinvertebrados acuáticos presentes en ecosistemas lóticos insulares y pericontinentales del mar Caribe e insular del océano Pacífico colombiano. a) *Brechmorhoga* (Libellulidae); b) *Telebasis* (Coenagrionidae); c) *Helicopsyche* (Helicopsychidae); d) *Progomphus* (Gomphidae). Fotos: C. Granados-Martínez.



M. Longo

ENTOMOFAUNA Y MACROINVERTEBRADOS

Tabla 3. Macroinvertebrados no-insectos presentes en ecosistemas lóticos insulares y pericontinentales del mar Caribe e insular del océano Pacífico colombiano (Cpc: Caribe colombiano; Pi: Caribe insular; Ci: Caribe insular; Pi: Pacífico insular), y distribución mundial de géneros: *Cosmopolita. ** América tropical y subtropical. *** Neotropical. A: Arachnida; Ar: Arthropoda; N: Nematomorpha; M: Mollusca; P: Platyhelminthes

Clase/Familia u orden/género	Región	Clase/Familia u orden/género	Región	Clase/Familia u orden/género	Región	Clase/Familia u orden/género	Región
Clitellata (A)		Collembola (Ar)		Gastropoda (M)			
<i>Erbodellidae</i> mf	Cpc	<i>Isotomidae</i> mf	Ci	<i>Ancylidae</i>			
<i>Morfotipo</i>	Ci	<i>Morfotipo</i> mf	Ci	<i>Gundlachia radiata</i>	Ci***		
<i>Glossiphoniidae</i> mf	Cpc	<i>Dicyrtomidae</i> mf	Ci	<i>Lymnaea</i>	Cpc, Ci*		
<i>Naididae</i>		Malacostraca (Ar)		<i>Lymnaea</i>			
<i>Amphichaeta</i> c.f.	Ci*	<i>Atyidae</i>		<i>Physidae</i>			
<i>Dero</i> c.f.	Ci*	<i>Atya</i> sp	Cpc*	<i>Haitia acuta</i>	Ci**		
<i>Pristina</i> c.f.	Ci*	<i>Atya scabra</i>	Cpc*	<i>Physa</i>	Cpc*		
<i>Stephensoniana</i> c.f.	Ci*	<i>Morfotipo</i>	Ci	<i>Planorbidae</i>			
<i>Tubifex</i>	Ci*	<i>Potimirim</i> sp	Cpc***	<i>Biomphalaria pallida</i>	Ci*		
Arachnida (Ar)		<i>Potimirim</i> c.f. <i>glabra</i>	Pi***	<i>Drepanotrema</i>	Cpc***		
<i>Eylaidae</i>		<i>Palaemonidae</i>		<i>Neritidae</i>			
<i>Eylais</i>	Ci*	<i>Macrobrachium</i> sp	Cpc, Pi*	<i>Neritina</i> sp	Cpc***		
<i>Hydrozetidae</i>		<i>Macrobrachium rathbunae</i>	Ci*	<i>Neritina latissima</i>	Pi***		
<i>Hydrozetes</i>	Ci*	<i>Pseudohelphusidae</i>		<i>Neritina punctulata</i>	Ci***		
<i>Halacaridae</i> mf	Ci	<i>Hypobocera gorgomensis</i>	Pi*	<i>Thysanophoridae</i>			
<i>Unionicolidae</i>	Ci*	<i>Morfotipo</i>	Cpc	<i>Thysanophora plagioptycha</i>	Ci***		
<i>Koemikea</i>	Ci*	<i>Trichodactylidae</i> mf	Cpc	<i>Ampullariidae</i>			
<i>Morfotipo</i>	Ci	<i>Sphaeromatidae</i>	Cpc	<i>Pomacea</i>	Cpc**		
<i>Lycosidae</i> mf	Ci	<i>Sphaeroma</i> c.f.	Ci*	<i>Hydrobiidae</i>			
<i>Acari</i> mf	Ci	<i>Morfotipo</i>	Ci	<i>Morfotipo</i>			
<i>Araneae</i> mf	Ci	Ostracoda (Ar)		<i>Pyrgophorus platyrachis</i>	Cpc		
<i>Morfotipo</i>	Ci	<i>Morfotipo</i>	Ci	Turbellaria (P)			
<i>Trombidiformes</i> mf	Ci	Gordioidea (N)		<i>Dugesiiidae</i> mf	Cpc		
		<i>Morfotipo</i>	Ci	<i>Planariidae</i> mf	Cpc		

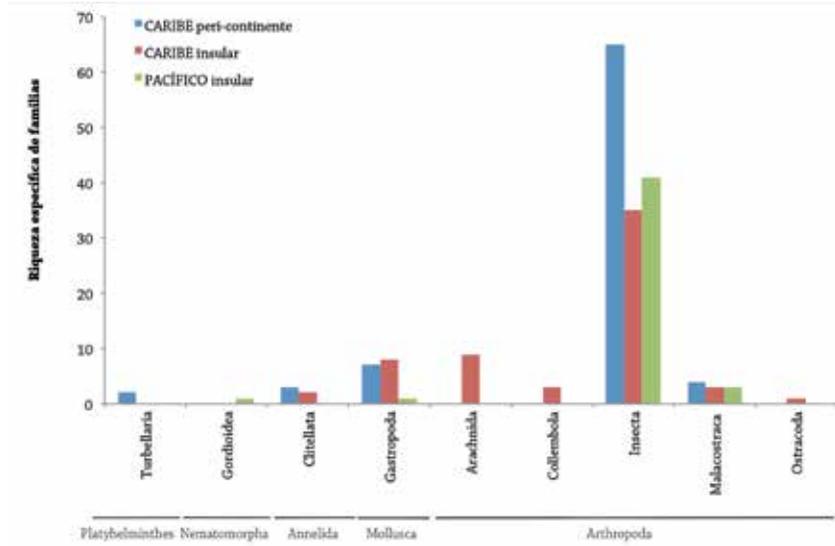


Figura 6. Riqueza específica de familias de los filo Platyhelminthes, Nematomorpha, Annelida, Mollusca y Arthropoda, presentes en las regiones Caribe (pericontinental e insular) y Pacífico (insular).

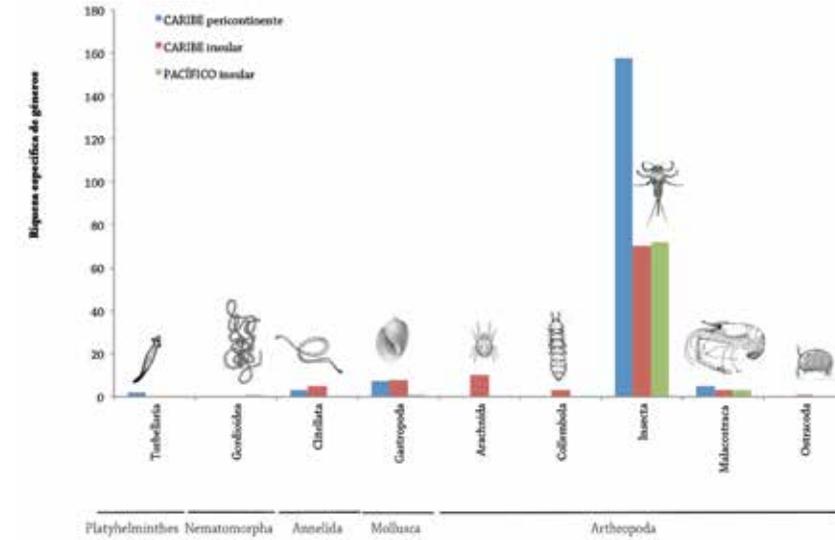


Figura 7. Riqueza específica de géneros de los filo Platyhelminthes, Nematomorpha, Annelida, Mollusca y Arthropoda, presentes en las regiones Caribe (pericontinental e insular) y Pacífico (insular).



M. Longo

ENTOMOFAUNA Y MACROINVERTEBRADOS

Los Platyhelminthes se han encontrado en la costa continental caribeña donde Tricladida tiene dos familias y dos géneros. Ostracoda es reportado para la zona insular caribeña con un orden e igual número de familias y géneros. Esta misma situación se observa en Nematomorpha, donde se encontró un morfotipo de Gordioidea en isla Gorgona (Figuras 6 y 7).

Macroinvertebrados fragmentadores de hojarasca

Los taxones que se alimentan de la hojarasca revierten un interés particular en la ecología de los sistemas acuáticos dado que inician el proceso de fragmentación de las hojas, desechos maderables y de la materia orgánica particulada gruesa (MOPG), aportada desde las riberas, la cual finalmente se convierte en materia orgánica particulada fina (MOPF), que será utilizada por otros grupos tróficos como colectores, recolectores y filtradores. Las hojas y la madera que caen desde el bosque ribereño son colonizadas rápidamente por hongos y bacterias, por tanto, los fragmentadores asimilan el carbono y otros nutrientes presentes en ellas y convierten así una fracción de esta energía en material animal (Boyero *et al.* 2011).

Aunque varios estudios plantean que la riqueza de fragmentadores podría ser mayor en las zonas templadas (Boyero *et al.* 2009), a medida que se avanza en el país en los estudios tróficos basados en contenidos estomacales y que el número de taxones clasificados como fragmentadores asciende, esta hipótesis es controvertida. En Colombia se han identificado 35 géneros de macroinvertebrados como fragmentadores, clasificados en diferentes categorías según el consumo exclusivo de material vegetal y/o de MOPG, y de acuerdo con la ingesta de estos mate-

riales en combinación con MOPF y con restos de tejido animal. Entonces, se encuentran los siguientes gremios: colector-fragmentador, fragmentador-generalista, fragmentador-especialista, fragmentador-recolector, fragmentador-recolector-colector y depredador-fragmentador. Los colectores-fragmentadores ingieren principalmente MOPG con poca MOPF. Ambos tipos de fragmentadores –generalistas o especialistas– consumen tejido vegetal, la diferencia es que los generalistas comen igual proporción de éste y de MOPG, mientras que, los especialistas consumen muy bajas porciones de MOPG y de MOPF y altas cantidades de tejido vegetal. Para mayor detalle ver Longo y Blanco (2014). Adicionalmente, se incluyen los taxones catalogados como colector-raspador y recolector-colector (Tabla 4).

En isla Gorgona, los taxones fragmentadores-especialistas son 12: *Leptohyphes* (Ephemeroptera), *Phylloicus* y *Smicridea* (Trichoptera), larvas de *Disersus*, *Tetraglosa*, *Anchytarsus*, *Macrelmis*, un morfotipo de *Elodes* y adultos de *Phanocerus* (Coleoptera), *Tipula* y *Stenochironomus* (Diptera), ninfas de cucarachas (*Epilampra* - Blattaria) y el cangrejo (*Hipolobocera gorgonensis*). De estos, los de mayor biomasa y que por ende revisten una importancia especial debido a la alta cantidad de tejido vegetal que consumen son *Epilampra* e *Hipolobocera gorgonensis*. Los fragmentadores-generalistas son 11: *Hagenulopsis* (Ephemeroptera), *Leptonema* y *Nectopsyche* (Trichoptera), larvas de *Heterelmis*, *Phanocerus*, *Neoelmis* y un morfotipo de *Elodes* (Coleoptera), *Maruina* (Diptera), *Potimirm cf. glabra* y *Macrobrachium* sp. (Decapoda). Como colectores-fragmentadores se listan: *Thraulodes*, *Farrodes*, *Tricorythodes*, *Baetodes* y *Cloeodes* (Ephemeroptera) (Tabla 4).

Tabla 4. Macroinvertebrados colectados en la isla de Providencia (Caribe); isla Gorgona (Pacífico) y en otros sistemas andinos y amazónicos colombianos, indicando los grupos tróficos: a) fragmentador (F) –ya sea como fragmentador-especialista (F-especialista); fragmentador-generalista (F-generalista); colector-fragmentador (colector-F); depredador-fragmentador (depredador-F) o como fragmentador-recolector-colector (F-recolector-colector); b) colector-raspador; c) recolector-colector; o d) colector. Estos grupos tróficos han sido clasificados de acuerdo con el análisis de contenidos estomacales (B: Blattaria, C: Coleoptera, Cy: Cycloneritomorpha, D: Diptera, Dp: Decapoda, E: Ephemeroptera, M: Mesogastropoda, T: Trichoptera).

Familia (Orden)	Género	Isla Gorgona (Longo y Blanco 2014)	Isla de Providencia (Motta, com.pers.)	Rueda <i>et al.</i> (2006)	Chará <i>et al.</i> (2010)
Leptophlebiidae (E)	<i>Thraulodes</i>	Colector-F			
	<i>Hagenulopsis</i>	F-generalista		Colector	
	<i>Farrodes</i>	Colector-F			Colector
Leptohyphidae (E)	<i>Tricorythodes</i>	Colector-F			F
	<i>Leptohyphes</i>	F-especialista		Colector	Colector
Baetidae (E)	<i>Baetodes</i>	Colector-F		Raspador	Colector
	<i>Cloeodes</i>	Colector-F			
Hydropsychidae (T)	<i>Smicridea</i>	F-especialista			F
	<i>Leptonema</i>	F-generalista		Filtrador	F
Calamoceratidae (T)	<i>Phylloicus</i>	F-especialista		F	F
Leptoceridae (T)	<i>Nectopsyche</i>	F-generalista			F
Ptilodactylidae (C)	<i>Tetraglosa</i>	F-especialista			
	<i>Anchytarsus</i>	F-especialista			F
Elmidae (C)	<i>Heterelmis</i> L	F-generalista			
	<i>Disersus</i> L	F-especialista			
	<i>Phanocerus</i> L	F-generalista		C	
	<i>Phanocerus</i> A	F-especialista			
	<i>Neoelmis</i> L	F-generalista			
Scirtidae (C)	<i>Macrelmis</i> L	F-especialista			
	<i>Elodes</i> mf1	F-especialista			
	<i>Elodes</i> mf2	F-generalista			



M. Longo

ENTOMOFAUNA Y MACROINVERTEBRADOS

Tabla 4. Continuación.

Familia (Orden)	Género	Isla Gorgona (Longo y Blanco 2014)	Isla de Providencia (Motta, com.pers.)	Rueda et al. (2006)	Chará et al. (2010)
Ptilodactylidae (C)	<i>Tipula</i>	F-especialista			F
Ptilodactylidae (C)	<i>Limonia</i>		Colector-raspador		
Chironomidae (D)	<i>Stenochironomus</i>	F-especialista			
	<i>Fittkauimyia</i>		Depredador-F	F	
	<i>Labrundinia</i>		Recolector-colector		
	<i>Chironomus</i>		Depredador-F		
	<i>Beardius</i>		Recolector-colector		
	<i>Larsia</i>		Depredador-colector		
	<i>Phaenopsectra</i>		F-recolector-colector		
	<i>Lauterborniella</i>		Recolector-colector		
	<i>Parametriocnemus</i>		Colector		
Culicidae (D)	<i>Aedes</i>		Recolector-colector		
Ceratopogonidae (D)	<i>Bezzia</i> c.f.		Depredador-F		
Psychodidae (D)	<i>Maruina</i>	F-generalista			
Blaberidae (B)	<i>Epilampra</i>	F-especialista			
Naididae (T)	<i>Stephensoniana</i> c.f.		F-recolector-colector		
	<i>Dero</i> c.f.		Recolector-colector		
Neritidae (Cy)	<i>Neritina punctulata</i>		F-recolector-colector		
Hydrobiidae (M)	<i>Pyrgophorus platyrachis</i>		F-recolector-colector		
Atyidae (Dp)	<i>Potimirim</i> c.f. <i>glabra</i>	F-generalista			
Palaemonidae (Dp)	<i>Macrobrachium</i>	F-generalista			
Pseudothelphusidae (Dp)	<i>Hipolobocera gorgonensis</i>	F-especialista			

En la isla de Providencia no se han encontrado fragmentadores especialistas ni generalistas. Los taxones tienen roles que combinan la fragmentación de hojas y de MOPG con la colecta y la recolección de MOPF desde los sedimentos, así como con la depredación. De los quironómidos, se clasificaron como fragmentador-recolector-colector a *Phaenopsectra* y *Lauterborniella*. Por su parte, *Fittkauimyia*, *Chironomus* y *Bezzia* cf., tienen el rol depredador-fragmentador y *Larsia* el de depredador-colector. Los recolectores-colectores son *Labrundinia*, *Beardius*, *Aedes* y *Limonia*, y el único taxón con un rol específico, el de colector, es *Parametriocnemus*. Estos resultados son relevantes en el conocimiento de la ecología fluvial en islas, pues los dípteros figuran entre los componentes principales de los ensamblajes de macroinvertebrados en cuanto a riqueza, de ahí que, encontrar roles diversos entre los taxones demuestra a la vez que la funcionalidad es tan importante como la composición del grupo en los procesos de descomposición de la materia orgánica y en las redes tróficas. Además, se muestra que no es factible asumir que todos los quironómidos cumplen con el rol recolector-colector como ha sido planteado por otros autores (Cummins et al. 2005). Otros fragmentadores-recolectores-colectores son la lombriz *Stephensoniana* cf., y los caracoles *Neritina* y *Pyrgophorus*; entre los recolectores-colectores están además, la lombriz *Dero*; y un depredador-colector es la larva del coleóptero *Laccophilus* (Tabla 4).

Distribución y aspectos biogeográficos

De acuerdo con los datos de presencia disponibles a nivel mundial de los géneros aquí tratados, se ha encontrado que el 13,3% de los insectos de la isla de Providencia tienen distribución restringida

en el Neotrópico, el 13,3% se encuentran entre América tropical y subtropical y el 73,4% presentan una amplia distribución a nivel mundial. De forma similar, el 17,7% de los taxones de macroinvertebrados no insectos tienen presencia neotropical, el 11,8% están en América tropical y subtropical, y el 70,6% son cosmopolitas (Anexo 1). Por su parte, del total de géneros de Insecta identificados en isla Gorgona (69 taxones), el 25,5% tienen una distribución neotropical, el 32,7% americana tropical y subtropical y el 41,8% son cosmopolitas, mientras que dos de los tres géneros de macroinvertebrados no insectos son neotropicales y sólo uno es cosmopolita. Por otro lado, el 28,3% de los insectos encontrados en el pericontinente caribeño tienen su distribución restringida al Neotrópico, el 26,5% a América tropical y subtropical y el 45,1% pueden encontrarse en varias regiones zoogeográficas alrededor del mundo. En cuanto a los macroinvertebrados no insectos del pericontinente, el 33,3% están sólo en el Neotrópico, el 11,1% en América tropical y subtropical, y el 70,6% restante tienen amplia distribución en el mundo (Anexo 1). Como puede apreciarse, en las tres regiones estudiadas el patrón de distribución es similar, con cerca de la mitad o más de los géneros distribuidos ampliamente en varias regiones biogeográficas y con una proporción importante de taxones con una proporción equitativa entre la distribución neotropical y la panamericana.

En cuanto a los registros para la isla de Providencia, 11 géneros se comparten con el Caribe pericontinental (*Hydraena*, *Berosus*, *Tropisternus*, *Anopheles*, *Limonia*, *Trepobates*, *Notonecta*, *Microvelia*, *Helicopsyche*, *Dythemis* y *Erythemis*), dos con el Pacífico insular (*Hagenulopsis* y *Forcipomya*), y cuatro se encuentran en los tres sitios



M. Longo

ENTOMOFAUNA Y MACROINVERTEBRADOS

(*Tipula*, *Chimarra*, *Smicridea* y *Leptonema*). De éstos, todos corresponden a géneros de insectos, mientras que los macroinvertebrados no-insectos no tienen ningún género compartido entre la isla de Providencia con el pericontinente y con isla Gorgona. Nueve de los taxones comunes presentan una distribución cosmopolita (Domínguez y Fernández 2009, Nessimian y Dumas 2010, Blahnik y Holzenthal 2012, Deler-Hernández *et al.* 2013), por lo que podría hipotetizarse para estas regiones, tal como lo sugiere Bass (2003) con base en análisis de distribución de macroinvertebrados entre Norte y Suramérica e islas del Caribe, que las diferencias entre las clases se presenta a nivel de la composición de las especies más que de grupos superiores; de ahí que un estudio taxonómico más detallado sea requerido.

De los géneros comunes, Trichoptera y Diptera tienen cuatro cada uno, Coleoptera y Hemiptera tienen tres y Odonata dos. Es reconocido que dípteros y coleópteros tienen alta capacidad de colonización favorecida por la dispersión por vuelo activo de los adultos, por la capacidad para volar largas distancias y ante vientos fuertes, y por los ciclos de vida largos (Longo *et al.* 2009). No obstante, llama la atención el número de taxones de Trichoptera, pues los adultos no suelen ser buenos voladores y es poco probable que puedan viajar distancias extensas. En estos casos Bass (2003), sugiere que las islas pueden convertirse en espacios de evolución y de diversificación del grupo.

En isla Gorgona, de un total de 69 taxones de Insecta, 38 son compartidos con la región Pacífica continental más cercana (Municipio de Guapi, Cauca), lo que se considera una similitud relativamente alta. Este fenómeno es explicado por el reducido

tamaño de la isla, por el origen geológico continental y por la cercanía al continente de la región Pacífica (Longo 2012). De los géneros comunes a la isla y a la línea continental costera, el 37,1% están en América tropical y subtropical (*Nectopsyche*, *Protophila*, *Progomphus*, *Argia*, *Tricorythodes*, *Leptohyphes*, *Baetodes*, *Maruina*, *Microcyloepus*, *Macrelmis*, *Disersus*, *Psephenops*, *Anchytarsus*) (Needham 1941, Stribling 1986, Spangler y Santiago 1987, Hogue 1990, Holzenthal 1995, Wang *et al.* 1998, Arce-Pérez y Novelo-Gutiérrez 2000, Nieto 2004, Valverde y Abelando 2006, Gomes-Dias *et al.* 2009, Caesar 2012, Barbosa *et al.* 2013), el 31,4% son cosmopolitas (*Polypsectropus*, *Phylloicus*, *Parargyactis*, *Rhagovelia*, *Cloeodes*, *Odontomyia*, *Simulium*, *Limnophora*, *Alluaudomyia*, *Stenochironomus*, *Elodes*, *Ochrotrichia*) (Heppner 1976, Li y Morse 1997, Spinelli y Wirth 1984, Roskošný y Kovac 2001, Holzenthal *et al.* 2007, Nieto y Richard 2008, Domínguez y Fernández 2009, Klausnitzer 2009, Xue *et al.* 2012, Angelis-Reis *et al.* 2013) y el 28,6% restante, neotropical (*Xiphocentron*, *Anacronuria*, *Mortoniella*, *Palaemnema*, *Corydalus*, *Potamobates*, *Thraulodes*, *Terpides*, *Heterelmis*, *Phanocerus*) (Stribling 1986, Bosse *et al.* 1988, Silva-De Azevedo y Hamada 2007, Blahnik y Holzenthal 2008, Boldrini *et al.* 2009, Domínguez y Fernández 2009, Mariano *et al.* 2011, Padilla-Gil y Damgaard 2011, Novaes *et al.* 2012, Maier 2013) (Anexo 1). Nuevamente las diferencias podrían encontrarse a niveles específicos.

De los macroinvertebrados no-insectos, el único género común al Caribe pericontinental y a la isla Gorgona es *Macrobrachium*, un camarón de distribución mundial (García-Guerrero *et al.* 2013). A pesar de que los miembros de este grupo son conocidos como camarones de agua dulce,

varias especies demandan la influencia marina durante su desarrollo. Se ha sugerido además, que en las islas tropicales, ocupan los roles tróficos que cumplen los isópodos y los anfípodos en las zonas templadas (Bass 2003), constituyéndose como un importante elemento estructural de las comunidades. Adicionalmente, la capacidad de soportar ciertas concentraciones de salinidad favorece la dispersión, por lo que suelen ser comunes en las islas tropicales como Puerto Rico y las Antillas Menores (Pyron *et al.* 1999, Bass 2003).

Por otra parte, la revisión de estudios y catálogos de Nicaragua permitió identificar 14 géneros de macroinvertebrados compartidos entre este lugar y la isla de Providencia (*Austrotinodes*, *Helicopsyche*, *Leptonema*, *Smicridea*, *Neotrichia*, *Chimarra*, *Cyrenellus*, *Aedes*, *Anopheles*, *Forcipomyia*, *Dythemis*, *Erythemis*, *Libellula*, *Tysanophora plagiopycha*, *Neritina*, *Pyrgophorus* y *Biomphalaria*). De esta manera se señala la influencia del componente continental centroamericano en la composición acuática de la isla, ya que Nicaragua es el territorio continental más cercano. Por último, entre el Pacífico insular y Nicaragua, son 17 los géneros compartidos (*Phylloicus*, *Protophila*, *Leptonema*, *Macronema*, *Smicridea*, *Ochrotrichia*, *Nectopsyche*, *Chimarra*, *Polycentropus*, *Polypsectropus*, *Xiphocentron*, *Forcipomyia*, *Simulium*, *Progomphus*, *Argia*, *Palaemnema* y *Neritina latissima*) (Maes y Mendoza 1990, Pérez *et al.* 2008, Chamorro-Lacayo *et al.* 2007).

Bibliografía

- Angelis-Reis, E., A. Serpa-Filho y R. Ferreira-Kepler. 2013. Two new species and records of *Stenochironomus* Kieffer from Brazilian Amazon region, with description of immature stages (Diptera: Chironomidae). *Zootaxa* 3710 (5): 449-466.

- Arce-Pérez, R. y R. Novelo-Gutiérrez. 2000. First record of the genus *Psephenops* (Coleoptera: Psephenidae) from Mexico, with a description of a new species. *Entomological news* 111 (3): 196-200.
- Bass, D. 2003. A comparison of freshwater macroinvertebrate communities on small Caribbean Islands. *BioScience* 53 (11): 1094-1100.
- Barbosa, F. F., A. Silva-Hernández y L. Gonçalves-Oliveira. 2013. Three new species of *Macrelmis* Motschulsky, 1859 (Coleoptera: Elmidae: Elminae) from the Brazilian Cerrado Biome with updated key for the *Macrelmis* of Brazil. *Zootaxa* 3736 (2): 128-142.
- Blanco, J. F. y F. N. Scatena. 2006. Hierarchical contribution of river-ocean connectivity, water chemistry, hydraulics, and substrate to the distribution of diadromous snails in Puerto Rican streams. *Journal of the North American Benthological Society* 25: 82-98.
- Blahnik, R. J. y R. W. Holzenthal. 2008. Revision of the Mexican and Central American species of *Mortoniella* (Trichoptera: Glossosomatidae: Protophilinae). *Zootaxa* 1711: 1-72.
- Blahnik, R. J. y R. Holzenthal. 2012. New Neotropical species of *Chimarra* (Trichoptera, Philopotamidae). *ZooKeys* 184: 1-33.
- Boldrini, R., F. Falcão-Salles y H. Cabette. 2009. Contribution to the taxonomy of the *Terpides* lineage (Ephemeroptera: Leptophlebiidae). *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology* 45: 219-229.
- Bosse, L. S., D. W. Tuff y H. P. Brown. 1988. A new species of *Heterelmis* from Texas (Coleoptera: Elmidae). *Southwestern Association of Naturalists* 33(2): 199-203.
- Boyero, L., A. Ramírez, D. Dudgeon y R. Pearson. 2009. Are tropical streams really different? *Journal of the North American Benthological Society* 28: 397-403.
- Boyero, L., R. Pearson, D. Dudgeon, V. Ferreira, M. Graça, M. Gessner, A. Boulton, E. Chauvet, C. Yule, R. Albariño, A. Ramírez, J. Helson, M. Callisto, M. Arunachalam, J. Chará, R. Figueroa, J. Mathooko, J. Gonçalves Jr., M. Moretti, A. Chará-Serna, J. Davies, A. Encalada, S. Lamothe, L. Buria, J.



M. Longo

ENTOMOFAUNA Y MACROINVERTEBRADOS

- Castela, A. Cornejo, A. Li, C. M'Erimba, V. Díaz, M. Zúñiga, C. Swan y L. Barmuta. 2011. Global patterns of stream detritivore distribution: implications for biodiversity in changing climates. *Global Ecology and Biogeography*: 1-18.
- Campos, M., C. A. Lasso y A. Acevedo. 2015. Camarones asociados a las aguas pericontinentales (ríos, quebradas y arroyos costeros), de la vertiente Caribe y Pacífico, incluyendo la región insular de Colombia. Capítulo 4. Pp. 119 - 138. En: Lasso, C. A., J. F. Blanco-Libreros y P. Sánchez-Duarte. (Eds.). 2015. XII. Cuencas pericontinentales de Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela: tipología, biodiversidad, servicios ecosistémicos y sostenibilidad de los ríos, quebradas y arroyos costeros. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
 - Caesar, R. M. 2012. Phylogeny of the genus *Argia* (Odonata: Coenagrionidae) with emphasis on evolution of reproductive morphology. Tesis doctoral, Ohio State University. 161 pp.
 - Chará-Serna, A. M., J. Chará, M. C. Zúñiga, G. Pedraza y L. Giraldo. 2010. Clasificación trófica de insectos acuáticos en ocho quebradas protegidas de la ecorregión cafetera colombiana. *Universitas Scientiarum* 15: 27-36.
 - Chamorro-Lacayo, M. L., J. M. Maes, R. J. Blahnik y R. Holzenthal. 2007. Checklist of the Trichoptera of Nicaragua. Proceedings of the 12th International Symposium on Trichoptera. Ciudad de México, México. 378 pp.
 - Contreras-Martínez, E. 2013. Diversidad de entomofauna acuática en tres ríos de la Ecoregión Darién, Choco biogeográfico (Colombia). *Dugesiana* 20 (2): 243-250.
 - Contreras-Ramos, A. 2004. Taxonomic and distributional notes on the dobsonflies of Ecuador (Megaloptera: Corydalidae). *Dugesiana* 11(1): 1-11.
 - Covich, P. A. 2006. Dispersal - limited biodiversity of tropical insular streams. *Polish Journal of Ecology* 54 (4): 523-547.
 - Covich, P. A. y W. H. McDowell. 1996. The stream community. Pp. 434-459. En: Regan, D. P. y R. B. Waide (Eds.). The food web of a tropical rain forest. University of Chicago Press. Chicago, USA.
 - Cummins K. W., R. Merritt y P. Andrade. 2005. The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in south Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 40 (1): 69 - 89.
 - Deler-Hernández, A., M. Fikáček y F. Calarique. 2013. A review of the genus *Berosus* Leach of Cuba (Coleoptera, Hydrophilidae). *ZooKeys* 273: 73-106.
 - Estrada-Alvarez, J. y C. Guadarrama. 2013. Nuevos registros de cucarachas (Blattodea) para México. *Dugesiana* 20 (1): 49-53.
 - Domínguez, E. y H. Fernández (Ed). 2009. Macroinvertebrados bentónicos suramericanos. Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina. 211 pp.
 - Eyes-Escalante, M., J. Rodríguez-Barrios y L. Gutiérrez-Moreno. 2012. Descomposición de la hojarasca y su relación con los macroinvertebrados acuáticos del río Gaira (Santa Marta-Colombia). *Acta Biológica Colombiana* 17(1): 77-92.
 - Fièvet, E., S. Dolédec y P. Lim 2001. Distribution of migratory fishes and shrimps along multivariate gradients in tropical island streams. *Journal of Fish Biology* 59: 390-402.
 - García-Guerrero M., F. Becerril-Morales, F. Vega-Villasante y L. D. Espinosa-Chaurand. 2013. Los langostinos del género *Macrobrachium* con importancia económica y pesquera en América Latina: conocimiento actual, rol ecológico y conservación. *Latin American Journal of Aquatic Research* 41(4): 651-675.
 - Gomes-Dias, L. P. Vilela-Cruz y P. Fiuza-Ferreira. 2009. A new species of *Tricorythodes* Ulmer (Ephemeroptera: Leptohyphidae) from Northern Brazil. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology* 45:127-129.
 - Gómez-Aguirre, A. M., M. Longo y J. F. Blanco. 2009. Ensamble de macroinvertebrados de las quebradas de la isla Gorgona: patrones espaciales durante dos períodos hidrológicos contrastantes. *Actualidades Biológicas* 31(91): 161-178.
 - Grantham, B. A., G. L. Eckert y A. L. Shanks. 2003. Dispersal potential of marine invertebrates in diverse habitats. *Ecological Applications (Supplement)* 13: S108-S116.
 - Guerrero-Bolaño, F., A. Manjarrés-Hernández y N. Núñez-Padilla. 2003. Los macroinvertebrados bentónicos de pozo azul (cuenca del río Gaira, Colombia) y su relación con la calidad del agua. *Acta Biológica Colombiana* 8 (2): 43-55.
 - Heppner, J. B. 1976. Synopsis of the genus *Parargyractis* (Lepidoptera: Pyralidae: Nymphulinae) in Florida. *The Florida Entomologist* 59 (1): 5-19.
 - Hogue, C. L. 1990. A remarkable new species of *Maruina* (Diptera: Psychodidae) from Colombia. *Aquatic Insects* 12 (3): 185-191.
 - Holzenthal, R. W. 1995. The caddisfly genus *Nectopsyche*: new gemma group species from Costa Rica and the Neotropics (Trichoptera: Leptoceridae). *Society of Freshwater Science* 14 (1): 61-83.
 - Holzenthal, R. W., R. J. Blahnik, A. Prather y K. Kjer. 2007. Order Trichoptera Kirby, 1813 (Insecta), Caddisflies. *Zootaxa*: 639-698.
 - Jacobsen, D., C. Cressa, J. M. Mathooko y D. Dudgeon. 2008. Macroinvertebrates: Composition, life histories and production. Pp. 65-105. En: Dudgeon, D. (Ed). Tropical Stream Ecology. Elsevier, London, UK.
 - Joy, M. K. y R. G. Death. 2001. Control of freshwater fish and crayfish community structure in Taranaki, New Zealand: dams, diadromy or habitat structure? *Freshwater Biology* 46: 417-429.
 - Klausnitzer, B. 2009. Contribution to the knowledge of *Elodes sericea* species-group with description of two new species from Middle Asia (Coleoptera, Scirtidae). *Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae* 49 (2): 711-728.
 - Li, Y. J. y J. C. Morse. 1997. Polyplectropus species (Trichoptera: Polycentropodidae) from China, with consideration of their phylogeny. *Insecta Mundi* 11(3-4): 300-310.
 - Longo, M. 2012. Gorgona island streams bioassessment (Tropical Pacific): Hierarchical controls of aquatic insect abundance and composition, richness and spatial arrangement of shredder taxa. Tesis Doctoral, Universidad de Antioquia, Medellín. 118 pp.
 - Longo, M. y J. F. Blanco. 2009. Sobre los filtros que determinan la distribución y la abundancia de los macroinvertebrados diádromos y no-diádromos en cada nivel jerárquico del paisaje fluvial en islas. *Actualidades Biológicas* 31(91): 179-195.
 - Longo, M. y J. F. Blanco. 2014. Shredders are abundant and species-rich in tropical continental-island low-order streams: Gorgona Island, Tropical Eastern Pacific, Colombia. *Revista de Biología Tropical* 62 (Suppl. 1): 85-105.
 - MacArthur, R. H y E. O. Wilson. 1967. The theory of island biogeography. Princeton University Press, New Jersey, USA. 224 pp.
 - Maes, J. M. y P. R. Mendoza. 1990. Catálogo de los Diptera de Nicaragua. *Revista Nicaragiense de Entomología* 14: 19-39.
 - Maier, C.A. 2013. A revision of the *Larainae* (Coleoptera, Elmidae) of Venezuela, with description of nine new species. *ZooKeys* 329: 33-91.
 - Manjarrés-García, G. y G. Manjarrés-Pinzón. 2004. Contribución al conocimiento hidrobiológico de la parte baja de los ríos de la vertiente noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Revista del Instituto de Investigaciones Tropicales* 1:39-50.
 - Mariano, R., R. W. Flowers y C. G. Froehlich. 2011. Four new species, a new synonymy and new record for *Thraulodes Ulmer* 1920 (Ephemeroptera: Leptophlebiidae: Atalophlebiinae). *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology* 47: 387-393.
 - Mena-Moreno, N. 2010. Estado ecológico de un sistema fluvial tropical costero: río Capurganá (Darién colombiano). Trabajo de grado de pregrado, Universidad de Antioquia, Turbo. 52 pp.
 - Needham, J. G. 1941. Life history studies on *Progomphus* and its nearest allies (Odonata: Aeschnidae). *Transactions of the American entomological Society* 67 (3): 221-245.
 - Nessimian, J. L. y L. Dumas. 2010. Description of the immature stages of *Lepto-*



M. Longo

ENTOMOFAUNA Y MACROINVERTEBRADOS

- nema tridens* (Insecta: Trichoptera: Hydropsychidae) from Southeastern Brazil with notes on its biology. *Zoologia* 27(3): 465-471.
- Nieto C. 2004. The genus *Baetodes* (Ephemeroptera: Baetidae) in South America with the description of new species from Argentina, Bolivia and Peru. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 39 (1): 63-79.
 - Nieto, C. y B. Richard. 2008. The genus *Cloeodes* (Ephemeroptera: Baetidae) in Argentina with new generic synonymy and new species. *Zootaxa* 1727: 1-21.
 - Novaes, M. C., P. C. Bispo y J. Higuti. 2012. A description of the nymph of *Anacronetria ofaye* Froehlich (Plecoptera: Perlidae) and an apparatus for rearing Neotropical stonefly species. *Zootaxa* 3547: 71-77.
 - Padilla-Gil, D. N. y J. Damgaard. 2011. A new species of *Potamobates* Champion from Colombia with a re-analysis of phylogenetic relationships (Hemiptera: Gerriidae). *Zootaxa* 2879: 41-49.
 - Pérez, A. M., M. Sotelo, I. Arana y A. López. 2008. Diversidad de moluscos gasterópodos terrestres en la región del Pacífico de Nicaragua y sus preferencias de hábitat. *Revista de Biología Tropical* 56 (1): 317-332.
 - Pyron M., A. Covich y R. Black. 1999. On the relative importance of pool morphology and woody debris to distributions of shrimp in a Puerto Rican headwater stream. *Hydrobiologia* 405: 207-215
 - Reuschel, S. 2008. Comparative phylogeographic studies of three marine and one amphidromous species clarifying the mechanisms of generation and maintenance of genetic diversity and identifying cryptic species. PhD Thesis, Regensburg University, Germany. 133 pp.
 - Rodríguez, J. A. 2011. Descriptores funcionales en un sistema fluvial de montaña. Santa Marta, Colombia. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 161 pp.
 - Rozkošný, R. y D. Kovac. 2001. New male, larva and puparium of *Odontomyia pulcherrima* Brunetti (Insecta: Diptera: Stratiomyidae) from the Oriental Region. *The raffles bulletin of Zoology* 49 (1): 101-108.
 - Rueda-Delgado, G., K. M. Wantzen y M. B. Tolosa 2006. Leaf-litter decomposition in an Amazonian floodplain stream: effects of seasonal hydrological changes. *Journal of the North American Benthological Society* 25: 233-249.
 - Silva-De Azevêdo, C. A. y N. Hamada. 2007. Description of the larvae of *Corydalus batesii* MacLachlan and *C. ignotus* Contreras-Ramos (Megaloptera: Corydalidae) with notes on life history and behavior. *Zootaxa* 1631: 33-45.
 - Spangler, P. J. y S. Santiago. 1987. A revision of the neotropical aquatic beetle genera *Disersus*, *Pseudodisersus*, and *Potamophilops* (Coleoptera: Elmidae). Smithsonian contributions to zoology No 446. Smithsonian Institution Press, Washington DC, USA. 48 pp.
 - Spinelli, G. R. y W. W. Wirth. 1984. The neotropical predaceous midges of the genus *Alluaudomyia* (Diptera: Ceratopogonidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 86 (3): 673-702.
 - Stribling J. B. 1986. Revision of *Anchytarsus* (Coleoptera: Dryopoidea) and a key to the New World genera of Ptilodactylidae. *Annals of the entomological society of America* 79 (1): 219-234.
 - Townsend, C. R., S. Dolédec, R. Norris, K. Peacock y C. Arbuckle. 2003. The influence of scale and geography on relationships between stream community composition and landscape variables: description and prediction. *Freshwater Biology* 48: 768-785.
 - Valverde, A. C. y M. I. Abelando. 2006. Caracterización de los estados premarginales de *Protoptila dubitans* y *Protoptila misionensis* (Trichoptera: Glossosomatidae). *Revista de la Sociedad Entomologica Argentina* 65 (3-4): 11-17.
 - Wang, T. Q., W. Sites y W. P. McCafferty W. P. 1998. Two new species of *Leptohyphes* (Ephemeroptera: Leptohyphidae) from Ecuador. *Florida Entomological Society* 81(1): 68-75.
 - Xue, W. Q., S. C. Bai y W. X. Dong. 2012. A study of the genus *Limnophora* Robineau-Desvoidy (Diptera: Muscidae), with descriptions of six new species from China. *Journal of Insect Science* 12 (17): 1-20.

Anexo 1. Insectos acuáticos presentes en ecosistemas lóticos insulares y pericontinentales del mar Caribe e insular del océano Pacífico colombiano (Cpc: Caribe pericontinental; Ci: Caribe insular; Pi: Pacífico insular) y distribución mundial de géneros: *Cosmopolita. ** América tropical y subtropical. *** Neotropical. Abreviaturas, B: Blattodea; C: Coleoptera; D: Diptera; E: Ephemeroptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; M: Megaloptera; O: Odonata; T: Trichoptera.

Orden/Familia/ género-morfotipo	Región/ distribución (*)	Orden/Familia/ género-morfotipo	Región	Orden/Familia/ género-morfotipo	Región
Blaberidae (B)		Elmidae (C)			
<i>Epilampra</i>	PI***	<i>Cyloepus</i>	Cpc***	Morfotipo	Ci
Carabidae (C)		<i>Disersus</i>	Cpc, PI**	<i>Oocyclus</i> c.f.	CI*
Morfotipo	PI	<i>Heterelmis</i>	Cpc, PI***	<i>Tropisternus</i>	Cpc, CI**
Chrysomelidae (C)		<i>Hexacylloepus</i>	PI***	<i>Hydrophilus</i>	Cpc*
<i>Donacia</i>	Cpc*	<i>Macrelmis</i>	Cpc, PI**	Hydroscaphidae (C)	
Curculionidae (C)		<i>Microcyloepus</i>	Cpc, PI**	Morfotipo	Ci
<i>Listronotus</i>	Cpc**	<i>Morfotipo</i>	Cpc, Ci	Lampyridae (C)	
Morfotipo	Cpc	<i>Neohelms</i>	PI**	Morfotipo	Pi
Dryopidae (C)		<i>Orychelms</i>	Cpc***	Limnycidae (C)	
<i>Elmoparnus</i>	Cpc***	<i>Phanocerus</i>	Cpc, PI***	Morfotipo	Cpc
<i>Helichus</i>	Cpc*	<i>Pseudodisersus</i>	Cpc***	Lutrochidae (C)	
<i>Pelonomus</i>	Cpc**	Gyrinidae (C)		<i>Lutrochus</i>	PI**
Dytiscidae (C)		Morfotipo	Cpc	Morfotipo (C)	
<i>Copelatus</i>	CI*	Hydraenidae (C)		Morfotipo	Ci
<i>Hydaticus</i>	CI*	<i>Hydraena</i>	Cpc, CI*	Nosodendridae (C)	
<i>Laccodytes</i>	CI***	Morfotipo	Cpc, Ci	Morfotipo	Ci
Morfotipo	Cpc, Ci, P	Hydrophilidae (C)		Noteridae (C)	
<i>Rhantus</i>	CI*	<i>Berosus</i>	Cpc, CI*	Morfotipo	Ci
<i>Laccophilus</i>	CI*	<i>Enochrus</i>	PI*	<i>Notomicrus</i>	CI*



M. Longo

ENTOMOFAUNA Y MACROINVERTEBRADOS

Anexo 1. Continuación.

Orden/Familia/ género-morfotipo	Región/ distribución (*)	Orden/Familia/ género-morfotipo	Región	Orden/Familia/ género-morfotipo	Región
Psephenidae (C)		Ceratopogonidae (D)		<i>Nilotanytus</i>	Ci*
<i>Eubrinae</i> mf	P-i	<i>Alluaudomyia</i>	Cpc, Pi*	<i>Orthoclaudiinae</i> mf	Cpc, Pi
<i>Psephenops</i>	Cpc, Pi**	<i>Atrichopogon</i>	Cpc*	<i>Parametricnemus</i>	Ci*
Ptilodactylidae (C)		<i>Forcipomyia</i>	Ci, Pi*	<i>Phaenopsectra</i>	Ci*
<i>Anchytarsus</i>	Cpc, Pi**	Morfotipo	Ci	<i>Stenochironomus</i>	Cpc, Pi*
<i>Tetraglossa</i>	Cpc, Pi**	<i>Probezzia</i>	Cpc*	<i>Tanypodinae</i> mf	Cpc, Pi
Scarabeidae (C)		Ceridae (D)		<i>Tanytarsini</i> mf	Ci
Morfotipo	Cpc	Morfotipo	Cpc	<i>Tanytarsus</i>	Ci*
Scirtidae (C)		Chironomidae (D)		<i>Polypeditum</i>	Ci*
<i>Elodes</i>	Cpc, Pi*	<i>Beardius</i>	Ci**	Culicidae (D)	
Morfotipo	Cpc, Ci	<i>Chironominae</i> mf	Cpc	<i>Aedeomyia</i>	Cpc*
Sphaeriidae (C)		<i>Chironomus</i>	Ci*	<i>Aedes</i>	Ci*
<i>Sphaerius</i>	Ci**	<i>Diamesinae</i>	Cpc	<i>Anopheles</i>	Cpc, Ci*
Staphylinidae (C)		<i>Dicrorhynchus</i>	Ci*	<i>Culex</i>	Cpc*
Morfotipo	Cpc, Pi	<i>Endotribel</i>	Ci*	Morfotipo	Cpc, Ci
Athericidae (D)		<i>Fittkauimyia</i>	Ci*	<i>Uranotaenia</i>	Cpc*
Morfotipo	Cpc	<i>Labrundinia</i>	Ci*	Dixidae (D)	
Blephariceridae (D)		<i>Larsia</i>	Ci*	<i>Dixella</i>	Cpc*
<i>Limonicola</i>	Cpc***	<i>Lauterborniella</i>	Ci*	Morfotipo	Cpc
<i>Paltostoma</i>	Cpc***	Morfotipo	Cpc, Ci, Pi		

Anexo 1. Continuación.

Orden/Familia/ género-morfotipo	Región/ distribución (*)	Orden/Familia/ género-morfotipo	Región	Orden/Familia/ género-morfotipo	Región
Empididae (D)		Tabanidae (D)		Caenidae (E)	
<i>Chelifera</i>	Cpc*	<i>Chrysops</i>	Cpc*	Morfotipo	Cpc
<i>Hemerodromia</i>	Cpc*	<i>Tabanus</i>	Cpc*	Euthyplociidae (E)	
Morfotipo	Cpc	Tanypodinae (D)		<i>Campylocia</i>	Cpc***
Ephydriidae (D)		Morfotipo	Pi	<i>Euthyplocia</i>	Cpc***
Morfotipo	Cpc, Ci	Tipulidae (D)		Leptohyphidae (E)	
Limoniidae (D)		<i>Hexatoma</i>	Cpc, Pi*	<i>Leptohyphes</i>	Cpc, Pi**
<i>Pseudolimnophila</i>	Pi*	<i>Limonia</i>	Cpc, Ci**	<i>Tricorythodes</i>	Cpc, Pi**
Muscidae (D)		Morfotipo	Cpc, Ci, Pi	Leptophlebiidae (E)	
<i>Limnophora</i>	Cpc, Pi*	<i>Tipula</i>	Cpc, Ci, Pi*	<i>Farrodes</i>	Pi*
<i>Lispe</i> cf.	Cpc*	<i>Limnophilus</i>	Cpc	<i>Hagenulopsis</i>	Ci, Pi***
Psychodidae (D)		<i>Molophilus</i>	Cpc*	<i>Terpides</i>	Cpc, Pi***
<i>Clogna</i>	Cpc**	Baetidae (E)		<i>Thraulodes</i>	Cpc, Pi***
<i>Maruia</i>	Cpc, Pi**	<i>Baetis</i>	Cpc*	<i>Traverella</i>	Cpc**
Morfotipo	Ci	<i>Baetodes</i>	Cpc, Pi**	Oligoneuridae (E)	
<i>Pericoma</i>	Cpc*	<i>Camelobaetidius</i>	Cpc**	<i>Lachlania</i>	Cpc**
Simuliidae (D)		<i>Cloeodes</i>	Cpc, Pi*	Belostomatidae (H)	
<i>Simulium</i>	Cpc, Pi*	<i>Dactylobaetis</i>	Cpc*	<i>Belostoma</i>	Cpc*
Stratiomyidae (D)		<i>Moribaetis</i>	Cpc***	Morfotipo	Cpc
Morfotipo	Ci	<i>Prebaetodes</i>	Cpc***		
<i>Odontomyia</i>	Cpc, Pi*				



M. Longo

ENTOMOFAUNA Y MACROINVERTEBRADOS

Anexo 1. Continuación.

<u>Orden/Familia/</u> género-morfotipo	<u>Región/</u> <u>distribución (*)</u>	<u>Orden/Familia/</u> género-morfotipo	<u>Región</u>	<u>Orden/Familia/</u> género-morfotipo	<u>Región</u>
Coridae (H)		Naucoridae (H)		Corydalidae (M)	
<i>Centrorchisa</i>	Cpc**	<i>Ambrysus</i>	Cpc**	<i>Corydalus</i>	Cpc, Pi***
Gelastocoridae (H)		<i>Cryphocricos</i>	Cpc***	Morfotipo	Cpc
Morfotipo	Cpc	<i>Limnocoris</i>	Cpc***	Calopterygidae (O)	
Gerridae (H)		Morfotipo	Cpc	<i>Hetaerina</i>	Cpc***
<i>Aquarius</i>	Pi*	<i>Pelocoris</i>	Cpc*	Coenagrionidae (O)	
<i>Brachymetra</i>	Cpc**	Notonectidae (H)		<i>Argia</i>	Cpc, Pi**
<i>Eurygerris</i>	Cpc***	<i>Buenoa</i>	Cpc*	<i>Ischura</i>	Cpc*
<i>Limnogonus</i>	Cpc*	<i>Notonecta</i>	Cpc, Ci*	<i>Telebasis</i>	Cpc**
<i>Metrobates</i>	Pi*	Veliidae (H)		Gomphidae (O)	
Morfotipo	Cpc	<i>Microvelia</i>	Cpc, Ci*	<i>Agriogomphus</i>	Cpc***
<i>Potamobates</i>	Cpc, Pi***	<i>Rhagovelia</i>	Cpc, Pi*	<i>Aphylla</i>	Ci***
<i>Rheumatobates</i>	Pi**	<i>Striduvella</i>	Cpc	<i>Epigomphus</i>	Ci***
<i>Telmatometra</i>	Cpc**	Crambidae (L)		<i>Gomphus</i>	Pi*
<i>Trepobates</i>	Cpc, Ci**	Acentropinae mf	Pi	Morfotipo	Cpc
Hebridae (H)		Morfotipo	Cpc, Ci	<i>Ophiogomphus</i>	Cpc**
Morfotipo	Cpc	Nymphulinae mf	Pi	<i>Phyllogomphoides</i>	Cpc***
Mesoveliidae (H)		Pyralidae (L)		<i>Progomphus</i>	Cpc, Pi**
<i>Mesovelia</i>	Cpc, Ci	Morfotipo	Pi	<i>Stylogomphus</i>	Cpc*
		<i>Paragyrractis</i>	Cpc, Pi*		
		Phycitinae mf	Ci		

Anexo 1. Continuación.

<u>Orden/Familia/</u> género-morfotipo	<u>Región/</u> <u>distribución (*)</u>	<u>Orden/Familia/</u> género-morfotipo	<u>Región</u>	<u>Orden/Familia/</u> género-morfotipo	<u>Región</u>
Libellulidae (O)		Helicopsychidae (T)		Morfotipo (T)	
<i>Brechmorhoga</i>	Cpc***	<i>Helicopsyche</i>	Cpc, Ci*	Morfotipo	Ci
<i>Dythemis</i>	Cpc, Ci***	Hidrobiosidae (T)		Odontoceridae (T)	
<i>Erythemis</i>	Cpc, Ci**	<i>Atopsyche</i>	Cpc**	<i>Marilia</i>	Cpc*
<i>Libellula</i>	Ci*	Hydropsychidae (T)		Philopotamidae (T)	
<i>Macrothemis</i>	Cpc***	<i>Leptonema</i>	Cpc, Ci, Pi*	<i>Chimarra</i>	Cpc, Ci, Pi*
Morfotipo	Cpc	<i>Macronema</i>	Pi**	Morfotipo	Cpc
<i>Pantala</i>	Cpc*	Morfotipo	Cpc	<i>Wormaldia</i>	Cpc*
<i>Sympetrum</i>	Cpc*	<i>Smicridea</i>	Cpc, Ci, Pi***	Polycentropodidae (T)	
Megapodagrionidae (O)		Hydroptilidae (T)		<i>Cynellus</i>	Ci**
Morfotipo	Cpc, Pi	<i>Ochrotrichia</i>	Pi***	<i>Polycentropus</i>	Pi*
Platystictidae (O)		<i>Cerasmatrichia</i>	Cpc***	<i>Polyplectropus</i>	Cpc, Pi*
<i>Palaemnema</i>	Cpc, Pi***	<i>Leucotrichia</i>	Cpc**	Xiphocentronidae (T)	
Perlidae (P)		<i>Mayatrichia</i>	Pi**	<i>Xiphocentron</i>	Cpc, Pi***
<i>Anacroneturia</i>	Cpc, Pi***	Morfotipo	Cpc, Ci		
Calamoceratidae (T)		<i>Neotrichia</i>	Ci**		
<i>Phylloicus</i>	Cpc, Pi*	<i>Ochrotrichia</i>	Cpc*		
Ecnomidae (T)		<i>Oxyethira</i>	Ci*		
<i>Austrorinodes</i> c.f.	Ci*	Leptoceridae (T)			
Glossosomatidae (T)		<i>Grimmichella</i>	Cpc***		
<i>Culoptila</i>	Cpc***	Morfotipo	Cpc, Ci		
Morfotipo	Cpc, Ci	<i>Nectopsyche</i>	Cpc, Pi**		
<i>Mortoniella</i>	Cpc, Pi***	<i>Oecetis</i>	Cpc*		
<i>Protoptila</i>	Cpc, Pi**	<i>Tripletides</i>	Cpc***		



Río Salvador, La Guajira, Colombia. Foto: D. Morales-B.



6. EL FLUJO Y TRANSFORMACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA: proceso ecosistémico maestro en las cuencas pericontinentales

Juan F. Blanco-Libreros, Eliana Contreras y Lina Paola Giraldo

Introducción

Uno de los componentes clave en los procesos ecológicos de quebradas de bajo orden (1-2) o de cabecera (naturales o poco impactadas), es el procesamiento de las grandes cantidades de materia orgánica (hojarasca y madera) aportada desde los bosques ribereños, lo cual define su metabolismo heterotrófico, de acuerdo con la visión clásica (Hynes 1975, Vannote *et al.* 1980). Este es el caso de muchas de las cuencas periféricas de Colombia que se caracterizan por ser relativamente cortas (<10¹ km, Capítulo 2), desde el nacimiento hasta su desembocadura, y donde el bosque ribereño provee un dosel cerrado, cuando se encuentra en buen estado, o en su parte montañosa cuando la planicie ha sido ruralizada o urbanizada. En general, los sistemas de cabecera reciben aportes de materia orgánica laterales (desde el banco) y verticales (desde el dosel), luego una parte es almacenada y transformada (principalmente en pozas o zonas de menor corriente), y otra parte se exporta aguas abajo (Hynes 1975, Vannote *et al.* 1980, Abelho 2001). En ambas entradas intervienen procesos físicos, relacionados con la topografía del terreno, que pueden

acelerar o disminuir la cantidad y el tiempo de entrada de hojarasca al ecosistema acuático. Además, la composición de la materia orgánica dentro de las quebradas y arroyos, depende de muchos atributos de la flora ribereña (p. e. calidad, abundancia y diversidad). Tales entradas pueden ser continuas o no durante todo el año y, en algunos casos, los máximos pueden estar asociados con el periodo de lluvias (Gonçalves *et al.* 2006, Afonso *et al.* 2000).

En cuanto a la transformación de la materia orgánica, intervienen procesos físicos que inician la descomposición de la hojarasca, microorganismos que acondicionan la hojarasca y macroinvertebrados, principalmente fragmentadores, que ingieren partes más grandes o sus superficies y la convierten en materia orgánica particulada fina, la cual es aprovechada por otros grupos de organismos aguas abajo (Anderson y Sedell 1979, Cumminis y Klug 1979, Wallace y Merritt 1980, Webster y Benfield 1986, Wallace y Webster 1996, Graça 2001, Gulis y Suberkropp 2003, Wantzen *et al.* 2008). Como parte final del proceso, la cantidad del material que se retiene y se exporta, está determinada por la morfolo-

FLUJO Y TRANSFORMACIÓN

gía del canal (Lamberti *et al.* 1989) y la variabilidad del flujo. Sin embargo, en zonas tropicales, con regímenes torrenciales, las crecientes periódicas disminuyen la capacidad de las quebradas para retener el material orgánico y aumenta el movimiento de la hojarasca aguas abajo o la redistribuyen en el ambiente (Larranaga *et al.* 2003).

Como consecuencia de los doseles cerrados, las quebradas de cabecera reciben baja incidencia lumínica y la hojarasca es la principal fuente de energía para las redes tróficas (Wallace *et al.* 1997). Las limitaciones de luz hacen que en estos sistemas la respiración sea mayor que la producción ($P/R < 1$) (Vannote *et al.* 1980). No obstante, una pequeña parte de la producción es autótrofa principalmente durante las aperturas estacionales o episódicas del dosel, o en tramos parcialmente iluminados (Hynes 1975, Pringle 1996, Larned y Santos 2000, Brito *et al.* 2006, Moulton *et al.* 2012, 2013). En la medida que los arroyos cambian de orden o aumentan su tamaño, la cantidad de material alóctono disminuye y aumenta la producción autótrofa según las predicciones del Concepto del Río Continuo (CRC) y validaciones posteriores (Vannote *et al.* 1980). Sin embargo, a pesar de los paradigmas del procesamiento longitudinal de la materia orgánica en los sistemas lóticos, estos procesos aún no son claros en quebradas de cuencas periféricas que no siempre se ciñen al CRC (Vannote *et al.* 1980), tal como lo plantean Greathouse y Pringle (2006) y Ortiz-Zayas *et al.* (2005), quienes en estudios desarrollados en quebradas de Puerto Rico, sistemas de hasta cuarto orden, aún presentan condiciones de metabolismo heterotrófico similares a las propias de cabecera. Por otra parte, desviándose del modelo propuesto por el CRC, los macroinvertebrados no insectos, tales como los camarones

y los caracoles son los principales consumidores y responsables de altas tasas de respiración (por lo tanto del metabolismo heterotrófico) en dichas quebradas de Puerto Rico (Greathouse y Pringle 2006, Ortiz-Zayas *et al.* 2005), lo cual parece ser una generalidad para los sistemas insulares y costeros tropicales (Wantzen *et al.* 2008). Por esto, es necesario el desarrollo de investigaciones para entender el ciclo de la materia orgánica en las cuencas que drenan los relieves costeros de Colombia.

El objetivo de este capítulo es abordar el tema del flujo y transformación de la materia orgánica como proceso ecosistémico maestro, resaltando su importancia y controles que intervienen en el mismo. Además, se sintetizan los avances en el conocimiento sobre la cuencas tanto peri como epicontinentales, que permitan tener un panorama amplio para futuras investigaciones sobre el tema en el país.

Caída, acumulación y transporte de la hojarasca

A pesar de la importancia que tiene la caída y posterior transformación de la materia orgánica para el funcionamiento de las quebradas de bajo orden, existen pocos estudios en Colombia que abordan la descripción de sus dinámicas y el balance de masas y metabolismo (Anexo 1, 2). Sin embargo, el estudio más completo se realizó precisamente en tres estaciones (50, 900 y 1.650 m s.n.m.) del río Gaira, el cual nace a 2.750 m s.n.m en la Sierra Nevada de Santa Marta y tiene una longitud de 32,5 km hasta su desembocadura (orden 6) en el mar Caribe, abarcando un gradiente de biomas desde bosque muy húmedo tropical en la parte alta, hasta matorral espinoso tropical en la parte baja (Rodríguez-Barrios 2011). Este estudio concluyó que el río tiene una naturaleza exporta-

dora de la materia orgánica, a pesar que la gran longitud de la cuenca podría dar una alta oportunidad para el almacenamiento y procesamiento de la materia orgánica que entra en las cabeceras. Este resultado coincide con lo encontrado en Puerto Rico en un sistema más bajo y más corto, pero de un orden similar (río Mameyes, orden

4: Ortiz-Zayas *et al.* 2005, Greathouse y Pringle 2006). El río Gaira, contrario a las predicciones del CRC, mostró un mayor ingreso diario vertical y lateral de hojarasca en la parte media que en la parte alta (Figura 1), el cual fue, además, mayor durante el período seco que durante el lluvioso. Esto se tradujo en una acumulación local

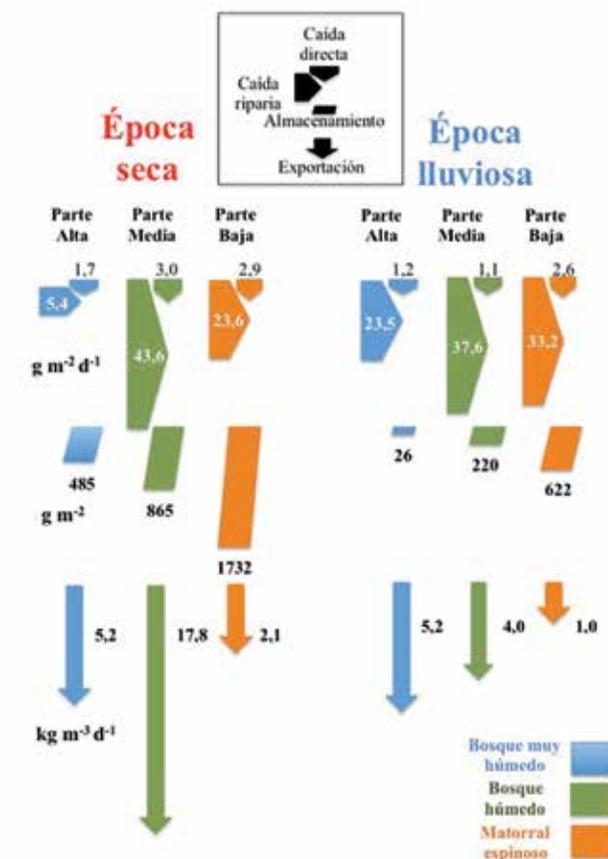


Figura 1. Modelo conceptual de balance de masas de materia orgánica para tres tramos del río Gaira, Sierra Nevada de Santa Marta, durante dos épocas hidrológicas (elaborado con base en los datos del Capítulo 1 de Rodríguez-Barrios 2011). Se indican las magnitudes de caída de hojarasca directamente sobre el lecho del río y sobre la zona ribereña, su almacenamiento dentro del lecho y su exportación aguas abajo.



P. Sánchez-D.

FLUJO Y TRANSFORMACIÓN

neta en esta parte pero también en un alto transporte diario río abajo, igualmente superiores durante el período seco que durante el lluvioso (Figura 1). Anualmente, el dosel cerrado en los tres tramos le aportó al río $23,2 \text{ kg m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ en la parte alta, $55,3$ en la parte media y $33,0$ en la parte baja, siendo mayor la entrada en el margen ribereño que sobre el cauce, sugiriendo un aporte diferencial debido al tipo de bioma, más que al gradiente altitudinal en sí mismo, que de acuerdo al CRC debería contribuir a la apertura del dosel aguas abajo, reduciendo así sus aportes. Por otra parte, los estudios en la isla Gorgona (Longo y Blanco 2014), en varias quebradas de ordenes menores (2-3) y recorridos mucho más cortos (<1 km) que los de la Sierra Nevada de Santa Marta, también han demostrado un carácter exportador de las mismas, sin variaciones longitudinales (entre tramos alto y bajo) significativas, tanto de la concentración del material particulado suspendido como del material grueso acumulado en el fondo (Figura 2). La clasificación (tafocenosis) del material acumulado en el fondo, sin embargo, ha demostrado que existen importantes diferencias significativas entre quebradas y entre periodos hidrológicos (lluvias y sequía), encontrando una correlación positiva entre la biomasa acumulada y la riqueza de morfotipos de la hojarasca, la cual es independiente de las diferencias de caudal o geometría de cauce observadas (Valencia *et al.* 2009, Longo y Blanco 2014) (Figura 2). En las acumulaciones en las partes bajas de estas quebradas, integrando toda la cuenca, se han encontrado >100 morfotipos de hojarasca, variando espacialmente (entre quebradas) entre 3 y 17 en la época seca y entre 6 y 42 en la época lluviosa (Valencia *et al.* 2009). A pesar de esta gran riqueza, hay una simplicidad funcional ya que en toda la isla la biomasa de la hojarasca es dominada por

pocas especies, entre las que sobresalen la pácora (*Cespedesia macrophylla*, 35%) y el ficus (*Ficus*, 14%) (Figura 2).

Los estimativos de caída directa de hojarasca en la Sierra Nevada de Santa Marta están dentro del intervalo observado por Colón-Gaud *et al.* (2008) en quebradas epicontinentales de ordenes equivalentes en Panamá, sin embargo, los estimativos de caída lateral fueron mayores, lo cual puede dar cuenta de las diferencias entre biomas. Por otra parte, la acumulación de hojarasca en el lecho es similar entre la Sierra y Gorgona, y se encuentra en el intervalo de lo encontrado en Panamá (Colón-Gaud *et al.* 2008) y en el Valle del Cauca en Colombia (Mathuriau *et al.* 2008) en quebradas de ordenes similares (4). Los resultados obtenidos en río Gaira (Sierra Nevada de Santa Marta) y la isla Gorgona son un indicador preliminar del carácter poco retentivo en términos de la materia orgánica particulada gruesa y fina en los ríos y quebradas periféricas. Sin embargo, es necesario realizar estudios más exhaustivos tanto en estos dos sistemas mediante un número mayor de estaciones arregladas a lo largo del gradiente altitudinal o siguiendo el orden de las corrientes, tal como se mostró en el Capítulo 2. Por otra parte, es necesario extender las investigaciones sobre flujos, reservorios y balances de masas de la materia orgánica a los extremos hidrológicos de los sistemas periféricos, es decir hacia los climas hiperlluvioso de la serranía del Baudó, hasta el seco y semi-desértico (serranías de San Jacinto y la Macuira, respectivamente) (Capítulo 2). Como estudios de referencia sobre los temas de caída de hojarasca en bosque y exportación a través de las quebradas de cabecera están los estudios a largo plazo en el bosque lluvioso insular de Luquillo (Puerto Rico), que han permitido estable-

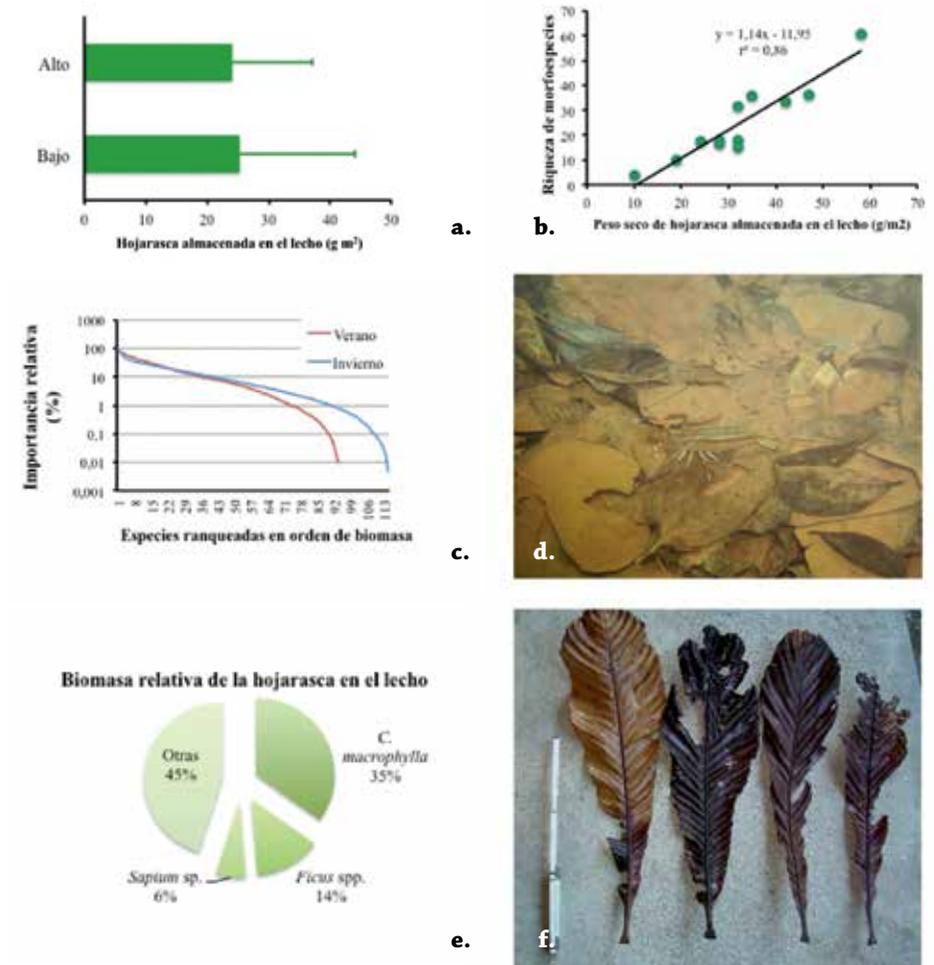


Figura 2. Características de los almacenamientos de hojarasca en el lecho de las quebradas de la isla Gorgona. a) Almacenamiento de hojarasca en seis quebradas en marzo de 2009; b) correlación entre la biomasa de hojarasca y la riqueza de morfo-especies en marzo de 2009; c) curva de dominancia relativa en términos de biomasa de las morfo-especies de hojarasca en nueve quebradas en abril y junio de 2008; d) fotografía subacuática de una piscina mostrando la acumulación multi-específica de hojarasca y un camarón *Macrobrachium americanum* sobre ella; e) contribución de las especies dominantes a la biomasa de hojarascas de las nueve quebradas muestreadas durante 2008; f) hojas de *Cespedesia macrophylla*, especie dominante en la hojarasca de los lechos, en diferentes estados de descomposición (escala: 60 cm). Nótese la poca pérdida de masa, a pesar del ennegrecimiento de las hojas como indicador del tiempo de descomposición. Datos de a y b modificados de Longo y Blanco (2014). Datos de (c) y (e) modificados de Valencia *et al.* (2009). Fotos: J. F. Blanco.



P. Sánchez-D.

FLUJO Y TRANSFORMACIÓN

cer los patrones estacionales y los interanuales, estos últimos influenciados por el paso de tormentas tropicales y huracanes (Zalamea y González 2008, Heartsill-Scalley *et al.* 2012).

Finalmente, los resultados sobre el balance de masas de materia orgánica en el río Gaira y las quebradas de la isla Gorgona sugieren que el metabolismo de dichos sistemas es heterotrófico. De hecho el estudio de Rodríguez-Barrios (2011, publicado como Orozco-Berdugo *et al.* 2012), sugiere dicha característica con mediciones de producción primaria neta y respiración béntica en diferentes substratos. Otro estudio realizado sobre metabolismo ecosistémico en un caño de “aguas negras” en la Amazonía colombiana, también encontró un carácter heterotrófico asociado a las altas tasas de caída de hojarasca, por tanto de carbono, y al bajo caudal que contribuye a la función de sumidero (Tobón-Pérez 2012, Anexo 2). Por lo tanto, dado que el metabolismo integra muchas funciones del ecosistema lótico, puede ser un buen indicador de condiciones ambientales y debería ser un tema de investigación futura.

Descomposición de la hojarasca

Existen más estudios sobre la descomposición de la hojarasca, pero la mayoría se han llevado a cabo en quebradas epicontinentales y no se han publicado (Mathuriau y Chauvet 2002, Chará *et al.* 2005, Rueda-Delgado *et al.* 2006, Chará *et al.* 2007, Rivera *et al.* 2008, Rodríguez-Barrios *et al.* 2008, Gonzáles-Ortega 2009, Zúñiga-Céspedes 2011, Tobón-Pérez 2012, Blanco y Gutiérrez 2014, ver Anexo 3). Específicamente en las quebradas periféricas se han abordado solo algunas zonas de vida tales como matorral espinoso, bosque húmedo tropical, y bosque muy húmedo tropical (Guerrero y Zúñiga 2005, Eyes-Escalante

et al. 2012, Luna-Fontalvo 2009), siendo vacíos de información el bosque seco basal y montano de la vertiente del Caribe, el bosque de niebla y el páramo de la Sierra Nevada de Santa Marta, el bosque sub-húmedo o estacionalmente seco de las serranías del Darién y Abibe, y el bosque hiperpluvial de la vertiente del Pacífico. El principal foco temático han sido la cuantificación de las tasas de descomposición de la hojarasca ya sea mediante el coeficiente de decaimiento exponencial (k) (*sensu* Petersen y Cummins 1974), el tiempo de vida media (tiempo requerido para la pérdida del 50% de la masa) o el porcentaje de pérdida de peso. Secundariamente, se han comparado las tasas de descomposición (*sensu lato*) entre especies, principalmente en tributarios de la Sierra Nevada de Santa Marta, siendo las especies objeto *Anacardium excelsum* (caracolí, espavé, o mijao), *Cecropia* spp (yarumo o guarumo), *Eucalyptus* sp (eucalipto), *Mangifera indica* (mango) y *Miconia* spp (Miconia) (Guerrero y Zúñiga 2005, Eyes-Escalante *et al.* 2012, Luna-Fontalvo 2009). Estas fueron seleccionadas de acuerdo a su abundancia y frecuencia en los sitios de estudio y clasificadas de acuerdo a su origen como nativas o exóticas, bajo criterios específicos (en algunos casos disímiles) de los investigadores. Por otra parte, especies de hojarasca dominantes en la isla Gorgona, *Cespedesia macrophylla* (pácora, nativa) y *Artocarpus altilis* (árbol del pan, introducida) (Valencia *et al.* 2009), también frecuentemente utilizadas en la reforestación de riberas de zonas urbanas y rurales de Colombia, fueron incluidas dentro de un estudio que evaluó el efecto de la calidad físico-química de las hojas sobre sus porcentajes de pérdida de masas en varias especies, en una quebrada de referencia (Blanco y Gutiérrez 2014). Conforme a la teoría, este estudio encontró que las tasas de descom-

posición son directamente proporcionales con la “calidad” (altas tasas en hojas de “buena calidad”, es decir altas concentraciones de fósforo y baja dureza). Juntando la información disponible para el país en los estudios mencionados (Anexo 3), se ha encontrado que no hay diferencias significativas de las tasas de descomposición entre especies nativas y exóticas, debido a que en ambas hay una gran variabilidad en términos de calidad. Una rápida descomposición se ha encontrado en especies tales como *Artocarpus altilis* (árbol del pan), *Tectona grandis* (teca), *Schefflera actinophylla* (chefflera), *Terminalia cattapa* (almenadro), *Pithecellobium longifolium* (guamo de río en el Caribe), *Anacardium excelsum* (caracolí), *Croton gossypifolius* (crotón), *Mangifera indica* (mango) y *Coffea arabica* (café), mientras que una lenta descomposición se ha observado en *Inga* sp (guamo del Pacífico), *Theobroma cacao* (cacao), *Ficus* sp (higuera o higuieron), *Cecropia* spp (yarumo o guarumo), *Camposperma panamensis* (sajo) y *Cespedesia macrophylla* (pácora). Estos estudios en las cuencas epi y pericontinentales de Colombia empiezan a engrosar la lista de estudios disponibles para el Caribe que, además de estudiar el papel de los macroinvertebrados en la descomposición de la hojarasca, han utilizado el proceso como un indicador de gradientes naturales de enriquecimiento de nutrientes, de urbanización o de sucesión de bosques (ver recientes: Rincón y Covich 2014, Torres y Ramírez 2014 y referencias en ellos). Los gradientes altitudinales (p. e. Sierra Nevada de Santa Marta) o climáticos (Caribe vs. Pacífico, y diferencias de régimen de crecientes o sequía dentro de cada uno) observados en los sistemas periféricos colombianos, ofrecen interesantes oportunidades de investigación sobre este proceso en el contexto del cambio climático y su manifestación en la hidrología,

de manera equivalente a lo publicado por Boyero *et al.* (2011a, b, 2012) en su experimento y observaciones globales. Adicionalmente, dado que muchas cuencas atraviesan mosaicos de cobertura y uso de la tierra, también se podría estimar si el proceso de descomposición es un indicador de las transiciones de bosque a otras coberturas antropogénicas tal como se ha hecho en otras zonas costeras neotropicales (p. e. Puerto Rico: Torres y Ramírez 2014, Brasil: Silva-Junior y Moulton 2011, Silva-Junior *et al.* 2014).

Macroinvertebrados y microorganismos como controles bióticos de la descomposición

En todo el mundo, el tema más estudiado dentro de la descomposición es el papel de los procesos biológicos extrínsecos, es decir el consumo por parte de los macroinvertebrados. Sin embargo, el papel de los microorganismos ha sido poco estudiado, patrones que se reflejan tanto en la literatura sobre el trópico y sobre las cuencas periféricas (revisado por Abelho 2001, Wantzen *et al.* 2008). Particularmente en la Sierra Nevada de Santa Marta (río Gaira), se han estudiado las comunidades de macroinvertebrados acuáticos y hongos asociadas a la descomposición de hojarasca en bolsas mono-específicas, ya que el ojo de malla suficientemente grande (5 ó 10 mm) ha permitido la colonización (Luna-Fontalvo 2009, Eyes-Escalante *et al.* 2012). Los grupos de macroinvertebrados asociados a los paquetes de la hojarasca son Diptera (Tanypodinae, Chironomidae y Simuliidae), Ephemeroptera (Leptophlebiidae, Leptohyphidae y Baetidae), Coleoptera (Elmidae), Trichoptera (Leptoceridae), entre los cuales se cree que los colectores ya sea filtradores (Leptophlebiidae, Leptohyphidae y Simuliidae) o recolectores (Chironomidae y Elmidae), además de los



P. Sánchez-D.

FLUJO Y TRANSFORMACIÓN

raspadores (Baetidae y Leptoceridae), son los que colonizaron la hojarasca y tienen el potencial de participar en la transformación de la hojarasca en materia orgánica particulada gruesa (MOPG) y fina (MOPF). Sin embargo, el grupo dominante fue *Anacroneturia* (Plecoptera) el cual es un depredador u omnívoro (Eyes-Escalante *et al.* 2012). A pesar de este inventario, el diseño experimental no permitió establecer la influencia de los insectos en el proceso de descomposición debido a que no utilizó diferentes ojos de malla que excluyeran o permitieran el acceso a los mismos, ni tampoco exploró el papel de los camarones el cual usualmente no se puede medir en experimentos con bolsas de ojo de malla pequeño (Bobeldyk y Ramírez 2007). Por otra parte, se han aislado hongos anamórficos acuáticos (*Clavatospora tentacula*, *Clavariopsis aquatica*, *Campylospora chaetocladia*, *Helicomyces* sp. y *Flagellospora curvula*) (Luna-Fontalvo 2009). En la isla Gorgona, aunque no se han realizado estudios de descomposición de la hojarasca, se han estudiado los macroinvertebrados y los microorganismos asociados a los paquetes de hojarasca (Valencia y Lizarazo 2009, Longo y Blanco 2014). Sobresalen las cucarachas acuáticas *Epilampra* sp. y los camarones *Potimirin glabra* como los detritívoros más abundantes y con altas preferencias por la materia orgánica, mientras que los *Stenochironomus* usan como hábitat las láminas de las hojas, realizando galerías, posiblemente contribuyendo a la fragmentación (Longo y Blanco 2014). Los estudios anteriores deben motivar la investigación sobre los temas clásicos como el papel de los macroinvertebrados (tanto insectos como camarones) sobre la descomposición, pero también acerca de temas nuevos como el papel de los hongos y bacterias, todos ellos a través de gradientes bióticos y abióticos. Por ejemplo, en el Caribe solo se

ha estudiado el papel de los microorganismos y del tipo de condicionamiento de las hojas (aéreo, terrestre o acuático) en Puerto Rico (Wright y Covich 2005, Crowl *et al.* 2006). Por otra parte, dado que las tasas de descomposición pueden ser un buen indicador de condiciones de intervención, debería ser un tema de investigación futura tal como se ha iniciado en quebradas costeras de la Mata Atlántica de Brasil (Silva-Junior y Moulton 2011, Silva-Junior *et al.* 2014).

Finalmente, dado que el papel de los macroinvertebrados en la descomposición, particularmente de los fragmentadores, es un tema activo en todo el mundo, que gana fuerza en el Trópico (Wantzen *et al.* 2008), es necesario en Colombia asignar de manera robusta los roles tróficos a cada especie o morfo-especie. Por ello, se recomienda la utilización de estudios que exploren esteosópicamente los “rasgos” de las especies, particularmente la anatomía del aparato bucal (además de otros caracteres morfológicos corporales) relacionados con los contenidos estomacales y los hábitos de vida (Tomanova *et al.* 2006, Tomanova y Tedesco 2007, Violle *et al.* 2007, Tomanova y Oberdorff 2008). En Colombia existen muy pocos estudios que hayan relacionado las características morfológicas del aparato bucal, los contenidos estomacales o ambos con los grupos tróficos, pero sobresalen los de Tamarís-Turizo *et al.* (2007), Eyes-Escalante *et al.* (2012), Granados-Martínez (2013) y Guzmán-Soto y Tamarís-Turizo (2014) (todos en el río Gaira, Sierra Nevada de Santa Marta), Longo y Blanco (2014, isla Gorgona), Contreras (2012, río Capurganá, serranía del Darién) y Chará-Serna *et al.* (2012, eje cafetero de la zona andina). Por lo tanto, el estudio de los rasgos funcionales o biológicos (*functional traits* ó *biological traits*), de-

finidos como características morfológicas, del ciclo vital, reproductivas, locomotoras, fisiológicas o de comportamiento de los organismos acuáticos (independientes de aspectos taxonómicos) pueden ser utilizados para describir cambios en las comunidades de invertebrados en gradientes ambientales (naturales o antrópicos) (Violle *et al.* 2007). Por ello, sería recomendable su estudio en las cuencas periféricas a distintas escalas espaciales o entre distintas regiones climáticas, ya que la mayoría de rasgos son independientes de relaciones filogenéticas y, por lo tanto, también de la región biogeográfica que se considere, y permite establecer hipótesis simples que permitan predecir cambios en las comunidades debido a cambios en el ambiente, particularmente antropogénicos (Statzner *et al.* 2005, Bonada *et al.* 2006, Tomanova y Usseglio-Polatera 2007, Prat *et al.* 2009). Por otra parte, la literatura reciente está indicando que esta aproximación permite compensar la falta de información o experiencia taxonómica local mediante la obtención de listados de características que pueden ser utilizadas no solo para describir el ambiente, sino para establecer de manera más clara las presiones selectivas que ha ejercido el mismo sobre la biota.

En conclusión, la información disponible, principalmente para el río Gaira y las quebradas de la isla Gorgona, sugieren que los sistemas periféricos reciben grandes cantidades de hojarasca desde el dosel y las riberas a lo largo de sus cursos, la cual se acumula transitoriamente en los lechos, pero que es exportada en gran medida hacia el mar. A pesar de las grandes diferencias que existen en las tasas de descomposición de la hojarasca asociadas a la identidad de las especies y a la composición de los bosques, se estima que hay una importante participación de los pro-

cesos mecánicos, mientras que el papel de los macroinvertebrados puede estar limitado a los macro-consumidores de mayor biomasa tales como los camarones y las cucarachas, aunque no se descarta el papel de los insectos, particularmente los minadores (p. e. Chironomidae) en las zonas de aguas más calmadas o durante periodos cortos de tiempo.

Recomendaciones y perspectivas futuras

Dada la gran importancia del flujo de la materia orgánica en las cuencas costeras y a la clara falta de información, se hacen las siguientes recomendaciones:

- Cuantificar los flujos, reservorios y balances de masas de la materia orgánica en las cuencas, segmentos o tramos, y describir su variabilidad espacial (gradientes altitudinales y climáticos) y temporal (estacionalidad y variabilidad inter-anual).
- Relacionar la diversidad florística de las zonas ribereñas con la función ecológica, expresada en los aportes de biomasa de hojarasca a los lechos.
- Establecer el tipo de metabolismo (autotrófico vs. heterotrófico) en función de gradientes geomorfológicos, ecológicos (biomas), hidrológicos y de usos de la tierra.
- Relacionar las tasas de descomposición de la hojarasca con la calidad en diferentes especies, a lo largo de gradientes de altitud, biomas, regímenes hidrológicos o climáticos, urbanización y expansión agro-pecuaria y calidad de aguas.
- Estimar el papel de los macroinvertebrados y de los hongos por medio de estudios experimentales.
- Clasificar los grupos tróficos funcionales de los macroinvertebrados mediante el uso de rasgos biológicos,



P. Sánchez-D.

FLUJO Y TRANSFORMACIÓN

particularmente la morfología del aparato bucal y los contenidos estomacales.

- Describir los rasgos funcionales de las morfoespecies de macroinvertebrados que se encuentran a lo largo de diferentes gradientes de productividad primaria neta (caída de hojarasca), geomorfología, hidrología y zonas de vida.

Bibliografía

- Anderson, N. H. y J. R. Sedell. 1979. Detritus processing by macroinvertebrates in stream ecosystems. *Annual Review of Entomology* 24: 351-357.
- Abelho, M. 2001. From litterfall to breakdown in streams: A review. *The Scientific World Journal* 1: 656-680.
- Afonso, A. A., R. Henrry, R. Rodella y C. S. Maimoni. 2000. Allochthonous matter input in two different stretches of a headstream (Itatinga, Sao Paulo, Brazil). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 43: 335-343.
- Blanco, J. F. y N. Gutiérrez. 2014. Leaf litter mass loss rates and associated fauna of tree species commonly used in neotropical riparian reforestation. *Acta Biológica Colombiana* 19: 91-100.
- Bobeldyk, A. y A. Ramírez. 2007. Leaf breakdown in a tropical headwater stream (Puerto Rico): The role of freshwater shrimps and detritivorous insects. *Journal of Freshwater Ecology* 22: 581-590.
- Bonada, N., N. Prat, V. H. Resh y B. Statzner. 2006. Developments in aquatic insect biomonitoring: A comparative analysis of recent approaches. *Annual Review of Entomology* 51: 495-523.
- Boyero, L., et al. 2011a. A global experiment suggests climate warming will not accelerate decomposition in streams but might reduce carbon sequestration. *Ecology Letters* 14: 289-294.
- Boyero, L., et al. 2011b. Global distribution of a key trophic guild contrasts with common latitudinal diversity patterns. *Ecology* 92: 1839-1848.
- Boyero, L., et al. 2012. Global patterns of stream detritivore species richness: implications for biodiversity loss in changing climates. *Global Ecology and Biogeography* 21: 134-141.
- Brito, E. F., T. P. Moulton, M. L. De Souza y S. E. Bunn. 2006. Stable isotope analysis indicates microalgae as the predominant food source of fauna in a coastal forest stream, south-east Brazil. *Austral Ecology* 31: 623-633.
- Chará, J. D., D. J. Baird y T. Telfer. 2005. Allochthonous matter input in five headwater streams in Southwestern Colombia. *Bulletin of the North American Benthological Society* 23: 113-113.
- Chará, J. D., D. J. Baird, T. Telfer y L. Giraldo. 2007. A comparative study of leaf breakdown of three native tree species in a slowly-flowing headwater stream in the Colombian Andes. *International Review of Hydrobiology* 92: 183-198.
- Chará-Serna A. M., J. D. Chará, Zuñiga M. del C., R. G. Pearson y L. Boyero. 2012. Diets of leaf litter associated invertebrates in three tropical streams. *Annales de Limnologie / International Journal of Limnology* 48: 139-144.
- Colón-Gaud, C., S. Peterson, M. R. Whiles, S. S. Kilham, K. R. Lips y C. M. Pringle. 2008. Allochthonous litter inputs, organic matter, standing stocks, and organic seston dynamics in upland Panamanian streams: potential effects of larval amphibians on organic matter dynamics. *Hydrobiologia* 603: 301-312.
- Contreras, E. 2012. Rasgos biológicos de los insectos acuáticos como respuesta a la perturbación natural por sequía en los ríos y quebradas de la ecorregión Capurganá, Chocó Biogeográfico, Municipio de Acandí. Trabajo de pregrado. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. CD-rom.
- Crowl, T. A., V. Welsh, T. Heartsill-Scalley y A. P. Covich. 2006. Effects of different types of conditioning on rates of leaf-litter shredding by *Xiphocaris elongata*, a Neotropical freshwater shrimp. *Journal of the North American Benthological Society* 25: 198-208.
- Cummins, K. W. y M. J. Klug. 1979. Feeding ecology of stream invertebrates. *Annual Review of Ecology and Systematics* 10: 147-172.
- Eyes-Escalante, M., J. Rodríguez-Barrios y L. C. Gutiérrez-Moreno. 2012. Descomposición de la hojarasca y su relación con los macroinvertebrados acuáticos del río Gaira (Santa Marta-Colombia). *Acta Biológica Colombiana* 17: 77-92.
- Gonzáles-Ortega, M. 2009. Comparación de la tasa de descomposición de hojas de *Pteridium aquilinum* y *Miconia latifolia* en dos quebradas con diferentes condiciones de nutrientes (Reserva Forestal Caminos de Santa Ana, Bogotá). Tesis Pregrado. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. Bogotá. Colombia.
- Gonçalves, J. F., J. S. França, A. O. Medeiros, C. A. Rosa y M. Callisto. 2006. Leaf breakdown in a tropical stream. *International Review of Hydrobiology* 91: 164-177.
- Graça, M. A. S. 2001. The role of invertebrates on leaf litter decomposition in streams – a review. *International Review of Hydrobiology* 86: 383-393.
- Granados-Martínez, C. E. 2013. Análisis de la dieta de los macroinvertebrados bentónicos en un gradiente altitudinal de la cuenca del río Gaira (Sierra Nevada de Santa Marta). Tesis de maestría. Universidad de Zulia, Maracaibo, Venezuela. 67 pp.
- Greathouse, E. A. y C. M. Pringle. 2006. Does the river continuum concept apply on a tropical island? Longitudinal variation in a Puerto Rican stream. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 63: 134-152.
- Guerrero, F. y B. Zuñiga. 2005. Composición acuática de hojarasca de especies nativas y exóticas en la cuenca media-baja del río Gaira Magdalena. Tesis de pregrado. Universidad del Magdalena. Santa Marta. Colombia.
- Gulis, V. y K. Suberkropp. 2003. Leaf litter decomposition and microbial activity in nutrient-enriched and unaltered reaches of a headwater stream. *Freshwater Biology* 48: 123-134.
- Guzmán-Soto, C. J. y C. E. Tamarís-Turizo. 2014. Hábitos alimentarios de individuos inmaduros de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera en la parte media de un río tropical de montaña. *Revista de Biología Tropical* 62 (Suppl. 2): 169-178.
- Heartsill-Scalley, T., F. N. Scatena, S. Moya y A. E. Lugo. 2012. Long-term dynamics of organic matter and elements exported as coarse particulates from two Caribbean montane watersheds. *Journal of Tropical Ecology* 28: 127-139.
- Hynes, H. 1975. The stream and its valley. *Verhandlungen der Internationale Vereinigung Fur Limnologie* 19: 1-15.
- Lamberti G., S. Gregory, L. Ashkenas, R. Wildman y A. Steinman. 1989. Influence of channel geomorphology on retention of dissolved and particulate matter in a cascade mountain stream. *USDA Forest Service General Technical Reports PSW-110*: 33-39.
- Larned, S. T. y S. R. Santos. 2000. Light and nutrient-limited periphyton in low order streams of Oahu, Hawaii. *Hydrobiologia* 432: 101-111.
- Larranaga, S., J. R. Díez, A. Elosegi y J. Pozo. 2003. Leaf retention in stream of the Agüera basin (northern Spain). *Aquatic Sciences- Research Across Boundaries* 65: 158-166.
- Longo-Sánchez, M. C. y J. F. Blanco. 2014. Shredders are abundant and species-rich in tropical continental-island low-order streams: Gorgona Island, Tropical Eastern Pacific, Colombia. *Revista de Biología Tropical* 62: 85-105.
- Luna-Fontalvo, J. 2009. Hongos anamórficos acuáticos asociados a la hojarasca en el río Gaira de la costa del Caribe Colombiano. *Revista del Instituto de Investigaciones Tropicales* 4: 41-46.
- Mathuriau, C. y E. Chauvet. 2002. Breakdown of litter in a neotropical stream. *Journal of the North American Benthological Society* 21: 384-396.
- Mathuriau, C., A. G. B. Thomas y E. Chauvet. 2008. Seasonal dynamics of benthic detritus and associated macroinvertebrate communities in a neotropical stream. *Fundamental and Applied Limnology/Archiv für Hydrobiologie* 171: 323-333.
- Moulton, T. P., M. L. de Souza, E. F. Brito, M. R. A. Braga y S. E. Bunn. 2012. Strong



P. Sánchez-D.

FLUJO Y TRANSFORMACIÓN



P. Sánchez-D.

- interactions of *Paratya australiensis* (Decapoda: Atyidae) on periphyton in an Australian subtropical stream. *Marine and Freshwater Research* 63: 834-844.
- Moulton, T. P., M. L. de Souza, R. M. Silveira, F. A. M. Krsulovic, M. P. Silveira, J. C. F. Assis y C. N. Francischetti. 2013. Patterns of periphyton are determined by cascading trophic relationships in two neotropical streams. *Marine and Freshwater Research* 61:1-57.
 - Orozco-Berdugo, G., J. Rodríguez-Barrios y R. Ospina-Torres. 2012. Actividad metabólica de los sedimentos en un gradiente altitudinal de un río tropical de montaña durante eventos de sequía, Sierra Nevada de Santa Marta-Colombia. *Revista Intrópica* 7: 47-57.
 - Ortiz-Zayas, J. R., W. M. Lewis Jr., J. F. Saunders, J. H. Mccutchan Jr. y F. N. Scatena. 2005. Metabolism of a tropical rainforest stream. *Journal of the North American Benthological Society* 24: 769-783.
 - Petersen, R. C. y K. W. Cummins. 1974. Leaf processing in a woodland stream. *Freshwater Biology* 4: 343-368.
 - Prat, N., B. Ríos, R. Acosta y M. Rieradevall. 2009. Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. Pp. 631-654. *En: E. Domínguez y H. R. Fernández* (Eds.). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología*. Ed. Universidad Nacional de Tucuman.
 - Pringle, C. M. 1996. *Atyid* shrimps (Decapoda: Atyidae) influence spatial heterogeneity of algal communities over different scales in tropical montane streams, Puerto Rico. *Freshwater Biology* 35: 125-140.
 - Rincón, J. y A. Covich. 2014. Effects of insect and decapod exclusion and leaf litter species identity on breakdown rates in a tropical headwater stream *Revista de Biología Tropical* 62 (Suppl. 2): 143-154.
 - Rivera, C., E. Pedraza y A. Zapata. 2008. Aproximación preliminar a la dinámica del flujo de materia orgánica. Pp. 145-162. *En: Donato, J. Ch.* (Ed.). 2008. *Ecología de un río de montaña de los Andes Colombianos (Río Tota, Boyacá)*. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Colección Textos, Bogotá, Colombia.
 - Rodríguez-Barrios, J. 2011. Descriptores funcionales en un sistema fluvial de montaña. Santa Marta, Colombia. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 146 pp.
 - Rodríguez-Barrios, J. R., R. Ospina-Torres y J. D. Gutierrez. 2008. Entradas y transporte de material orgánica en una quebrada tropical de montaña. Bogotá, Colombia. *Caldasia* 30: 421-440.
 - Rueda-Delgado, G., K. M. Wantzen y M. Beltran. 2006. Leaf-litter decomposition in an Amazonian floodplain stream: effects of seasonal hydrological changes. *Journal of North American Benthological Society* 25: 233-249.
 - Silva-Junior, E. F. y T. P. Moulton. 2011. Ecosystem functioning and community structure as indicators for assessing environmental impacts: leaf processing and macroinvertebrates in Atlantic forest streams. *International Review of Hydrobiology* 96: 656-666.
 - Silva-Junior, E. F., T. P. Moulton, I. G. Boëchat y G. Björn. 2014. Leaf decomposition and ecosystem metabolism as functional indicators of land use impacts on tropical streams. *Ecological Indicators* 36: 195-204.
 - Statzner, B., P. Bady, S. Dolédec y F. Schöll. 2005. Invertebrate traits for the biomonitoring of large European rivers: An initial assessment of trait patterns in least impacted river reaches. *Freshwater Biology* 50: 2136-2161.
 - Tamarís-Turizo, C., R. Turizo y M. del C. Zúñiga. 2007. Distribución espacio-temporal y hábitos alimentarios de ninfas de *Anacronuria* (Insecta: Plecoptera: Perlidae) en el río Gaira (Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia). *Caldasia* 29: 375-385.
 - Tobón-Pérez, J. F. 2012. Cuantificación del flujo de carbono orgánico particulado en el arroyo de aguas negras la arenosa (Leticia: Amazonas). Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia - Sede Amazonia, Instituto Amazónico de Investigaciones - IMANI. Leticia, Colombia.
 - Tomanova, S. y T. Oberdorff. 2008. Using macroinvertebrate biological traits for assessing biotic integrity of neotropical streams. *River Research and Applications* 24: 1230-1239.
 - Tomanova, S., E. Goitia y J. Helešic. 2006. Trophic levels and functional feeding groups of macroinvertebrates in neotropical streams. *Hydrobiologia* 556: 251-264.
 - Tomanova, S. y P. A. Tedesco. 2007. Tamaño corporal, tolerancia ecológica y potencial de bioindicación de la calidad del agua de *Anacronuria* spp (Plecoptera: Perlidae) en América del Sur. *Revista de Biología Tropical* 55: 67-81.
 - Tomanova, S. y P. Usseglio-Polatera. 2007. Patterns of benthic community traits in neotropical streams: relationship to mesoscale spatial variability. *Fundamental and Applied Limnology /Archiv für Hydrobiologie* 170: 243-255.
 - Torres, P. J. y A. Ramírez. 2014. Land use effects on leaf litter breakdown in low-order streams draining a rapidly developing tropical watershed in Puerto Rico. *Revista de Biología Tropical* 62 (Suppl. 2): 129-142.
 - Valencia, S. M. y P. X. Lizarazo. 2009. Caracterización de la composición microbiana de cuatro quebradas del parque nacional natural Gorgona. *Revista de Actualidades Biológicas* 31: 213-226.
 - Valencia, S. M., G. A. Pérez, P. X. Lizarazo y J. F. Blanco. 2009. Patrones espacio-temporales de la estructura y composición de la hojarasca en las quebradas del Parque Nacional Natural Gorgona. *Revista de Actualidades Biológicas* 31: 197-211.
 - Vannote, R. L., G. W. Minshall, K. W. Cummins, J. R. Sedell y C. E. Cushing. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37: 130-137.
 - Violle, C., M. Navas, D. Vile, E. Kazakou, C. Fortunel, I. Hummel y E. Garnier. 2007. Let the concept of trait be functional. *Oikos* 116: 882-892.
 - Wallace, J. B. y R. W. Merritt. 1980. Filter-Feeding ecology of aquatic insects. *Annual Review of Entomology* 25: 103-132.
 - Wallace, J. B. y J. R. Webster. 1996. The role of macroinvertebrates in stream ecosystem function. *Annual Review of Entomology* 41: 115-139.
 - Wallace, J. B., S. L. Eggert, J. L. Meyer y J. R. Webster. 1997. Multiple trophic levels of a forest stream linked to terrestrial litter inputs. *Science* 277: 102-104.
 - Wantzen, K. M., C. M. Yule, J. M. Mathooko y C. M. Pringle. 2008. Organic matter processing in tropical streams. Pp. 43 - 64. *En: D. Dudgeon*. *Tropical stream ecology*. Elsevier. London. UK.
 - Webster, J. R. y E. F. Benfield. 1986. Vascular plants breakdown in freshwater ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17: 567-594.
 - Wright, M.S. y A.P. Covich. 2005. Relative importance of bacteria and fungi in a tropical headwater stream: leaf decomposition and invertebrate feeding preference. *Microbial Ecology* DOI: 10.1007/s00248-004-0052-4.
 - Zalamea, M. y González. 2008. Leaf-fall phenology in a subtropical wet forest in Puerto Rico: From species to community patterns. *Biotropica* 40: 295-304.
 - Zúñiga-Céspedes, B. 2011. El papel de los invertebrados en la tasa de fragmentación de la hojarasca en dos niveles altitudinales de la cuenca del río Otún (Risaralda). Tesis de Maestría. Universidad del Valle. Cali, Colombia.

FLUJO Y TRANSFORMACIÓN

Anexo 1. Caracterización de la estructura, composición y magnitud de la caída de la hojarasca.

Lugar	Principales resultados	Referencia
Isla Gorgona	La pácora (<i>Cespedesia macrophylla</i>) fue la especie dominante en términos de biomasa total en la parte baja de nueve quebradas alrededor de la isla. Se registraron más de cien morfo-especies, la mayor parte de las cuales aporta poca biomasa y número de hojas, y por lo tanto, no parece ser funcionalmente importante. Además de las especies dominantes, la biomasa total, abundancia total (número de hojas) y riqueza de la tafocenosis difiere significativamente entre las quebradas posiblemente como consecuencia del estado sucesional del bosque ribereño. Durante la época de lluvias se redujo significativamente la biomasa de la hojarasca acumulada.	Valencia <i>et al.</i> (2009)
Río Gaitra, vertiente norte de la Sierra Nevada de Santa Marta	Con base en un muestreo en tres estaciones ubicadas a 50, 900 y 1650 m s.n.m., cubiertos por matorral espinoso y bosques húmedo y muy húmedo, respectivamente, a lo largo del río, durante un año, se estableció que la hojarasca entra al cauce del río principalmente en forma de material fino por los márgenes (8,3 kg m ⁻² año ⁻¹), superando las entradas tanto laterales como verticales de material grueso (2,2 y 0,7 kg m ⁻² año ⁻¹). Existen diferencias significativas entre estaciones y entre periodos climáticos, y hubo una interacción entre ambas variables.	Rodríguez-Barrios (2011)
Cinco quebradas en el sur occidental Colombiano	Con base en mediciones mensuales se estableció que la tasa de caída de hojarasca varió entre 1,4 – 2,8 kg m ⁻² año ⁻¹ . Las hojas representaron el 56-72% de las entradas directas y entre el 68 al 81% de las entradas laterales. No se encontró una estacionalidad marcada.	Chará <i>et al.</i> (2005)
Quebrada La Vieja (Bogotá)	Con base en cinco meses de muestreo se estableció que la tasa de caída de hojarasca para este periodo fue: 450,8 g m ⁻² de fracción gruesa por la entrada vertical, 191,0 g m ⁻² de fracción gruesa por la entrada lateral y 12,6 g m ⁻² de fracción fina por la entrada lateral.	Rodríguez-Barrios <i>et al.</i> (2008)
Quebrada Cabuyal (Cauca)	En muestreos quincenales se recolectó el detrito suelto acumulado sobre el lecho de la quebrada, observado un incremento durante el inicio de la época de lluvias (>30 g m ⁻²). Se estableció una relación lineal altamente significativa entre el caudal instantáneo y la cantidad de detrito suelto acumulado sobre el lecho. Se observaron tres grupos de valores a lo largo del año: >30, 10-20 y <10 g m ⁻² .	Mathuriau <i>et al.</i> (2008)

Anexo 2. Flujo de carbono y metabolismo ecosistémico.

Lugar	Métodos	Principales resultados	Referencia
Río Gaira, vertiente norte de la Sierra Nevada de Santa Marta	Se cuantificó la producción y la respiración de los sedimentos en tres altitudes, utilizando los métodos de botellas claras y oscuras y cámaras de recirculación con substratos arenosos o rocosos donde se midió la producción de oxígeno.	La proporción producción/respiración fue <1 en los substratos arenosos y >1 en los rocosos dando cuenta del desarrollo de las comunidades de consumidores (heterótrofos) y productores primarios perifíticos, respectivamente. Se encontró una variación a lo largo de las altitudes y las épocas climáticas.	Rodríguez-Barrios (2011)
El arroyo de aguas negras La Arenosa (Leticia, Amazonas)	Cambios en el flujo de carbono orgánico particulado (COP) en el transcurso de un ciclo hidrológico (1 año). Se cuantificó el carbono que ingresa, el que se metaboliza y el que deriva en dos sectores del arroyo, con alta y baja intervención del bosque ripario.	El ingreso de carbono fue de 2,71 ton C ha año (0,74 ± 0,3 g C m ² d ⁻¹). La deriva fue de 0,003 ± 0,01 g C m ² d ⁻¹ . La producción neta del ecosistema (PNE) fue de 0,003 g C m ² d ⁻¹ . El grado de intervención riparia redujo el ingreso de carbono, y en términos generales fue menor a lo reportado para otros estudios de la Amazonia y la zona tropical. El metabolismo, demuestró que este arroyo constituye un sistema heterotrófico y se comporta como un sumidero de carbono, almacenando inclusive el 90% del carbono que ingresa diariamente al sistema.	Tobón-Pérez (2012)

P. Sánchez-D.



FLUJO Y TRANSFORMACIÓN



P. Sánchez-D.

Anexo 3. Estudios sobre la descomposición de la hojarasca.

	Lugar	Especies estudiadas	k	Referencia
Pericontinental	Río Gaira, vertiente norte de la Sierra Nevada de Santa Marta	<i>Anacardium excelsum</i>	0.088	Eyes-Escalante <i>et al.</i> (2012)
		<i>Avicennia germinans</i>	0.034	
		<i>Cecropia peltata</i>	0.009	
		<i>Coffea arabica</i>	0.043	
		<i>Eucaliptus camaldulensis</i>	0.023	
		<i>Mangifera indica</i>	0.032-0.018	
		<i>Phragmipedium longifolium</i>	0.107	
Epicontinental	Quebrada Piedras (San Roque, Antioquia)	<i>Araucaria sp.</i>	0.0265	Blanco y Gutiérrez (2013)
		<i>Artocarpus altilis</i>	0.0135	
		<i>Bauhinia picta</i>	0.015	
		<i>Camptosperma panamensis</i>	0.0005	
		<i>Cecropia sp.</i>	0.0035 - 0.0135	
		<i>Cespedesia macrophylla</i>	0.0025 - 0.0055	
		<i>Eucalyptus sp.</i>	0.0265	
		<i>Eugenia malacensis</i>	0.0115	
		<i>Ficus benjamina</i>	0.0065	
		<i>Ficus elastica</i>	0.0095	
		<i>Ficus lyrata</i>	0.0055	
		<i>Ficus sp.</i>	0.0135	
		<i>Ficus sp.</i>	0.0035	
		<i>Fraxinus chinensis</i>	0.0165	
		<i>Guadua angustifolia</i>	0.0295	
		<i>Hibiscus sp.</i>	0.0245	
		<i>Inga sp.</i>	0.005	
		<i>Mangifera indica</i>	0.0075	
<i>Pachira insignis</i>	0.0205			
<i>Persea americana</i>	0.0045 - 0.0255			

Anexo 3. Continuación.

	Lugar	Especies estudiadas	k	Referencia
Epicontinental	Quebrada Piedras (San Roque, Antioquia)	<i>Psidium guajava</i>	0.0125	Blanco y Gutiérrez (2013)
		<i>Sapium sp.</i>	0.0095	
		<i>Schefflera actinophylla</i>	0.0395 -0.1385	
		<i>Syzygium jambos</i>	0.0115	
		<i>Tectona grandis</i>	0.0125 -0.0495	
		<i>Terminalia catappa</i>	0.0115 -0.0935	
		<i>Theobroma cacao</i>	0.005	
	Quebrada Peña Bonita (Parque Nacional Natural Los Nevados) y quebrada Marianela (Parque Natural Regional Ucumari)-Cuenca del río Otún Risaralda	<i>Palicourea cuatrecasasii</i>	0.0051	Zúñiga-Céspedes (2011)
		<i>Critoniopsis ursicola</i>	0.0097	
	Usaquén y Municipio de La Calera (Bogotá). Costado Nororiental de Cerros del Aguila	<i>Pteridium aquilinum</i>	0.0091-0.011	González-Ortega (2009)
		<i>Miconia latifolia</i>	0.013-0.017	
	Río Tota (Boyacá)	<i>Alnus acuminata</i>	0.007- 0.15	Rivera <i>et al.</i> (2008)
		<i>Salix humboldtiana</i>	0.16- 0.22	
		<i>Eucalyptus sp.</i>	0.1- 0.2	
	Quebrada Secundino (Cauca)	<i>Myrsine guianensis</i>	0.0058-0.0018	Chará <i>et al.</i> (2007)
		<i>Cupania latifolia</i>	0.0008	
	Tributario de primer orden del río Amazonas cerca a Leticia (Amazonas)	<i>Cecropia latiloba</i>	0.001- 0.010	Rueda-Delgado <i>et al.</i> (2006)
		<i>Tessaria integrifolia</i>	0.0005- 0.029	
<i>Symmeria paniculata</i>		0.001- 0.010		
Quebrada Cabuyal (Cauca)	<i>Croton gossypifolius</i>	0.0651	Mathuriau y Chauvet (2002)	
	<i>Clidemia sp.</i>	0.0235		



Arroyo Kajashiwoü. Foto: C. A. Lasso

C. A. Lasso



7. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS, CAMBIOS GLOBALES Y SOSTENIBILIDAD DENTRO DE LAS CUENCAS PERICONTINENTALES DE COLOMBIA

Juan Felipe Blanco-Libreros, Andrea Arroyave-Rincón,
Lina P. Giraldo y Eliana Contreras

Introducción

Los ríos y quebradas han provisto de agua y pesca a la humanidad (MEA 2003a), sin embargo poco se resaltan los servicios ecosistémicos que proveen las cuencas pequeñas de cabecera ubicadas en los sistemas montañosos periféricos neotropicales, equivalentes a los que han sido descritos en los capítulos anteriores. Históricamente, los ecosistemas acuáticos han proporcionado a la humanidad múltiples servicios que le han suministrado bienestar y desarrollo económico, sin embargo, la creciente e intensa actividad humana y la sobre-explotación de los recursos naturales, han deteriorado la provisión de dichos servicios, afectando el bienestar de una gran parte de la población humana (MEA op. cit.). Al respecto, el informe sobre la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA op. cit.) menciona lo siguiente:

“En los últimos 50 años, los seres humanos han transformado los ecosistemas más rápida y extensamente que en ningún otro período de tiempo comparable de la historia humana, para resolver rápidamente las demandas crecientes de alimento, agua

dulce, madera, fibra y combustible, lo que ha generado una pérdida considerable y en gran medida irreversible de la diversidad de la vida sobre la Tierra, y acentuado la pobreza de algunos grupos de personas... Si estos problemas, no se los aborda, harán disminuir considerablemente los beneficios que las generaciones venideras obtengan de los ecosistemas. Sólo ahora se están poniendo de manifiesto los verdaderos costos asociados con esos beneficios”.

Por tal razón, la degradación de los ecosistemas naturales no solo ha generado cambios de los servicios ecosistémicos a escalas locales, sino además, cambios globales en la biosfera y en el clima, llevando a que un uso sostenible¹ y responsable de los

¹ Sostenibilidad: en este capítulo se maneja sostenibilidad como sinónimo de sustentabilidad, ya que la definición de ambos conceptos es similar: “El desarrollo sostenible (sustainable development) es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (United Nations Brundtland Report “Our Common Future”, 1987 <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>).

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

ecosistemas sea imperativo para proteger los beneficios netos que garantizan el bienestar de las generaciones futuras. Respondiendo a esta realidad, el objetivo de este capítulo es recopilar las evidencias que muestran que las cuencas periféricas o pericontinentales prestan numerosos beneficios que se derivan de los numerosos servicios ecosistémicos (SE) que suministran. Estos SE se definen como todas las condiciones y procesos que ofrecen los sistemas naturales y las especies que lo componen, para sustentar y mantener la vida de las poblaciones humanas (MEA op. cit.). Los SE se categorizan en servicios de provisión (productos obtenidos y derivados de los ecosistemas: comida, madera, fibras, agua, combustibles, entre otros), servicios de regulación (del clima, del ciclo del agua, de la erosión, de enfermedades, de polinización, de nutrientes y del carbono) y servicios culturales (religiosos, recreativos, educación, sociales, entre otros) (MEA op. cit.). Las evidencias que se muestran a continuación confirman que las cuencas pericontinentales, al igual que otras cuencas de agua dulce, proveen SE que van desde el invaluable sostén de otros ecosistemas y actividades culturales, el suministro de agua potable para consumo de las poblaciones humanas y de agua para irrigación de cultivos, hasta ser una fuente primordial de proteína animal que es consumida por las comunidades rurales en países en desarrollo (MEA 2003b, 2005).

Este capítulo también resaltará los conflictos entre las necesidades de las corrientes de agua dulce y las demandas de las poblaciones humanas de algunas zonas costeras del país, como se ha expuesto en muchas áreas geográficas del mundo (Poff *et al.* 2003). Las quebradas y ríos de las cuencas hidrográficas “necesitan” por definición una cantidad de agua suficiente que ma-

tenga un nivel de inundación y conectividad de los hábitats críticos, por lo que el crecimiento exponencial de la población humana mundial, la creciente demanda por recursos hídricos y el cambio climático a nivel global, han creado muchos conflictos o “guerras” en torno al agua (*sensu* Poff *et al.* 2003). A partir de lo anterior, se espera que disminuyan la calidad de los SE prestados por los ecosistemas acuáticos a largo plazo, como se ha advertido a la escala global (MEA 2003a). Actualmente las amenazas que están disminuyendo los SE de las cuencas hidrográficas y directamente el bienestar de las poblaciones humanas, tanto a escala global como nacional, son primordialmente las siguientes: 1) la alteración hidrológica por la construcción de grandes embalses mal diseñados desde el punto de vista ecológico (MEA 2003b, Poff *et al.* 2003) y 2) la pérdida de bosques de cabecera y ripario, disminuyendo los procesos de formación del suelo de laderas, aumentando la erosión y el arrastre de nutrientes (Naiman *et al.* 2005). Por lo tanto, los objetivos de este capítulo son: 1) analizar los servicios ecosistémicos prestados por las cuencas hidrográficas pericontinentales de Colombia, 2) describir las amenazas con base en las evidencias locales o de otras regiones costeras e insulares, y 3) evaluar la sostenibilidad de los usos actuales en las mismas.

Los servicios ecosistémicos

La Política Nacional de Biodiversidad promulgada en el 2012 (Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos, PNGIBSE) recalca sobre los múltiples servicios que presta el enorme patrimonio natural del país, entre los que sobresalen los recursos hídricos y los bosques. El abastecimiento de agua tanto para consumo doméstico como para usos agropecuarios es uno de

los principales SE de provisión que brindan los ríos, quebradas y arroyos de los sistemas montañosos periféricos de Colombia (Figura 1). Por ejemplo, las cabeceras de cuencas periféricas suplen los acueductos de pequeños pueblos (Bahía Solano y Nuquí en la serranía del Baudó; Capurganá y Sapzurro en la serranía del Darién); pueblos más grandes (Tolúviejo y San Onofre en los Montes de María; isla de Providencia), ciudades pequeñas (San Andrés isla; ejes bananeros: Urabá: Turbo, Apartadó y Carepa; Magdalena: Fundación, Aracataca y Zona Bananera) y grandes ciudades (Santa Marta y Riohacha en la Sierra Nevada de Santa Marta) (ver páginas web de los municipios, IDEAM 2010, 2013, SSPD 2010). En el caso del eje bananero de Urabá los acueductos surten aproximadamente 52.881 habitantes de Turbo, Apartadó, Carepa, Chigorodó y Mutatá (<http://www.grupo-epm.com/aguasdeuraba>), mientras que en el caso de Santa Marta y otras poblaciones más pequeñas de las vertientes norte y occidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, los acueductos surten a casi un millón de personas (<http://www.metroagua.com.co>). En el caso del Caribe insular colombiano (San Andrés, Providencia y Santa Catalina) el gobierno nacional está ejecutando nuevas obras de acueducto alimentados por aguas superficiales y subterráneas para beneficiar a 60.000 habitantes. Estos casos son similares a los descritos para la isla de Puerto Rico en las Antillas Mayores, en la cual los pequeños ríos de los sistemas satélites del este y oeste surten pequeños pueblos, pero también ríos mayores que nacen en la Cordillera Central surten las áreas metropolitanas de San Juan y Ponce, las mayores de todo el Caribe insular y continental (Larsen 2000, Ortiz-Zayas y Scatena 2004, Scatena *et al.* 2008, Crook *et al.* 2007). El caso de Puerto Rico a pesar de ser el mejor conoci-

do de todo el Caribe, es simplemente uno de muchos en la región, en la cual el crecimiento urbano y de la actividad turística han generado una gran demanda por agua potable, con el consecuente detrimento de las aguas corrientes naturales (Heartsill-Scalley 2012, López-Marrero *et al.* 2012, López-Marrero y Heartsill-Scalley 2012).

En cuanto a la provisión de agua para usos agropecuarios existen ejemplos significativos (Figura 1). Por ejemplo el distrito de riego de María La Baja construido por el INCORA (Instituto Colombiano de Reforma Agraria) en 1965 se nutre de los embalses Playón y Matuya ubicados en la parte norte de la serranía de San Jacinto y beneficia aproximadamente a 1.500 usuarios y 3.000 ha (Arango y Bacanumenth 1999). Por otra parte, las zonas extensas bananeras de Magdalena y Urabá se nutren del agua superficial y del nivel freático de los ríos que descienden de la Sierra Nevada de Santa Marta y la serranía de Abibe, respectivamente. En el caso de la zona bananera del Magdalena, el proceso de adecuación de tierras por parte de la United Fruit Company en 1890, incluyó un distrito de riego, el cual pasó a manos de una asociación de usuarios en 1994, y beneficia a 50.400 ha en 4 municipios (1 en Santander y 3 en Magdalena) (Arango y Bacanumenth 1999). En el caso de la zona bananera de Urabá no existe un distrito de riego y la actividad depende de tomas de aguas de los ríos o de pozos licenciados por CORPOURABÁ (Corporación para el Desarrollo Sostenible de la Región de Urabá). En la actualidad existen 550 pozos en el acuífero de Urabá que nutren la actividad bananera (Paredes *et al.* 2010). Desde la década del noventa existe un análisis de prefactibilidad del proyecto de distrito de riego Barranquillita-Bajirá que beneficiaría a 32.000 ha de los municipios entre



P. Sánchez-D.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Turbo y Mutatá (Arango y Bacanumenth 1999), el cual la actual administración presidencial (2012) anunció que construiría, según varios anuncios de prensa. Una promesa de construcción de distrito de riego también se realizó para San Juan de Urabá en Antioquia. Finalmente, en las grandes extensiones de ganadería de toda la planicie costera del Caribe desde el Chocó hasta la Guajira, se han construido un número significativo de estanques o albercas que interceptan la escorrentía de los lomeríos, convirtiéndose no solo en sistemas de provisión de agua para el ganado

y regadíos de pequeños cultivos anuales o semestrales, sino en “nuevos ecosistemas” que son parte fundamental de estos paisajes culturales desde hace más de 100 años (Etter *et al.* 2006).

El SE de provisión de proteína animal a través de la pesca es importante en algunas áreas, como ya se mencionó en los capítulos 3 y 4 (Figura 2). La pesca es tan multifacética e idiosincrática como las especies explotadas y sus ciclos de vida. Por ejemplo, son explotados los adultos de los camarones *Macrobrachium spp* mediante



Figura 1. Servicio de provisión de agua. a) Bocatoma de acueducto del Parque Nacional Natural Gorgona (quebrada Ilú); b) estanque para provisión de agua para ganado y riego (zona rural del municipio de San Onofre, Sucre); c) embalse de Playón (zona rural del municipio de María La Baja, Bolívar, serranía de San Jacinto); d) pozo para provisión de agua para uso doméstico (planicie costera del golfo de Morrosquillo, zona rural del municipio de San Onofre). Fotos: F. Blanco (a, b y d), C. Escobar-Sierra (c).



P. Sánchez-D.

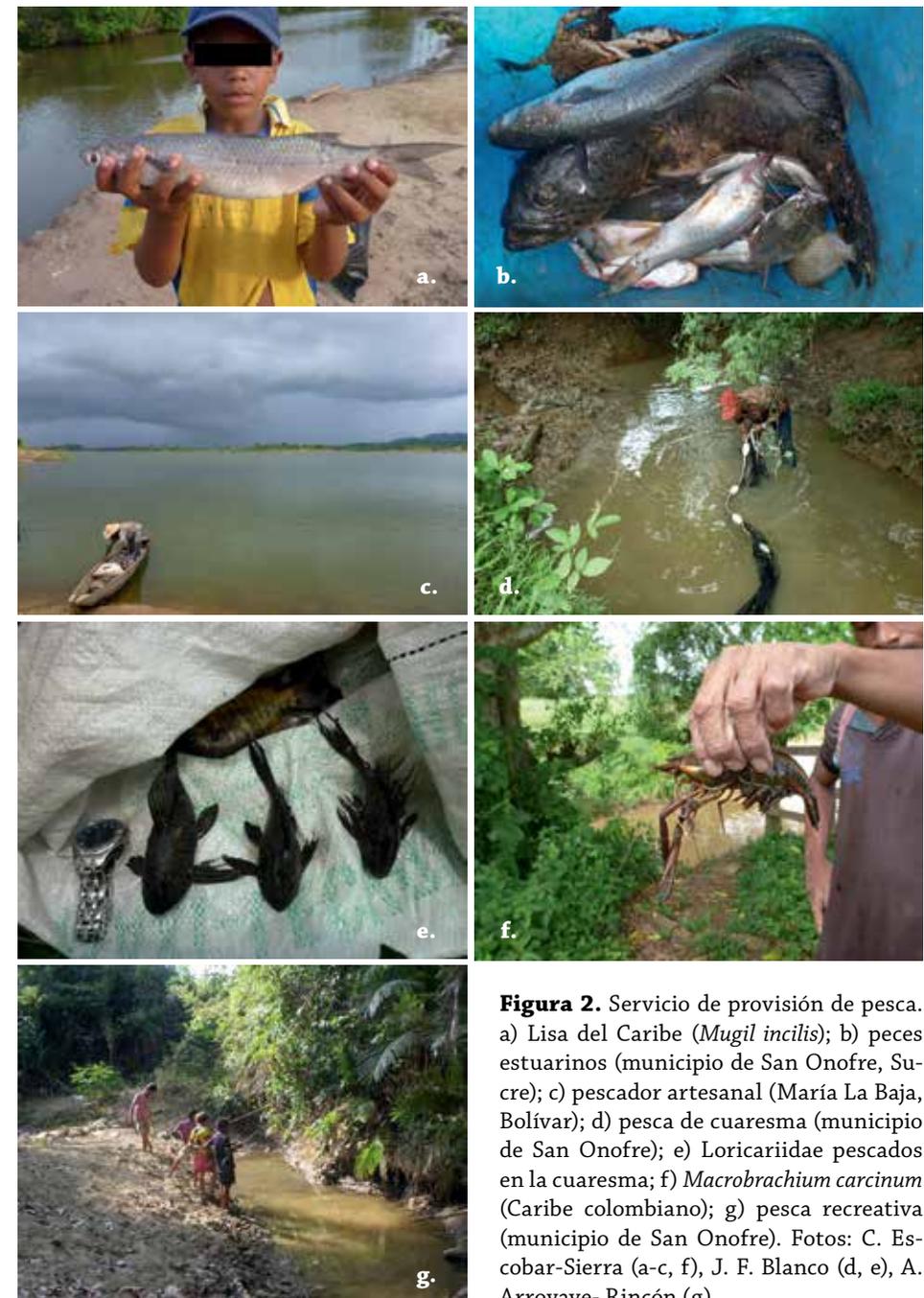


Figura 2. Servicio de provisión de pesca. a) Lisa del Caribe (*Mugil incilis*); b) peces estuarinos (municipio de San Onofre, Sucre); c) pescador artesanal (María La Baja, Bolívar); d) pesca de cuaresma (municipio de San Onofre); e) Loricariidae pescados en la cuaresma; f) *Macrobrachium carcinum* (Caribe colombiano); g) pesca recreativa (municipio de San Onofre). Fotos: C. Escobar-Sierra (a-c, f), J. F. Blanco (d, e), A. Arroyave-Rincón (g).

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

trampas en forma de canastas (p. e. catangas), mientras que los peces estuarinos, de agua dulce y diádromos son pescados con diferentes artes que van desde mallas hasta líneas de anzuelos. Entre los peces de agua dulce sobresalen por su tamaño individual algunos Pimelodidae, pero numéricamente los Characidae (*Astyanax* spp y *Brycon* spp) y los Loricariidae, mientras que entre los diádromos sobresalen el besote (*Joturus prichardi*) y el rayado (*Agonostomus monticola*), estos dos últimos por su gran tamaño corporal y alta densidad (Eslava y Díaz 2011). La pesca de estos grupos puede variar entre regiones y ser una actividad permanente o una actividad esporádica (pesca recreativa o de cuaresma). Por otra parte, son notables las pequerías de larvas de gobiidos en algunas áreas de ambas costas (Capítulo 3), tanto por lo particular de las presas como por el contexto cultural en el que se desarrolla (p. e. Castellanos-Galindo *et al.* 2011). Las pesquerías de *Macrobrachium* y de peces diádromos, particularmente de *A. monticola*, son importantes en el Caribe, Centroamérica y México.

En términos de los SE de regulación, las cuencas periféricas como entidad, pero particularmente sus bosques, ejercen un importante control del nivel freático y de la erosión. En la planicie costera de Urabá se ha encontrado que las propiedades hidrogeoquímicas y la recarga de los acuíferos dependen de los ríos que drenan la serranía de Abibe y estos han prevenido la contaminación salina por la intrusión marina (Paredes *et al.* 2010). En esta misma región se ha encontrado que la baja exportación de sedimentos hacia el mar desde las cuencas de dichos ríos, es producto de la baja erosión de las laderas y depende directamente de la cobertura de bosque en las planicies costeras (Blanco 2009,

Arroyave-Rincón *et al.* 2012, Blanco *et al.* 2013).

Debido a que las cuencas periféricas son una entidad, que comprende los ámbitos acuático y terrestre y no es posible discutir el primero sin considerar el segundo, a continuación se discutirán algunos SE provistos por los bosques secos y lluviosos que se encuentran a lo largo de los sistemas periféricos de Colombia. Por ejemplo, es intuitivo que el SE de provisión de agua, tanto en cantidad como calidad, es uno de los más importantes en las cuencas mejor conservadas, tal como ha sido estudiado en muchas partes del mundo (FAO 2003, Balvanera y Cotler 2009) y algunas del país (Restrepo 2005, IDEAM 2010), pero no en las cuencas pericontinentales. Recientemente, en Puerto Rico se mostró una relación directa entre el porcentaje de cobertura de bosque en toda la cuenca y en las zonas ribereñas de varias cuencas y la cantidad de agua (caudal), así como varios indicadores de calidad tales como turbiedad, oxígeno disuelto, concentración de nitrógeno y fósforo totales, y concentración de coliformes y estreptococos fecales (Uriarte *et al.* 2011). En este estudio, además se demostró que el caudal solo es un determinante suficiente de la calidad del agua, por lo cual en las cuencas periféricas de Colombia se esperaría que aquellas que tienen una mayor producción anual de agua por kilómetro cuadrado posean menos problemas de calidad de agua. Esto es consistente con las observaciones de sistemas visiblemente degradados en las zonas más secas o estacionalmente secas como los piedemontes de las serranías de Abibe y San Jacinto (Blanco, obs. pers.). En el caso específico de las pequeñas poblaciones ubicadas en las riberas de los arroyos que descienden de la serranía de San Jacinto, el servicio de provisión de agua para

uso doméstico adquiere su mayor valor durante el periodo seco entre enero y mayo, cuando ante la cesación de los caudales superficiales los lugareños cavan pequeños pozos (localmente llamados “casimbas”) en los playones dentro de los cauces secos para acceder al agua del nivel freático o zona hiporréica, usualmente en tramos bajo doseles cerrados. Frecuentemente la presión por la escasez del agua lleva a las personas de esta zona a cavar “casimbas” en playones de tramos donde el agua está visiblemente contaminada por el depósito de residuos sólidos o por el vertimiento de aguas residuales domésticas (Figura 3). En conclusión, al igual que en todo el mundo (Brauman *et al.* 2007), los servicios hidrológicos derivados de las cuencas hidrográficas pericontinentales y sus bosques son fundamentales.

Por otra parte, muchos SE ofrecidos por los bosques en general, y los ribereños en particular, se derivan de la gran diversidad de plantas, animales y microorganismos los cuales proveen una gama enorme de alimentos (frutos, semillas, carne, miel), fuentes energéticas y materiales de construcción (madera, fibras), medicinas (especies vegetales y animales), especies ornamentales o de importancia ceremonial (principalmente plantas), plaguicidas, entre otros (Balvanera 2012). Para los bosques andinos se ha discutido que gran parte de estos SE tales como la polinización, el mejoramiento del suelo, el control biológico y el reciclaje de nutrientes, son mantenidos por funciones ecológicas desempeñadas por la biodiversidad que albergan (Chará y Giraldo 2011a). Sin embargo, aunque las funciones son generales para todos los bosques, los procesos, magnitud y tipo de SE difieren entre los mismos. En los bosques secos tropicales y bosques lluviosos, por ejemplo, la estructura y



P. Sánchez-D.



Figura 3. Servicio de provisión de agua en los arroyos de la planicie de la serranía de San Jacinto (municipio de Toluviejo, Sucre). a) Casimba inactiva en playón arenoso; b) casimba activa en playón arcilloso; c) caudal remanente contaminado con aguas residuales. Fotos: A. Arroyave-Rincón (a), J. F. Blanco (b, c).

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

composición florística, la topografía, la precipitación, las poblaciones humanas que habitan cerca de los mismos y muchas otras características de las regiones donde se enmarcan, hacen que los SE se obtengan y usen de manera diferente, como se describe a continuación.

En la costa Pacífica, las poblaciones que tienen contacto con el bosque lluvioso obtienen madera, carne silvestre, pesca, plantas medicinales, provisión de agua, entre otros. En una localidad del Chocó por ejemplo, se han registrado 35 especies de vertebrados usados para la alimentación, 23 para el comercio, 19 como medicina tradicional, 11 de mascotas, 15 para la fabricación de ornamentos y cuatro para zootecnia (Cuesta-Ríos *et al.* 2007). Por su parte, en el Caribe colombiano las comunidades asentadas en zonas del bosque secos, utilizan diversos recursos como fibras para la fabricación de sombreros, mochilas, sogas, cestería, mientras que utilizan semillas para artesanía, alimentación y extracción de tintas naturales. Las hojas de palma se utilizan para la construcción de techos, entre otros. Especies florísticas como *Carludovica palmata* Ruiz y Pav., *Sapindus saponaria* L., *Sapium glandulosum* L., Morong, *Cedrela odorata* L., *Tectona grandis* L.F. y *Cordia gerascanthus* son apreciadas por su uso maderable, artesanales o para caza o pesca, y otras son apreciadas por su valor alimenticio como *Annona muricata* L., *Mangifera indica* L., *Melicoccus bijugatus* Jacq., *Capsicum annum* L., *Cocos nucifera* L (Manco 2013). Otras especies se usan como leguminosas forrajeras, ornamentales y frutales: matarratón (*Gliricidia sepium*), roble o guayacán (*Tabebuia* spp), cactus (*Opuntia* spp, *Cereus* spp), samán (*Samanea saman*) y chiminango (*Pithecellobium* spp), pitaya (*Acanthocereus pitajaya*), mamoncillo (*Melicoccus bijugatus*) y jobo

(*Spondias mombin*, *S. purpurea*) (García *et al.* 2014). Algunas están en peligro de extinción como *Aspidosperma polyneuron* (carreto), *Belencita nemorosa* (calabacilla), *Bulnesia arborea* (guayacán) y *Pachira quinata* (ceiba roja) (Rodríguez *et al.* 2012). Finalmente, debido a que las especies arbóreas de bosques secos tropicales están adaptadas a condiciones de sequía, pueden convertirse en recursos genéticos importantes para la conservación y restauración de este y otros ecosistemas en el futuro ante unas condiciones climáticas más secas (Maass *et al.* 2005).

Finalmente, es importante resaltar que la capacidad de los bosques para proporcionar SE depende de su integridad y salud (Anderson *et al.* 2011a, Vihervaara *et al.* 2013). Por esta razón, es preocupante la situación para el bosque seco tropical en el Caribe colombiano en la periferia y en los piedemontes de las cuencas pericontinentales debido a que muy pocos de los remanentes existentes pueden considerarse en condiciones relictuales, es decir en la que la estructura y composición de especies sean semejantes a las condiciones originales de este hábitat (Etter *et al.* 2008, García *et al.* 2014). Sin embargo, en la actualidad muchas zonas ganaderas, tanto en el Caribe como en otras regiones del país, en las que se mantienen pequeñas zonas arboladas, ya sea dispersas en los potreros o continuas a lo largo de las riberas de los arroyos, ofrecen importantes SE como la provisión de proteína y la regulación climática (sombra), altamente beneficios para la producción de leche y carne (Mahecha 2002, Chará y Giraldo 2011b, Murgueitio *et al.* 2011, Manco 2013). Por ejemplo, recientemente Manco (2013) cuantificó, mediante mediciones continuas (junio-julio 2013) con termohigrómetros digitales, que la diferencia de temperatura al medio

día en zonas ribereñas con y sin cobertura de dosel puede alcanzar 10°C en mosaicos ganaderos de Sucre.

Cambios globales

Varios informes recientes demuestran que los ecosistemas andinos y mesoamericanos están experimentando los efectos del cambio climático (Gutiérrez y Espinosa 2010, Jiménez *et al.* 2010, Anderson *et al.* 2011, Marengo *et al.* 2011, Young *et al.* 2011a), en muchos casos magnificados por la sinergia con los cambios de uso de terrenos (Suárez *et al.* 2011). En Colombia, el informe “Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas ante el Cambio Climático”, incluyó el análisis oficial centrado en la vulnerabilidad, mitigación y adaptación, y en algunos incluyó las cuencas hidrográficas y el recurso hídrico pero a una escala departamental. Maldonado *et al.* (2011), señalan que a pesar de la gran riqueza de especies que albergan los ecosistemas acuáticos de la región andina, son pocos los mapas de distribución de especies y registros a largo plazo de poblaciones (con excepción de algunos grupos de peces y reptiles), por lo cual es incierto el futuro de las poblaciones, comunidades y ecosistemas acuáticos ante los escenarios futuros de cambio climático. Por lo tanto, a continuación se hace una síntesis de los cambios globales y sus efectos en las cuencas periféricas, sean estos manifestados en la literatura nacional o inferidos a partir de experiencias en otros países.

Deforestación y exportación de sedimentos

Desde el siglo XIX hasta el XXI, las principales causas de la deforestación en los diferentes ecosistemas de bosques naturales de Colombia, han sido y continúan siendo las actividades agrícola y ganadera,

además de la colonización, la construcción de algunas obras de infraestructura, los cultivos ilícitos, los incendios forestales y la producción de leña y madera para la industria y el comercio (González *et al.* 2011). Aunque la deforestación ha sido una actividad común en todo el país, hay diferencias entre las regiones en las características biofísicas que determinan diferentes usos de la tierra y el comercio, y en este sentido, históricamente las regiones más afectadas han sido la Caribe y la Andina, mientras que la Pacífica ha presentado una baja tasa de deforestación por conversión a otros usos, a pesar de la prevalencia de la entresaca (González *et al.* 2011). La región Caribe se caracteriza por tener ecosistemas xeríticos o subxeríticos, con vegetación correspondiente a tierras bajas (Sánchez-Cuervo *et al.* 2011), como los bosques secos tropicales, los cuales han sido transformados y mayormente usados para la cría de ganado (48%) y la agricultura (14%) (Sánchez-Cuervo *et al.* 2011). Por el contrario, en la región Pacífica, que se caracteriza por densos bosques húmedos tropicales de tierras bajas y premontañas, los cultivos cubren una mayor superficie (10%) que los pastizales para ganadería (2%), principalmente en las planicies aluviales y las zonas de ladera baja, aunque la deforestación ha tenido un aumento en los últimos veinte años. Los usos agropecuarios en estas regiones costeras, principalmente en el Caribe, han ocasionado la pérdida o transformación de los bosques naturales, ubicándolas como las zonas con mayor deforestación del país.

Por causa de la deforestación en las cabeceras de las cuencas hidrográficas de estas regiones del país, los ríos han aumentado la producción y exportación de sedimentos que son transportados por escorrentía desde las laderas hacia las



P. Sánchez-D.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

corrientes de agua y desde estas hacia el mar, tal como se ha cuantificado en la subzona hidrográfica de Urabá (Blanco 2009, Arroyave-Rincón *et al.* 2012, Blanco *et al.* 2013), aunque no hay estudios para otras cuencas periféricas, principalmente por la escasez de aforos (ver Capítulo 2). Los estudios realizados en la vertiente occidental de la serranía de Abibe, que escurren hacia el golfo de Urabá, han correlacionado el aumento de la deforestación a causa de la expansión agrícola bananera (Figura 4), con el incremento de la producción total de sedimentos que son transportados por varios ríos hacia el mar en los municipios de Turbo, Apartadó y Carepa (Blanco 2009, Arroyave-Rincón *et al.* 2012, Blanco *et al.* 2013). Estas cuencas que nacen en la serranía de Abibe presentan una alta variabilidad intra- e inter-anual en los flujos de agua y sedimentos debido a que durante el paso de la Zona de Convergencia Inter-Tropical y la ocurrencia de condiciones atmosféricas La Niña se producen aumentos significativos de la precipitación (Arroyave-Rincón *et al.* 2012). Sin embargo, durante algunos periodos secos la actividad de deforestación ha sido responsable de la producción de grandes cantidades de sedimentos, lo cual es evidente en los gráficos de doble masa que relacionan la tasa de acumulación de la exportación de sedimentos con la exportación de agua. En el municipio de Chigorodó, gran parte del incremento de la exportación de sedimentos podría relacionarse con la pérdida de capacidad de retención de los mismos en los planos de inundación de los tributarios del río León por la deforestación de las zonas ribereñas (Figura 5). Aunque no pueden realizarse generalizaciones a partir de los estudios de la subzona hidrográfica de Urabá, el hecho de que se encuentre en una zona de transición climática entre las

vertientes del Pacífico y del Caribe, permite hacer inferencias acerca del proceso de transporte de sedimentos bajo un régimen de crecientes frecuentes y de caudales medios altos como en el caso del Pacífico, y bajo un régimen más pulsátil y estacional de crecientes y de caudales medios bajos como en el caso del Caribe. Por ejemplo, la deforestación en las laderas del Pacífico podrían generar altas cargas de sedimentos suspendidos durante la mayor parte del año, mientras que la deforestación en el Caribe podría generar grandes pulsos estacionales o episódicos, estos últimos asociados con el paso de ondas y de sistemas ciclónicos.

Los estudios realizados por Restrepo (2005) en los grandes ríos de ambas costas colombianas aportan bases teóricas para las hipótesis anteriores. Por ejemplo, los ríos de la región Pacífica, presentan un alto transporte neto de sedimentos con respecto al área de sus cuencas de drenaje, descargando los 15 sistemas fluviales un total de agua de $254 \text{ km}^3 \text{ año}^{-1}$ y una tasa neta de transporte de sedimentos de $1.260 \text{ ton km}^{-2} \text{ año}^{-1}$. De igual forma, señala el autor que el río San Juan, con una tasa neta de transporte de sedimentos de $1.150 \text{ ton km}^{-2} \text{ año}^{-1}$, representa el valor más alto de aportes netos de sedimentos en comparación con los ríos de Suramérica. Siguiendo esta misma lógica, las cuencas periféricas de mayor extensión de las subregiones hidrológicas Baudó y Pacífico Norte, tales como los ríos Baudó, Nuquí, Tribugá, Jurubidá, Valle y Juradó podrían tener las mayores concentraciones de sedimentos suspendidos, al menos, de toda la costa Pacífica Suramericana la cual es predominante más seca, por lo cual una futura deforestación extensa de sus cabeceras sería catastrófica para sus ecosiste-



P. Sánchez-D.

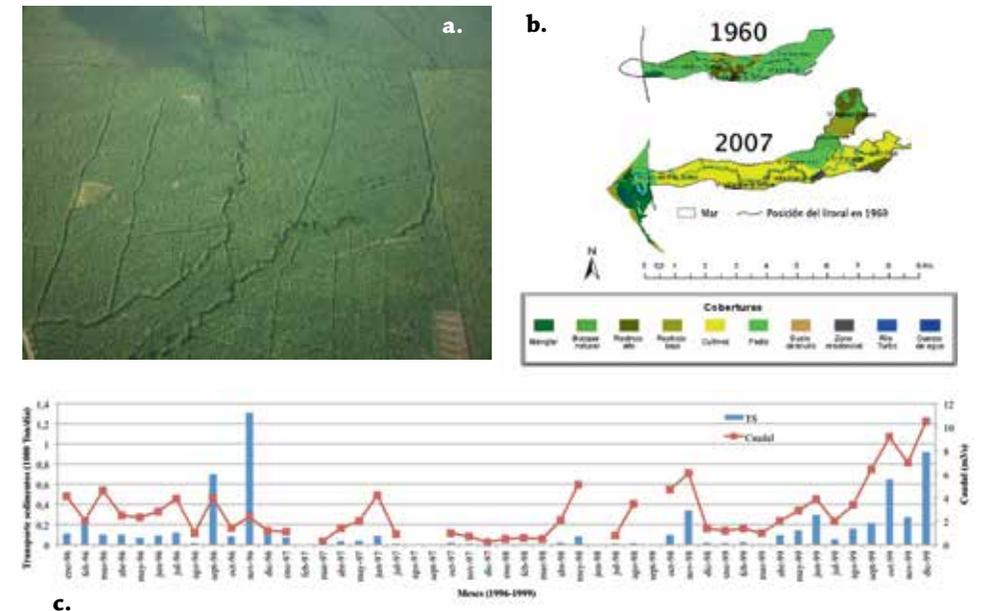


Figura 4. Influencia del cambio de cobertura vegetal en la zona bananera de Urabá sobre el transporte de sedimentos. a) Vista aérea del paisaje dominado por cultivos de banano donde se observan algunas quebradas desprovistas de cobertura arbórea ribereña; b) transición de la cobertura del suelo en las partes baja y media de la cuenca del río Turbo (1960-2007). Nótese el reemplazo de rastrojos y bosques por cultivos en la parte baja; c) dinámica del caudal y el transporte de sedimentos suspendidos (TS) en la estación El Dos del río Turbo entre enero de 1996 y diciembre de 1999, mostrando el desacople de las dos variables ocasionado por actividades antropogénicas, ya sea por exceso de transporte de sedimentos en épocas de bajo caudal o por déficit en épocas de alto caudal. Foto: J. F. Blanco (a). Datos: b) modificado de tesis de doctorado sin publicar de A. Taborda citado por Blanco *et al.* (2013), c) fuente IDEAM, J. F. Blanco, datos sin publicar.

mas fluviales y costeros. Para el caso del Caribe, con un número mayor de cuencas aforadas, es mucho más claro que los ríos que drenan la serranía de Abibe son los que exportan más agua y sedimentos al Caribe que los que drenan la Sierra Nevada de Santa Marta (Tabla 1) y posiblemente más que los de la serranía de San Jacinto. Por ejemplo, la vertiente de la serranía

de Abibe a pesar de tener cuencas en promedio más pequeñas (casi cuatro veces), tienen una producción bruta cuatro veces mayor, y una neta 17 veces mayor que las de la Sierra. Por otra parte, tiene una exportación bruta acumulada cinco veces mayor y una neta nueve veces mayor. En un contexto más amplio, esta vertiente a pesar de tener en conjunto uno o dos órde-

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS



P. Sánchez-D.

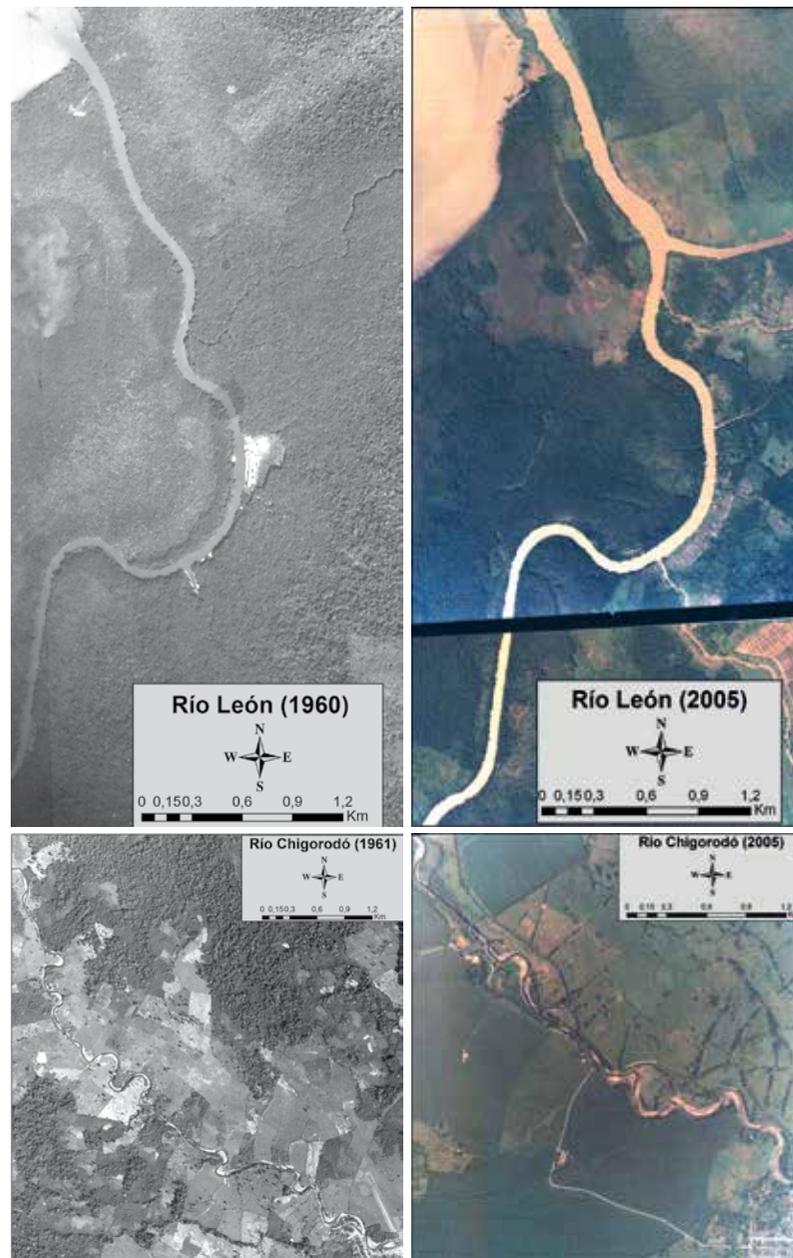


Figura 5. Cambio de cobertura vegetal en la vertiente oriental del golfo de Urabá: ríos León (1961-2005) y Chigorodó (1961-2007) departamento de Antioquia. Fuente fotos: IGAC y Catastro Departamental de Antioquia. Modificado de: Arroyave-Rincón *et al.* (2012).

nes de magnitud menos en extensión que los de las cuencas de los grandes ríos del Caribe (Atrato, Mulatos, Sinú y Magdalena), también tienen una producción neta de sedimentos casi el doble que ellos (aun superando de manera individual a la del río Magdalena) y superan la suma de todos, dando cuenta no solo de la baja capacidad de retención sino de la alta erosión en sus laderas. Este aporte neto también supera el del río San Juan en el Pacífico. De manera equivalente, el aporte neto conjunto de los ríos de la Sierra Nevada de Santa Marta también supera el de ríos más grandes y más mésicos del Caribe sur como el Atrato y el Mulatos, dando cuenta de la alta tasa de erosión de las laderas, la cual podría ser exportada durante las crecientes estacionales o episódicas, teniendo poca probabilidad de almacenamiento en las planicies costeras. Por lo tanto, en las cuencas periféricas será necesario establecer la contribución de las características de la cuenca de drenaje como el área, el relieve, el clima, la geología y los usos del suelo a la exportación bruta y neta de sedimentos tal como lo han propuesto Milliman y Syvitski (1992) a nivel global, y lo ha estudiado Restrepo (2005) para las grandes cuencas colombianas. Está bien documentado que la elevada deforestación en las microcuencas andinas tributarias del río Magdalena es la responsable de que este exhiba la tasa bruta de transporte de sedimento más alta que cualquier otro río a lo largo de las costas Caribe y Pacífica de Suramérica (Restrepo 2005). Finalmente, para estimar el papel de la deforestación sobre la hidrología superficial en las zonas donde no se han aforado los arroyos y quebradas, será necesario utilizar aproximaciones novedosas como los estudios de ecología del paisaje fluvial y la modelación hidrocartográfica (p. e. Blanco y Arroyave-

Rincón, estudio en curso en la planicie costera del golfo de Morrosquillo). En esta zona, la deforestación o cambio de cobertura vegetal de las planicies y de las zonas ha estado asociada con la agricultura, ganadería, extracción de madera y construcción de viviendas (Manco 2013, García *et al.* 2014), trayendo como consecuencia una intervención directa sobre los cauces mediante la desviación de corrientes (canalizaciones) o la interceptación de la esorrentía por la creación de estanques.

Como consecuencia de la deforestación de las laderas y del aumento de la carga de sedimentos y de la exportación de los mismos río abajo, se deduce que se aumenta la tasa de sedimentación, sin embargo son pocas las evaluaciones de su impacto que se han hecho en las cuencas periféricas colombianas. Mientras en los ecosistemas marinos como los arrecifes coralinos de las islas del Rosario la mortalidad ha sido un claro resultado del incremento de la producción de sedimentos por parte de la cuenca del río Magdalena (Restrepo 2005), en los ecosistemas costeros como los manglares, los efectos son más complejos ya que mientras se ha producido un incremento de la planicie deltáica, muchas áreas de manglar trasero han muerto en pie por la alta sedimentación, y algunas de ellas presentan un macrobentos pobre en especies (Blanco *et al.* 2013) (Figura 6). Aun no existen estudios sobre el efecto de la sedimentación en los estuarios y en los tramos fluviales de las cuencas periféricas colombianas, pero se puede anticipar que el principal efecto es la colmatación de los lechos con arenas y limos, con el consecuente taponamiento de cauces, tal como se ha observado en varios ríos en la región de Urabá (p. e. Río Turbo) (Blanco, *obs. pers.*, Figura 6).

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Intervenciones antropogénicas sobre la hidrología superficial

La prevalencia de las actividades humanas en las cuencas periféricas ha llevado a numerosas intervenciones sobre la hidrología superficial y subterránea en las cuencas periféricas colombianas. Por ejemplo, es común encontrar dentro de las grandes extensiones ganaderas a lo largo de toda la planicie costera del Caribe, numerosos represamientos de agua conocidos como estanques, albercas o jagüeyes, los cuales han interceptado la escorrentía que estacionalmente concentran las microcuencas de orden cero en los lomeríos, con el fin de proveer de agua al ganado y a los pequeños cultivos durante el periodo de verano (Figura 1). Esta interceptación tiene como efecto la desecación de los arroyos, la fragmentación de sus cursos y la reducción del nivel freático. Por otra parte, en las partes montañosas se estima que hay un número alto, pero indefinido, de pequeñas tomas de agua, algunas con pequeñas represas con el potencial de bloquear los movimientos migratorios aguas arriba y aguas abajo de los peces y camarones (Figura 7). Sin embargo, los desarrollos mayores se han hecho con fines de provisión de agua para riego, como es el caso de los embalses El Playón y Matuya en los Montes de María en jurisdicción de Bolívar (Figura 1), los cuales surten el distrito de riego de María La Baja, construido por el gobierno de Carlos Lleras Restrepo en los años sesenta para mantener los cultivos de arroz, pero actualmente mantiene los cultivos de palma africana. Se desconocen los impactos ecológicos de estas dos represas, pero como en la mayoría de los casos, algunos de los efectos más visibles que se podrían hipotetizar son la pérdida de conectividad de las poblaciones de peces de agua dulce, la invasión de especies de peces y plantas



Figura 6. a – b) Acumulación de arenas y colmatación del cauce de la parte baja del río Turbo, golfo de Urabá, producto de la erosión de laderas en la parte alta; c) árboles del mangle negro, *Avicennia germinans*, muertos en pie como producto de la sedimentación en el delta del río Turbo. Fotos: J. F. Blanco.



P. Sánchez-D.

Tabla 1. Valores de áreas de drenaje, producción bruta y neta de sedimentos de varios ríos en las cuencas periféricas del Pacífico y Caribe colombiano. D.E. Desviación estándar. N.D.=datos no disponibles. Superíndices: 1. Los datos de la serranía de Abibe solo incluyen la vertiente golfo de Urabá, 2. La suma del área total de las cuencas corresponde solo a las estaciones cercanas a la desembocadura (León, Currulao, Guadualito y Turbo). 3. Los datos de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM) incluyen solo la vertiente norte en los departamentos de Magdalena y Guajira (pero se incluye el río Ranchería que nace en la parte norte de la vertiente oriental). 4. La cuenca del Pacífico solo incluye los ríos de la serranía de Baudó y el río San Juan para efectos comparativos por su proximidad y su similitud climática (no se incluyen los ríos más al sur porque no nacen en sistemas periféricos). Los grandes ríos del Caribe se incluyen solo para efectos comparativos. S. D. Sin dato. Modificado de Restrepo (2005).

Cuenca	Subcuenca	Río	Área (km ²)	Producción bruta (ton año ⁻¹)	Producción neta (ton km ⁻² año ⁻¹)
Caribe	Serranía de Abibe ¹	Chigorodó	100	215.300	1088
		León	700	770.100	1007
		Vijagual	40	21.900	548
		Grande	70	43.800	626
		Zungo	50	29.200	584
		Apartado	160	62.000	585
		Carepa	150	317.500	2048
		Currulao	230	237.300	1023
		Guadualito	80	31.000	369
		Turbo	160	73.000	445
		Promedio (D.E.)	174 (194)	180.110 (232.263)	832 (497)
		Suma²	1.170	1.111.400	2.844
	SNSM ³	Gaira	30	1.400	42
		Guachaca	260	11.300	43
		Don Diego	520	22.600	43
		Ancho	540	28.800	53
		Palomino	680	51.100	75
		Ranchería	2.240	102.200	46
		Promedio (D.E.)	711 (784)	36.233 (36.466)	50 (13)
	Suma	4.270	217.400	302	
Grandes ríos	Atrato	35.700	11.260.000	315	
	Mulatos	10.200	211.700	208	
	Sinú	101.800	6.100.000	589	
	Magdalena	257.430	143.900.000	559	
Pacífico ⁴	Pequeños ríos	Chocó norte	21.800	S.D.	S.D.
		Baudó	5.400	S.D.	S.D.
	Grandes ríos	San Juan (Malagueta)	14.300	1.6420.000	1150



P. Sánchez-D.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

acuáticas foráneas y la pérdida del régimen natural del caudal que alimenta a la ciénaga de María La Baja. Hoy se comenta de manera informal que ya han perdido gran parte de su capacidad por la colmatación y muchos canales han sido destruidos por acciones ilegales. Un caso similar ocurre en el distrito de riego de Tucurín en la zona bananera del Magdalena en el piedemonte occidental de la Sierra Nevada de

Santa Marta, en donde desvios de cauces y construcciones de canales de riego y de drenaje han disminuido la conectividad hidrológica entre la Ciénaga Grande de Santa Marta y los ríos que la nutren debido a las adecuaciones de tierra por más de un siglo. Por otra parte, la sequía superficial (o de caudales), cada vez más común en la zona, ha conllevado al reemplazo del banano por la palma de aceite en grandes predios y a

un incremento de los conflictos entre los usuarios ubicados en las partes altas y bajas de los ríos. Aunque la carencia de otras represas en sistemas más permanentes y con mayor incidencia de especies de peces diádromos parece haber evitado los problemas de disminución de poblaciones de estas especies, las experiencias sobre los problemas ambientales y las soluciones de manejo que se han presentado en otros países insulares y costeros del Caribe y del Pacífico, pueden ser referentes útiles a la hora de diseñar las bocatomas de los acueductos veredales (March *et al.* 2003, Greathouse *et al.* 2006). Es entonces, aparentemente, más impactante la intervención sobre los recursos hídricos en las planicies asociados con las actividades agropecuarias, la cual podría redundar en la disminución de especies diádromas río arriba a pesar de que las cabeceras se mantengan bastante conservadas, tal como ha sido el caso de los camarones en el Parque Braulio Carrillo en la cordillera central de Costa Rica a causa de la actividad bananera en la planicie del Caribe (Snyder *et al.* 2013).

mente la ciudad de Santa Marta y la zona turística de El Rodadero experimentaron racionamientos por la sequía de los nacimientos de los ríos Manzanares y Gaira que surten sus acueductos, respectivamente (<http://www.metroagua.com.co>). Por otra parte, la sobre-demanda que tienen los mismos es causa de la interrupción del servicio, ya que la primera pasó de 250.000 a 500.000 habitantes en pocos años sin las mejoras requeridas por la infraestructura de acueducto.

La reducción de caudales medios es claramente una consecuencia del incremento de la captación del agua superficial y de la deforestación de las cuencas, pero a ello se le suma la reducción de la precipitación (se manifiesta en la disminución de los caudales máximos) no solo asociada con la fase El Niño del ENSO (Capítulo 2), sino con el calentamiento atmosférico. Reciente Poveda y Álvarez (2012) en su revisión de tendencias hidrológicas de varias estaciones del país, confirmaron que los caudales máximos de varias cuencas periféricas disminuyen de manera significativa en el Caribe durante los recurrentes años El Niño (ver Sabana Nueva y Montería en Córdoba, Cuestecita-Cesár en la Sierra Nevada de Santa Marta, La Gabarra en serranía de Perijá). Adicionalmente, mostraron que estaciones como Montería y La Gabarra, con registros de por lo menos 30 años, han presentado una tendencia negativa, confirmando que las series no son estacionarias, lo cual debe ser tenido en cuenta para el manejo de los embalses y acueductos, y los diseños de los nuevos sistemas. Como consecuencia de la prolongación de la sequía estacional por efectos de El Niño y del calentamiento atmosférico, la fauna diádroma podría experimentar disminuciones poblacionales o contracciones del



Figura 7. Tipos de tomas de agua. a) Represa baja (quebrada La Carolina, Capurganá, municipio de Acandí, Chocó); b) represa alta (quebrada Capurganá, Capurganá, municipio de Acandí, Chocó); c) toma lateral (quebrada Ilú, Parque Nacional Natural Gorgona); d) represa baja utilizada para generación hidroeléctrica (quebrada Pizarro, Parque Nacional Natural Gorgona). Nótese que la represa alta bloquea la migración de fauna diádroma río arriba, pero el sistema de toma mediante rejilla (a-c) o tubo (d) en los cuatro ejemplos captura un número significativo de larvas derivando aguas abajo. Fotos: J. F. Blanco.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

ámbito de distribución en algunas quebradas del Caribe colombiano, tal como se ha observado en camarones de la isla de Puerto Rico (Covich *et al.* 2006 y referencias allí incluidas).

Otras perturbaciones dentro de los cauces

Hay poca información sobre perturbaciones adicionales en las cuencas periféricas de Colombia, pero es claro que existen o podrían existir algunos problemas de contaminación con aguas residuales y desechos sólidos, extracción de arenas, urbanización, sobrepesca e introducción de especies, tal como se ha observado en otros sistemas insulares y continentales costeros tropicales (Brasher 2003, Brasher *et al.* 2004, Ramírez *et al.* 2009, 2012). En la planicie costera del Caribe es común ver los arroyos como sitios de vertimientos de aguas residuales y de disposición de basuras, explotaciones ilegales pero permanentes de arena y piedras de río, y caños canalizados en los tramos que atraviesan las cabeceras municipales (p. e. San Andrés y Providencia, Lasso *et al.* 2015) (Figura 8). En los ríos, quebradas y arroyos con caudal permanente se han observado tilapias, tucunarés y otras especies introducidas que se escapan de los estanques de cultivo artesanal (Blanco, obs. pers., Gutiérrez *et al.* 2012). Por otra parte, la pesca de larvas de gobiidos podría ser una práctica insostenible ya que atrapa un estadio de vida vulnerable y no permite su desarrollo hasta alcanzar la maduración sexual (Capítulo 3). De hecho, algunos pobladores de El Valle en el Chocó afirman que el recurso ha disminuido pero no se tiene la noción de que se deba a la sobrepesca (Carvajal-Quintero 2011). Finalmente, información cuantitativa sobre las pesquerías en los embalses y las especies exóticas, con algunos ejem-

plos para el Caribe, puede encontrarse en Jiménez-Segura *et al.* (2011), Álvarez-León *et al.* (2011) y Gutiérrez *et al.* (2012).

Vulnerabilidad de los servicios ecosistémicos y los sistemas socioecológicos en las cuencas periféricas ante el cambio climático

Para abordar las dos últimas secciones de este capítulo y del cuerpo del libro, se empleará la definición de vulnerabilidad como el grado de susceptibilidad y la incapacidad de un sistema para enfrentar los efectos adversos del cambio climático (Pérez *et al.* 2008), dado que éste se considera como la mayor amenaza ambiental del planeta ya que incide y cambia el sistema climático de varias maneras, tanto en la parte terrestre como oceánica (IPCC 2013). Para Colombia, se estima que el nivel del mar ha aumentado entre 3 y 5 milímetros anuales, la precipitación ha disminuido en algunas localidades (aunque ha aumentado en la mayoría), los caudales máximos se han reducido en la región Caribe, la temperatura mínima mensual ha incrementado en 8 °C durante los últimos 50 años cerca de los páramos y glaciares, y estos últimos han retrocedido entre 15 y 20 m año⁻¹, y particularmente en la Sierra Nevada de Santa Marta han presentado una disminución de 4 km² entre 1989-2007 (Pabón 2003, Poveda y Pineda 2009, Poveda y Álvarez 2012, Vernet *et al.* 2012). Todas estas manifestaciones de los cambios globales se espera que interactuen con los paisajes visiblemente antropizados del Caribe continental e insular (González *et al.* 2011), probablemente magnificando los impactos ecológicos y sociales, y de esta forma aumentando la vulnerabilidad de los sistemas socioecológicos acoplados.



Figura 8. Perturbaciones dentro de los cauces. a) Eutrofización por vertimiento directo de aguas residuales (zona rural del municipio de San Onofre, Sucre); b) disposición de basuras en la ribera (río Chinulito, municipio de Toluviéjo, Sucre); c) canalización (cabecera municipal del municipio de Toluviéjo, Sucre); d) extracción permanente de arenas (arroyo Cascajo, municipio de San Onofre, Sucre); e) extracción ocasional de material de arrastre (desembocadura del río Capurganá, municipio de Acandí, Chocó). Fotos: A. Arroyave-Rincón (a-c), J. F. Blanco (d), C. Escobar-Sierra (e).

Se prevé un impacto importante en los ecosistemas andinos de alta montaña, que son muy sensibles a los cambios en la temperatura y la precipitación (Anderson

et al. 2011a, Ruíz *et al.* 2011, Young *et al.* 2011). Los páramos, por ejemplo, tienden a disminuir porque las condiciones se están dando para el establecimiento



P. Sánchez-D.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

de plantas típicas de menor altitud. Por lo tanto, se anticipan impactos significativos en cascada en las cuencas periféricas de la Sierra Nevada de Santa Marta, dado que algunas están alimentadas por glaciares y páramos y muchas de ellas por bosques de niebla, todos ellos ecosistemas que se predice disminuirán o desaparecerán durante los próximos 50 años. Dado que el SE de provisión de agua es el que más impacto tiene sobre la sociedad, por ejemplo en los alrededores de la Sierra, se esperan disminuciones significativas como producto de la interacción entre la deforestación de los bosques de alta montaña y de tierras bajas, la disminución del tiempo y cantidad de la precipitación y el aumento de la temperatura, lo cual no sólo se traducirá en los caudales máximos, sino en los promedios como producto de la reducción de la humedad del suelo, tal como se ha venido registrando en otras regiones del país (Poveda y Álvarez 2012). También se prevee una mayor oscilación entre los eventos extremos (crecientes y sequías).

En los sistemas periféricos más bajos en zonas de vida de bosque seco y bosque sub-húmedo o húmedo del Caribe, se espera que la vulnerabilidad ante el calentamiento atmosférico se incremente con el aumento de la deforestación. De hecho, el IDEAM (2010), ha pronosticado que la subzona hidrográfica de los Montes de María y golfo de Morrosquillo serán una de las áreas que experimentarán mayor vulnerabilidad socio-ecosistémica como producto de la baja oferta de recursos hídricos y el incremento de las demandas. En la vertiente del Pacífico es prematuro anticipar los efectos generalizados del calentamiento atmosférico, sin embargo se espera que las zonas más deforestadas y al mismo tiempo más pobladas, experimen-

ten una mayor variabilidad de caudales en la medida que se pierda la capacidad de regulación hidrológica de los bosques. Principalmente se espera que los efectos de El Niño y La Niña se vuelvan más severos en la serranía del Baudó. Será necesario monitorear la hidroclimatología de la isla Gorgona y otros parques nacionales naturales (p. e. Utría y Málaga-Uramba) para anticipar las tendencias del calentamiento global. Finalmente, zonas secas, subxéricas y xéricas como el Caribe insular, la península de La Guajira y la serranía de Perijá, deben ser monitoreadas porque además de encontrarse amenazadas por la disminución de caudales, ya están en riesgo por poseer niveles medios bajos y por poseer poblaciones humanas asentadas en sus cuencas (IDEAM 2010, IGAC 2014), lo cual confiere en conjunto una alta vulnerabilidad socio-ecosistémica.

Todas las amenazas sobre las cuencas periféricas serán manifestadas sobre sus ecosistemas terminales, interactuando con el ascenso del nivel del mar. Los cambios en la cronología y volumen de la escorrentía de agua dulce afectarán la salinidad, disponibilidad de sedimentos y nutrientes y a los regímenes de humedad de los ecosistemas costeros (Bates *et al.* 2008). Aunque solo se ha informado de manera detallada sobre los cambios ecológicos en los manglares del río Turbo en Urabá como producto de los cambios en su cuenca (Blanco *et al.* 2013), existen varios casos bien documentados de colapsos ecológicos de los manglares y otros ecosistemas costeros ubicados en las desembocaduras de grandes ríos del Pacífico y Caribe colombiano (ver Restrepo y Alvarado 2011).

Dado que el IGAC (2014) recientemente publicó el mapa de conflictos de uso de

tierras, en el cual el departamento de Sucre presenta los mayores problemas del país (78% de los suelos afectados por mala planeación del territorio, siendo el 42% sobre-utilizado y el 36% sub-utilizado) y otros departamentos costeros caribeños se encuentran dentro de los 10 primeros, a continuación se describen los principales patrones para apoyar los análisis futuros de vulnerabilidad de las cuencas pericontinentales principalmente ante la sequía (también consultar: http://geoportal.igac.gov.co:8888/siga_sig/Agrologia.seam):

- Las zonas planas del Caribe donde existen extensos potreros tienen conflictos de uso por sub-utilización.
- Las zonas de lomeríos (p. e. San Onofre) y de piedemonte (p. e. San Onofre y Tolúviejo, municipios de piedemonte de las vertientes occidental y oriental y algunas cuencas de la vertiente norte Sierra Nevada de Santa Marta), tienen conflictos por sobreuso.
- Las zonas en las inmediaciones de los humedales de la planicie costera y de los manglares del golfo de Morrosquillo también tienen conflictos por sobreuso.
- Las zonas de planicies de pequeñas cuencas costeras y valles transversales de las serranías del Darién y del Baudó, tienen sobreuso. Estas son: ríos Tolo y Acandí (Caribe), ríos Juradó, Partadó, Curiché, Cupica (Pacífico norte), quebrada Mecana (bahía Solano), ríos Valle, Juribidá, Tribugá, Nuquí, Panguí, Coquí, Jobí, Arusí y otros, entre cabo Corrientes y la margen norte del río Baudó.
- En el Caribe insular: isla Providencia como un todo y la parte de lomerío central de la isla de San Andrés.
- Las zonas de cultivos extensivos permanentes del sur de la serranía de

Abibe y de la vertiente occidental de la Sierra Nevada de Santa Marta tienen un uso adecuado por la ubicación de las zonas bananeras de acuerdo a la clasificación agrológica, pero por esa razón las convierte en sistema socio-ecológico acoplado o sistema productivo dominante.

- La zona de planicie de la península de La Guajira que rodea a la serranía de Macuira tiene un uso adecuado y solo presenta algunas áreas de pastoreo caprino sub-utilizadas en matorrales en las inmediaciones de las rancharías.

Se recomienda seguir las experiencias recientes de evaluación del impacto tanto de los cambios de cobertura como del cambio climático, sobre las cuencas hidrográficas costeras en el Bosque Experimental de Lujillo o El Yunque en Puerto Rico, los cuales son modelos a seguir para toda la cuenca del Caribe (Murphy y Stallard 2012, Jennings *et al.* 2014).

Elementos para el uso sostenible de las cuencas pericontinentales

Existen muchas herramientas para la gestión de las cuencas hidrográficas por lo cual esta última sección no pretende hacer ni un análisis comparativo, ni una revisión exhaustiva. Por el contrario, se proponen solo algunas herramientas como punto de partida de la discusión del manejo basado en ecosistemas con fines de uso sostenible de las cuencas periféricas colombianas, las cuales tienen particularidades en su estructura biótica y su funcionamiento ecosistémico, tal como se ha descrito en los capítulos anteriores. A continuación se discuten los siguientes elementos: 1) caudales ambientales; 2) conectividad tanto hidrológica como ribereña; 3) restaura-



P. Sánchez-D.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

ción de riberas y cauces y 4) herramientas de gestión de las cuencas periféricas y sus recursos hidrobiológicos.

Caudales mínimos, ecológicos y ambientales

Estos conceptos han sido ampliamente discutidos y aplicados en cuencas continentales de todo el mundo, sin embargo, son pocos los casos aplicados a las cuencas costeras. En términos generales, los caudales mínimos, ecológicos o ambientales hacen referencia a las “demandas” o “necesidades” de los ecosistemas acuáticos (incluyendo algunas veces a las zonas ribereñas). Colombia incorporó el concepto de caudal ambiental mediante el Decreto 3930 del 25 de octubre de 2010 del Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, definiéndolo como “Volumen de agua necesario en términos de calidad, cantidad, duración y estacionalidad para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y para el desarrollo de las actividades socioeconómicas de los usuarios aguas abajo de la fuente de la cual dependen tales ecosistemas”. A pesar de lo intuitiva que resulta esta definición, las autoridades ambientales aun se encuentran discutiendo cuales serán los métodos preferidos para utilizar en los licenciamientos de concesiones de agua, aunque existe una primera propuesta de método holístico (p. e. UNAL 2008) y por otro lado, algunos expertos han usado tradicionalmente el método del caudal incremental (p. e. Diez-Hernández y Ruíz-Cobo 2007). Sin embargo, el IDEAM (2010) utilizó para sus análisis en el Estudio Nacional del Agua una aproximación hidrológica basada en la curva de duración, a manera de estimativo más que como un procedimiento para toma de decisiones de extracción de aguas de corrientes de agua específicas. Hasta el momento no se ha utilizado

ninguno de los tres anteriores métodos ya sea para una cuenca costera o para alguna especie diádroma. En el Caribe, solo se ha aplicado el método de caudal incremental para camarones diádromos del Bosque Experimental de Luquillo, determinando un requerimiento de Q_{98} (caudal con una duración del o excedido el 98% del tiempo) (Scatena y Johnson 2001). Para una revisión de los métodos más utilizados en el Caribe y los Andes se recomienda consultar a Scatena (2004) y Anderson *et al.* (2011b), respectivamente. Por lo tanto, se recomienda investigar sobre métodos simples (centrados en especies diádromas) y holísticos para determinar las necesidades de caudal de las quebradas pericontinentales, debido a que ellas y sus especies afrontan sequías de cauces recurrentes, las cuales pueden ser agravadas por extracciones excesivas. Sin embargo, este es un desafío mayor en las quebradas o arroyos con regímenes marcadamente estacionales o aun efímeros (Hughes 2005). Dadas las limitaciones para ampliar la red de monitoreo hidroclimatológico del IDEAM en los sistemas periféricos, es importante priorizar el establecimiento de nuevas estaciones dentro de los parques nacionales con recursos propios o de investigación, no solo para apoyar el desarrollo de conceptos y métodos de establecimiento de caudales ecológicos y ambientales, sino para monitorear la variabilidad y el cambio climáticos.

Conectividad hidrológica

Esta es la característica más determinante de la condición ecológica en los ríos, quebradas y arroyos ya que condiciona la existencia de un hábitat para las especies acuáticas (Freeman *et al.* 2007) y el movimiento longitudinal y lateral de materia, energía e información (Ward 1989). Por esta razón, las visiones modernas

de la ecología fluvial consideran a estos ecosistemas como elementos insertados dentro del paisaje terrestre, y como paisajes (acuáticos) en si mismos (Wiens 2002). Como paisajes acuáticos presentan atributos tales como heterogeneidad, direccionalidad y jerarquía espacial (Poole 2002, Wiens 2002), además de la conectividad con su entorno y consigo mismos (conectividad longitudinal del caudal y de las poblaciones de diferentes especies) (Fausch *et al.* 2002). Actualmente, además de considerar la conectividad como una propiedad lineal de los ejes longitudinal y lateral de las corrientes de agua, también es considerada como el resultado de las propiedades geométricas de las redes fluviales, que pueden ser medidas a diferentes escalas espaciales (Benda *et al.* 2004). De esta manera, la conectividad hidrológica es una función de: 1) la densidad de la red de drenaje a la escala de la cuenca; 2) la proporción entre el número y longitud acumulada de segmentos orden 1-2 y ordenes mayores a la escala de la red de drenaje y 3) el número de nodos o tributarios a lo largo de un segmento (Benda *et al.* 2004).

En los ríos y quebradas pericontinentales de Colombia, pero particularmente en los arroyos del Caribe, el manejo (incluyendo la restauración) de la conectividad hidrológica toma un papel primordial para la integridad de los ecosistemas y la biota acuática, debido a la ocurrencia estacional de la sequía de tramos y a la presencia de especies de peces y camarones diádromos. Dado que las especies diádromas y algunas dulceacuícolas primarias tienen migraciones a lo largo de los ríos, la disminución de la conectividad hidrológica (usualmente la desconexión entre las cabeceras y las zonas planas según uno de los modelos de Lake 2003) por razones naturales o antropogénicas puede traer consecuencias ca-

tastróficas para las poblaciones o para los ecosistemas. En el Caribe colombiano, la conectividad hidrológica ha sido reducida como consecuencia de la construcción de pequeñas represas, puentes y canalizaciones, además de las alteraciones de cauces por extracción de material de arrastre e interceptación de tributarios, que interrumpen el libre flujo de los caudales remanentes durante los períodos de sequía, tal como hemos observado en varios arroyos del departamento de Sucre (Blanco y Arroyave-Rincón, obs. pers.) (Figura 9).

Conectividad de los corredores ribereños

Los bosques ribereños en buen estado de conservación, no solo sirven de hábitats y corredores para mamíferos, aves, reptiles y anfibios, sino que disminuyen el impacto de actividades agropecuarias y de asentamientos de poblaciones humanas sobre los ambientes acuáticos interceptando las escorrentías de contaminantes, incluyendo nutrientes y sedimentos (Naiman *et al.* 2005). Dado que las funciones de hábitat, corredor y barrera de los bosques ribereños dependen en gran medida de su conectividad a lo largo de las redes de drenaje en las cuencas hidrográficas, una de las estrategias planteadas para restituir dicho atributo en las áreas impactadas es la restauración de la vegetación arbórea (Bennet 2003, Naiman *et al.* 2005). En las cuencas periféricas colombianas, a pesar de que el Código Nacional de Recursos Naturales renovables y de Protección al Medio Ambiente estipula que se deben mantener por lo menos 30 m de protección al lado del cauce, muchas riberas han sido deforestadas. Particularmente en el Caribe colombiano, los bosques secos, incluyendo los ubicados en las zonas ribereñas, se encuentran en un estado de alta fragmentación, relictualidad y compo-



P. Sánchez-D.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS



Figura 9. Pérdida estacional de la conectividad hidrológica superficial en el piedemonte de la serranía de San Jacinto (zona rural del municipio de Toluviejo, Sucre). a – b) Arroyo Chinulito mostrando su variabilidad en la conectividad hidrológica durante la época de lluvias y la época de sequía. Durante la época se aguan bajas, las pocas piscinas profundas remanentes (c) son utilizadas como refugio ante la sequía por los peces que tienen mayor capacidad para soportar la hipoxia (p. e. *Hoplias malabaricus*) (d). Fotos: A. Arroyave-Rincón.

sición de especies distintiva, después de reiterados ciclos de crecimiento secundario (Etter *et al.* 2006, 2008, Manco 2013, García *et al.* 2014), concordando con la definición de “nuevos bosques” de cuencas periféricas insulares como las de Puerto Rico (Lugo y Helmer 2004, Molina-Colón *et al.* 2011). Aunque algunos de estos “nuevos bosques” en el Caribe colombiano puedan encontrarse en un estado sucesional avanzado, se ha encontrado que se originaron después de que los bosques

primarios fueron intervenidos por primera vez hace más de 100 años para establecer pasturas para la ganadería, siendo talados a ras de suelo durante los siguientes 10 a 20 años (Etter *et al.* 2005, 2008). En consecuencia, muchos de los bosques secos con características relictuales, crecimientos secundarios de avanzada edad (>20 años) o con regeneración reciente, se encuentran en las porciones montañosas de las serranías y en las zonas ribereñas encañonadas en donde la actividad gana-



P. Sánchez-D.



Figura 10. Conectividad de los corredores ribereños del piedemonte de la serranía de San Jacinto (zona rural del municipio de San Onofre, Sucre). a – b) Árboles viejos remanentes en potreros y riberas, respectivamente (nótese que la persona que sirve de referencia mide aproximadamente 1,8 m); c – e) pérdida de la conectividad vegetal de la zona ribereña debido al establecimiento de potreros, cultivos (plátano) y viviendas, respectivamente. Fotos: A. Arroyave-Rincón.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS



Figura 10. Continuación. f) conectividad artificial debido a la siembra de un cerco vivo; g – h) provisión de hábitat y corredor para la fauna silvestre (mono aullador y pájaro carpintero, respectivamente) por parte de la zona ribereña del río Palenquillo que conecta a los tramos de planicie con el piedemonte de la serranía de San Jacinto; i) servicio de regulación climática de la vegetación ribereña y remanente en los potreros que ofrece sombra al ganado. Fotos: A. Arroyave-Rincón.

dera ha tenido una menor influencia (Figura 10) (Cavelier *et al.* 1998, Etter *et al.* 2005, Sánchez-Cuervo *et al.* 2011, García *et al.* 2014).

Por lo tanto, las experiencias de restauración de los bosques ribereños, principalmente en la región andina, han buscado entonces recuperar la vegetación nativa y, con ello, las funciones ecológicas del bosque y su efecto sobre las quebradas

(Giraldo *et al.* 2013). Dichas experiencias van desde el proceso de aislar la franja ribereña (construcción de una cerca) para evitar cualquier actividad en dicha zona, hasta las intervenciones más precisas con enriquecimientos vegetales para acelerar la restauración del bosque. Para el Caribe colombiano existen algunas estrategias de reforestación del bosque seco desarrolladas dentro de iniciativas de producción más amigables con el ambiente, las cuales

han promovido el incremento de árboles y arbustos en arreglos agroforestales dentro de los sistemas agropecuarios tradicionales (Mahecha 2002, Chará y Giraldo 2011a, b, Murgueitio *et al.* 2011, Vargas y Ramírez 2014). Estos nuevos sistemas silvopastoriles, que asocian árboles, arbustos forrajeros, pastos y ganado, cumplen funciones ecológicas reflejadas en la conservación y mejoramiento del suelo, fijación de nitrógeno, conservación de la biodiversidad, reciclaje de nutrientes y control de la erosión. Además, contribuyen a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a través de la captura de carbono, mejora en la calidad de los suelos y reducción de procesos de deforestación, reducción de pesticidas y otros insumos. Todo lo anterior contribuye a la prestación de servicios ambientales similares a los que prestan los bosques nativos. En el Caribe colombiano, se podría utilizar el manejo silvopastoril para promover la reforestación ribereña con el fin de incrementar su conectividad y su papel como protector de los ecosistemas fluviales. De hecho, en algunas experiencias de investigación en la zona andina se ha determinado que los corredores ribereños cumplen funciones fundamentales en la regulación hídrica, particularmente en quebradas de menor orden, las cuales son más vulnerables al deterioro por el impacto de actividades agropecuarias o urbanas (Chará 2004), las cuales pueden servir de referentes. Un aspecto clave para medir el éxito de los esfuerzos de reforestación ribereña es el monitoreo de los macroinvertebrados acuáticos y variables ecosistémicas, tal como se ha hecho en algunos ejemplos en zonas andinas (Chará 2004). Dicho monitoreo en las cuencas periféricas colombianas debe utilizar, sin embargo, los métodos propuestos para islas en otras partes del mundo (p. e. Puerto Rico: De

Jesús-Crespo y Ramírez 2011a,b, Ramírez *et al.* 2014, Rodríguez y Ramírez 2014) o algunas zonas costeras colombianas (p. e. Guerrero-Bolaño *et al.* 2003), no los propuestos para las zonas continentales debido a las diferencias hidrológicas, geomorfológicas, ecosistémicas y faunísticas ya explicadas en los capítulos precedentes.

Finalmente, uno de los grandes desafíos que tendrá que afrontar la reforestación ribereña en la región del Caribe es la ausencia de condiciones de referencia (bosque conservado de la zona o región similar), que permita conocer las especies y los componentes que se quieren recuperar, tal como lo proponen SER (2004) y Vargas y Ramírez (2014). Sin embargo, las acciones dependerán del potencial de restauración y estado del área ribereña, el estado del suelo, la cercanía a bosques que permita la dispersión de semillas, la posibilidad de adquirir plántulas y las posibilidades de monitoreo. En algunos casos, habrá que enriquecer la zona con árboles nativos pioneros que posibiliten la regeneración de nuevas plántulas en tiempos más cortos o facilitar el surgimiento de especies que regeneran bajo otras de crecimiento más denso o rastrojos. En otros casos, será necesario rehabilitar las áreas ribereñas, es decir, llevarlas a un nuevo estado funcional, así no sea el original, para garantizar el cumplimiento de algunas funciones y servicios mínimos. Existen un amplio conocimiento sobre estrategias de restauración en diferentes ecosistemas que ha sido acumulado por las sociedades científicas dedicadas al tema (“Society for Ecological Restoration” www.ser.org; “Red Colombiana de Restauración Ecológica” www.redcre.com) y más recientemente se realizó una publicación específica para el bosque seco (Vargas y Ramírez 2014). Sin embargo, aunque existen principios gene-



P. Sánchez-D.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

rales para la restauración en zonas agropecuarias y urbanas (Sánchez *et al.* 1992, Jackson *et al.* 1995), se debe partir de la premisa que cada experiencia de restauración de las zonas ribereñas debe realizar su propia descripción de las condiciones actuales y de las condiciones de referencia (Sweeney y Czapka 2004). Adicionalmente, en las áreas más degradadas puede ser necesaria la restauración de cauces y lechos, sin embargo, a menos que estén canalizados, la restauración de riberas y medidas de exclusión de actividades humanas y de semovientes es suficiente para que los ecosistemas inicien un proceso de recuperación natural (Herbst *et al.* 2012).

Herramientas de gestión de las cuencas hidrográficas y sus recursos hidrobiológicos

El país cuenta con una base de leyes y normas suficiente para la gestión de las cuencas hidrográficas en general, que simplemente debe aplicarse de manera generalizada a las cuencas periféricas. Por ejemplo, el Decreto Presidencial 1729 de agosto de 2002 (reglamentando apartes de la Ley 388 de 1997 y el Decreto 879 de 1998, ambos sobre los Planes de Ordenamiento Territorial, POT), no solo definió el concepto de cuenca hidrográfica sino que obligó a las autoridades ambientales a la elaboración de un plan de ordenamiento y manejo (POMCH), como principal herramienta de gestión de los recursos hídricos y otros. Sin embargo, dada la magnitud de la tarea debido al alto número de cuencas hidrográficas dentro de la jurisdicción de muchas de las corporaciones autónomas regionales, se priorizó la elaboración de los planes de ordenamiento y manejo solo para las cuencas abastecedoras de los acueductos veredales o regionales (POMCA). A pesar de esto, muchas cuencas periféricas colombianas, aun las abastecedoras de

acueductos, no tienen un POMCA aprobado y muchos se encuentran en fase de formulación o de ajuste, en parte porque muchos municipios pequeños ni siquiera tienen un POT. Es sorprendente que sean pocos los POMCA aprobados o en etapa de ajuste, mientras un gran número de cuencas se encuentran en etapa de formulación o no han sido iniciadas las gestiones. Este incumplimiento de elaboración de los POMCA está relacionada con la debilidad de algunas corporaciones autónomas regionales o de desarrollo sostenible. Los mejores referentes son los procesos de elaboración de los POMCA del río Piedras-río Manzanares y de varios ríos del Urabá antioqueño.

Sin embargo, la promulgación de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PGIRH) publicada en 2010, el estado de crisis generado por la ola invernal de 2010-2011 y un mayor control de los asuntos ambientales por parte de la Contraloría General de la Nación, están contribuyendo a cambiar este panorama. Aun en los casos que existían POMCA, el Fondo Nacional de Adaptación solicitó modificar dichos planes en los municipios y departamentos más afectados por las inundaciones durante el Fenómeno La Niña 2010-2011 para incluir la variable "riesgo". Por ejemplo, en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Magdalena (CORPAMAG), la Subzona Hidrográfica del río Piedras - río Manzanares (código IDEAM 1501), que también incluye a las microcuencas de los ríos Córdoba, Toribio, Gaira, Manzanares, Piedras y otras corrientes menores directas al mar Caribe, fue seleccionada como Cuenca Piloto por la Asociación de Corporaciones Autónomas Regionales (ASOCARS) y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Es probable que la situación me-

jore en otras jurisdicciones a partir de los compromisos que adquiriera el país como consecuencia del periodo post.-2015 de los Objetivos de Desarrollo del Milenio y de la Década de Acciones "Agua Fuente de Vida" (2005-2015) de la Organización de las Naciones Unidas (Programa Agua).

Por otra parte, las autoridades ambientales y municipales y las comunidades de científicos pueden aprender de casos exitosos de interacción multisectorial para el manejo de las cuencas hidrográficas, tales como la estrategia HELP (Hydrology for the Environment for the Life and Policy) de la UNESCO y el programa ULTRA (Urban Long-Term Research Area) de la Fundación Norteamericana para las Ciencias. Dichas herramientas de manejo e investigación, respectivamente, fueron acogidas en la isla de Puerto Rico (<http://136.145.54.27/~catec/help/>; <http://sanjuanultra.org>). En la primera, se aprovechó la base científica existente para el Bosque Experimental de Luquillo para permitir el diálogo entre las ciencias hidrológicas y las biológicas con las comunidades y los administradores de recursos naturales para el manejo de las cuencas hidrográficas (Ortiz-Zayas y Scatena 2004, Scatena *et al.* 2008), mientras que en la segunda se propuso de antemano que la actividad científica debía contribuir a la solución de los problemas ambientales de la ciudad de San Juan (Muñoz-Erickson *et al.* 2014a, b). Dichas experiencias son referentes de manejo integrado de los recursos hídricos para subregiones, grandes ciudades y áreas metropolitanas costeras colombianas, particularmente las del Caribe que son atravesadas por quebradas y ríos costeros o dependen de ellos para sus acueductos y otros servicios ecosistémicos, tales como el distrito turístico Pozos Colorados-El Rodadero-Santa Marta y el

eje bananero o Polo Regional de Desarrollo de Urabá, compuesto por el tramo entre los municipios de Turbo y Mutatá, sin descuidar otros sistemas menos poblados (Figura 11). Las ciudades de acuerdo a los conceptos modernos de ecología y planificación del territorio deben ser considerados como sistemas sociales y ecológicos acoplados (SSEA) (Lugo 2014, Muñoz-Erickson 2014) y, por lo tanto, ofrecen un excelente escenario para la interacción de diferentes actores con el objetivo de resolver los problemas ambientales y ordenar el territorio sobre bases científicas. Los paisajes agropecuarios o rurales también pueden ser considerados SSEA. De hecho, dado que el IGAC (2014) recientemente clasificó los conflictos de uso de la tierra en las cuencas colombianas, su propuesta de sistemas productivos concuerda con los criterios de los SSEA. Los sistemas productivos identificados en las costas colombianas son:

- Costa Caribe desde la serranía del Darién hasta la Sierra Nevada de Santa Marta, dominados por la actividad ganadera.
- Zonas bananeras: Apartadó y Carepa en Urabá, y Aracataca, Fundación y Zona Bananera en Magdalena.
- Zonas montañosas de las serranías de Abibe, San Jacinto y Sierra Nevada.
- Costa del Chocó norte (costero).
- Costa del Chocó Sur entre las desembocaduras de los ríos Baudó y Documadó.

Estos sistemas productivos o SSEA coinciden *grosso modo* con las Unidades Ambientales Costeras (UAC) designadas para el manejo integrado de las zonas costeras (<http://www.invemmar.org.co>), razón por la cual queda claro que no es solo una coincidencia geográfica, sino que es una necesidad integrar los esfuerzos de manejo y



P. Sánchez-D.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

conservación de los ecosistemas y la biota costera con los ámbitos terrestre y marino.

Al interior de los POMCA también es posible incorporar los planes de manejo de especies con valor objeto de conservación, de los recursos pesqueros, gestión de los residuos sólidos y los vertimientos de aguas residuales y acciones de educación ambiental que permitan la interacción de los actores y generar actitudes de preservación, restauración y uso sostenible de la biodiversidad y los ecosistemas. Dado el aumento de la evidencia científica que demuestra o sugiere que ecosistemas colombianos son cada vez más amenazados por los cambios climáticos, se requiere implementar estrategias nacionales y locales que mantengan los servicios prestados y reduzcan la vulnerabilidad y riesgo como vía hacia la adaptación, o insertarse en estrategias globales (Chavarro *et al.* 2008). Por otra parte, se debe tener presente que todos estos procesos de manejo son adaptativos o sensibles a revisión periódica (Ortiz-Zayas y Scatena 2004, Hole *et al.* 2011), y las cuencas periféricas como ecosistemas particulares y distintivos de las costas colombianas no pueden ser la excepción.

Se hace la salvedad que dado el enfoque ecosistémico del presente capítulo, en esta última sección se presentaron los elementos de manejo que abordan el ecosistema (manejo basado en ecosistemas), sin desconocer que existen aproximaciones basadas en especies o poblaciones, particularmente las amenazadas y las de interés pesquero. Sin embargo, dada la jerarquía espacial de las influencias humanas sobre las cuencas periféricas, tal como se ha mostrado a este capítulo y los precedentes, un manejo basado en especies como valores objeto de conservación fallará si no se abordan problemáticas de gran escala, sea

que impacten toda la cuenca o solo a las redes de drenaje. No obstante, se recomienda incorporar algunas especies de peces y camarones, tanto estuarinas, dulceacuícolas o diádromas de interés comercial dentro de planes de manejo sea de las cuencas hidrográficas o de la zona costera con el objetivo de monitorear su dinámica poblacional y regular la actividad pesquera en los sitios donde sean de importancia económica y cultural. Adicionalmente, en los parques nacionales naturales (p. e. Gorgona, Utría o Sierra Nevada de Santa Marta), se pueden incluir algunas de estas especies como valores objeto de conservación y servir de esta forma como referentes para evaluaciones del estado de conservación de las mismas por fuera de las áreas protegidas o para evaluaciones de respuesta ante la variabilidad y el cambio climático, ya que en muchas partes se hace alusión coloquial a su descenso pero solo en unos pocos casos existen evidencias (p. e. Smith *et al.* 2008, Neal *et al.* 2009). También es importante establecer un plan de manejo para las pesquerías de las larvas de peces diádromos, principalmente en el Pacífico chocoano y la Sierra Nevada de Santa Marta, debido a su importancia no solo como recurso económico, sino como patrimonio cultural.

En conclusión, las secciones anteriores han puesto de manifiesto la gran importancia que tienen las cuencas hidrográficas de los relieves periféricos de Colombia para la oferta de múltiples servicios ecosistémicos, entre los que sobresale la oferta hídrica, sin embargo en ellas también son evidentes muchos de los cambios globales observados en otras zonas costeras e insulares del mundo, tales como la deforestación de las laderas y planicies y la regulación hidrológica, además de la variabilidad climática. Por lo tanto, el éxi-

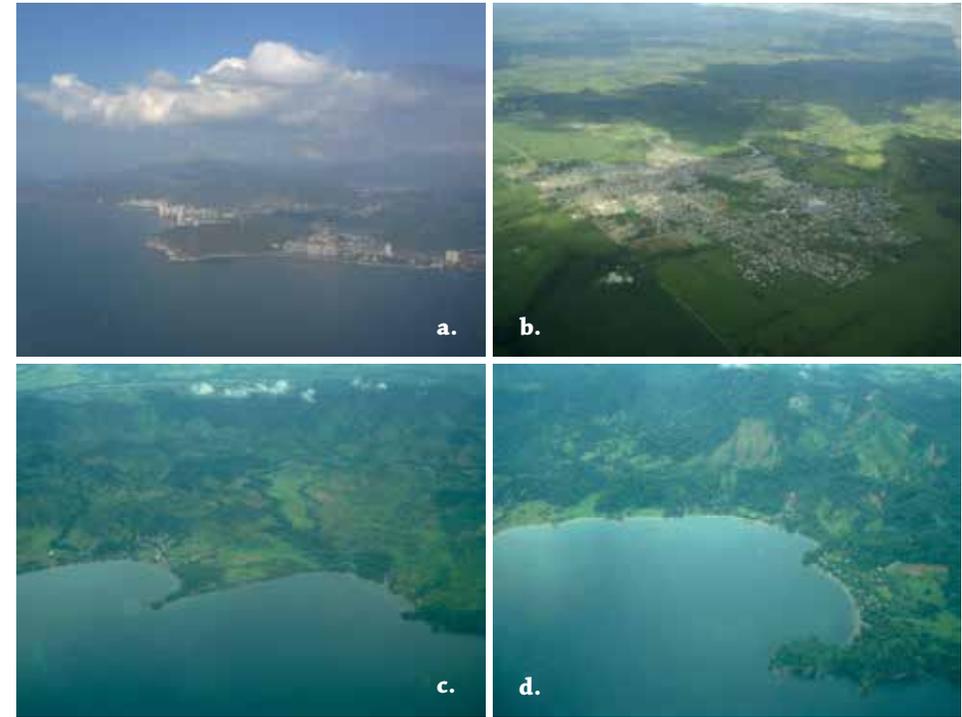


Figura 11. Sistemas socio-ecológicos acoplados. a) Sistemas urbanos metropolitanos: Pozos Colorados, el Rodadero y Santa Marta que pertenecen a un área turística conurbada de alta densidad que depende de ríos y quebradas estacionales de la vertiente norte de la Sierra Nevada de Santa Marta; b) sistemas urbanos de baja densidad poco extensos medianamente conurbanos: Carepa en el piedemonte de la serranía de Abibe (Antioquia) es uno de los ejemplos de las pequeñas ciudades que dependen de los ríos estacionales que drenan este relieve; c - d) sistemas rurales: Titumate y Triganá en la serranía del Darién (Chocó) dependen de pequeñas quebradas para el abastecimiento de agua dulce. Fotos: J. F. Blanco.

to del manejo integrado de estas cuencas dependerá no solo del reconocimiento de sus características distintivas, sino de las amenazas particulares, lo que requiere de la inclusión de algunos elementos conceptuales y metodológicos modernos como los caudales ecológicos y ambientales, y la conectividad hidrológica y ribereña, además de los tradicionales tales como

valores objeto de conservación, manejo de la contaminación y educación ambiental. Finalmente, es claro que existe una base normativa suficiente para elaborar planes de manejo de las cuencas hidrográficas costeras (abastecedoras o no de acueductos), sin embargo, falta la voluntad de las instituciones y de los actores que en ellas convergen para diseñarlos y ponerlos en



P. Sánchez-D.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS



P. Sánchez-D.

marcha. Experiencias exitosas en otros países del Caribe que han implementado diferentes metodologías (centradas en unidades hidrológicas o en unidades catastrales, diferentes aproximaciones conceptuales y de participación ciudadana), pueden ser referentes a seguir particularmente en las áreas más densamente pobladas del Caribe colombiano, teniendo como base que son sistemas sociales y ecológicos acoplados. También es necesario incorporar el manejo integrado de las cuencas y de los recursos hídricos al manejo integrado de las zonas costeras.

Bibliografía

- Álvarez-León, R. F. de P. Gutiérrez-Bonilla, T. S. Rivas-Lara, G. González-Cañon y C.E. Rincón López. 2011. Especies introducidas y transplantadas en las pesquerías, con énfasis en las tilapias (*Oreochromis niloticus* y *Oreochromis* spp) y las cachamas (*Colossoma macropomum* y *Piaractus brachypomum*). Capítulo 7.1. Pp. 201-229. En: Lasso, C. A., F. de Paula Gutiérrez, M. A. Morales-Betancourt, E. Agudelo, H. Ramírez-Gil y R. E. Ajiaco-Martínez (Eds.). II. Pesquerías continentales de Colombia: cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertiente del Pacífico. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.
- Anderson, E. P., J. Marengo, R. Villalba, S. Halloy, B. Young, D. Cordero, F. Gast, E. Jaimes y D. Ruiz. 2011a. Consequences of climate change for ecosystems and ecosystem services in the tropical Andes. Pp. 1-18. En: Herzog, S. K, R. Martínez, P. M. Jørgensen y H. Tiessen (Eds.). Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes. San Jose dos Campos and Paris: Inter-American Institute for Global Change Research and Scientific Committee on Problems of the Environment.
- Anderson, E. P., A. C. Encalada, J. A. Maldonado-Ocampo, M. E. McClain, H. Ortega y B. P. Wilcox. 2011b. Environmental flows: a concept for addressing effects of river alterations and climate change in the Andes. Pp. 326-338. En: Herzog, S. K, R. Martínez, P. M. Jørgensen y H. Tiessen (Eds.). Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes. San Jose dos Campos and Paris: Inter-American Institute for Global Change Research and Scientific Committee on Problems of the Environment.
- Arango, J. C. y A. Bacanumenth. 1999. La adecuación de tierras en el departamento de Antioquia. *Revista de la Facultad Nacional de Agronomía* 152: 395-424.
- Arroyave-Rincón, A., J. F. Blanco y A. Taborda. 2012. Exportación de sedimentos desde cuencas hidrográficas de la vertiente oriental del golfo de Urabá: influencias climáticas y antrópica. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín* 11: 13-30.
- Bates B. C., Z. W. Kundzewicz, S. Wu y J. P. Palutikof (Eds.). 2008. El cambio climático y el agua. Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Secretaría del IPCC. Ginebra. 224 pp.
- Balvanera, P. 2012. Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Ecosistemas* 21: 136-147.
- Balvanera, P. y H. Cotler. 2009. Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos en Capital natural de México. Vol. II: 185-245. En: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México.
- Benda, L., N. L. Poff, D. Miller, D. Thomas, G. Reeves y G. Pess. 2004. The network dynamics hypothesis: how channel networks structure riverine habitats. *BioScience* 54: 413-427.
- Bennet, A. F. 2003. Linkages in the landscape: the role of corridors and connectivity (Segunda Ed.). Gland, Suiza y Cambridge, UK: IUCN – The World Conservation Union. 254 pp.
- Blanco, J. F. 2009. Banana crop expansion and increased river-borne sediment exports to the Gulf of Uraba, Caribbean coast of Colombia. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 38: 181-183.
- Blanco, J. F., A. Taborda-Marín, V. Amor-tegui-Torres, A. Arroyave-Rincón, A. Sandoval, E. A. Estrada, J. Leal-Flórez, J. G. Vásquez-Arango y A. Vivas-Narváez. 2013. Deforestación y sedimentación en los manglares del Golfo de Urabá. Síntesis de los impactos sobre la fauna macrobentónica e íctica en el delta del río Turbo. *Gestión y Ambiente* 16: 19-36.
- Brasher, A. M. D. 2003. Impacts of human disturbances on biotic communities in Hawaiian streams. *BioScience* 53: 1052-1060.
- Brasher, A. M. D., R. H. Wolff y C. D. Lutton. 2004. Associations among land use, habitat characteristics, and invertebrate community structure in nine streams on the island of Oahu, Hawaii. United States Geological Survey Water Resources Investigations Report 03-4256.
- Brauman, K. A. G. C. Daily, T. K. Duarte y H. A. Mooney. 2007. The nature and value of ecosystems services: an overview highlighting hydrologic services. *Annual Review of Environment and Resources* 32: 67-98.
- Carvajal-Quintero, J. D. 2011. El fenómeno de La Viuda: migración de estadios tempranos de peces entre el medio marino y continental en el corregimiento de El Valle, bahía Solano (Chocó-Colombia). Trabajo de pre-grado. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 94 pp.
- Castellanos-Galindo, G. A., G. C. Sánchez, B. S. Beltrán-León y L. Zapata. 2011. A goby-fry fishery in the northern Colombian Pacific Ocean. *Cybium* 35: 391-395.
- Cavelier, J., T. M. Aide, C. Santos, A. M. Eusse y J. M. Dupuy. 1998. The savannization of moist forest in the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Journal of Biogeography* 25: 901-912.
- Chará, J. 2004. Manual para el monitoreo de ambientes acuáticos en microcuencas ganaderas. Fundación CIPAV, Cali, Colombia. Segunda Edición. 52 pp.
- Chará, J. y C. Giraldo. 2011a. Servicios ambientales de la biodiversidad en paisajes agropecuarios. Fundación CIPAV, Cali, Colombia. 76 pp.
- Chará, J. y C. Giraldo. 2011b. Beneficios ambientales de los sistemas silvopastoriles. Pp. 85-99. En: Chará, J., E. Murgueitio, A. Zuluaga, C. Giraldo (Eds.). *Ganadería Colombiana Sostenible*. Fundación CIPAV, Cali, Colombia.
- Chavarro, M., A. García, J. García, J. D. Pabón, A. Prieto y A. Ulloa. 2008. Preparándose para el futuro: amenazas, riesgos, vulnerabilidad y adaptación frente al cambio climático. UNODC- Colombia, proyecto AD/CL/I21. 56 pp.
- Covich, A. P., T. A. Cowl y T. Heartsill-Scalley. 2006. Effects of drought and hurricane disturbances on headwater distributions of palaemonid river shrimp (*Macrobrachium* spp) in the Luquillo Mountains, Puerto Rico. *Journal of the North American Benthological Society* 25: 99-107.
- Crook, K. E., F. N. Scatena y C. M. Pringle. 2007. Water withdrawn from the Luquillo Experimental Forest, 2004. Gen. Tech. Rep. IITF-GTR-34. San Juan, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry. 26 pp.
- Cuesta-Ríos, E. Y., J. D. Valencia-Mazo y A. M. Jiménez-Ortega. 2007. Aprovechamiento de los vertebrados terrestres por una comunidad humana en bosques tropicales (Tutunendo, Chocó, Colombia). *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó: Investigación, Biodiversidad y Desarrollo* 26: 37-43.
- De Jesús-Crespo, R. y A. Ramírez. 2011a. Effects of urbanization on stream physicochemistry and macroinvertebrate assemblages in a tropical urban watershed in Puerto Rico. *Journal of the North American Benthological Society* 30: 739-750.
- De Jesús-Crespo, R. y A. Ramírez. 2011b. The use of a stream visual assessment protocol to determine ecosystem integrity in an urban watershed in Puerto Rico. *Physics and Chemistry of the Earth* 36:560-566.
- Diez-Hernández, J. M. y D. H. Ruiz-Cobo. 2007. Determinación de caudales ambientales confiables en Colombia: el ejemplo del río Palacé (Cauca). *Gestión y Ambiente*: 10: 153-166.
- Eslava, P. y R. Díaz. 2011. Reproducción de *Joturus pichardi* y *Agonostomus monticola* (Mugiliformes: Mugilidae) en ríos de la

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS



P. Sánchez-D.

- Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Revista de Biología Tropical* 59: 1717-1728.
- Etter, A., C. McAlpine, D. Pullar y H. Possingham. 2005. Modeling age of rainforest fragments in heavily-cleared lowland landscapes of Colombia. *Forest Ecology and Management* 208: 249-260.
 - Etter, A., C. McAlpine, S. Phinn, K. Wilson y H. Possingham. 2006. Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114: 369-386.
 - Etter, A., C. McAlpine y H. Possingham. 2008. A historical analysis of the spatial and temporal drivers of landscape change in Colombia since 1500. *Annals of the American Association of Geographers* 98: 2-23.
 - FAO. 2003. Sustainable use and management of freshwater resources: the role of forests. State of the World's Forests. FAO. Pp. 74-85.
 - Fausch, K. D., C. E. Torgersen, C. V. Baxter y H. W. Li 2002. Landscapes to riverscapes bridging the gap between research and conservation of stream fishes. *BioScience* 52: 483-498.
 - Freeman, M. C., C. M. Pringle y C. R. Jackson 2007. Hydrologic connectivity and the contribution of stream headwaters to ecological integrity at regional scales. *Journal of the American Water Resources Association* 43: 5-14.
 - García, H., G. Corzo, P. Isaacs y A. Etter. 2014. Distribución y estado actual de los remanentes del bioma de bosque seco tropical en Colombia: insumos para su gestión. Pp. 229-251. *En: Pizano C. y H. García (Eds.). El bosque seco tropical en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D.C., Colombia.*
 - Giraldo, L. P., Z. Calle, V. Galindo, S. Gandolfi y J. Chará. 2013. Restauración de corredores ribereños en quebradas andinas: Experiencias en el Eje Cafetero Colombiano. Fundación CIPAV, Cali, Colombia. 56 pp.
 - González, J. J., A. A. Etter, A. H. Sarmiento, S. A. Orrego, C. Ramírez, E. Cabrera, D. Vargas, G. Galindo, M. C. García y M. F. Ordoñez. 2011. Análisis de tendencias y patrones espaciales de deforestación en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. Bogotá D.C., Colombia. 64 pp.
 - Greathouse, E. A., C. M. Pringle y J. G. Holmquist. 2006. Conservation and management of migratory fauna: dams in tropical streams of Puerto Rico. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 16: 695-712.
 - Guerrero-Bolaño, F., A. Manjarrés-Hernández y N. Núñez-Padilla. 2003. Los macroinvertebrados bentónicos de Pozo Azul (cuena del río Gaira, Colombia) y su relación con la calidad del agua. *Acta Biológica Colombiana* 8: 43-43.
 - Gutiérrez, M. E. y T. Espinosa. 2010. Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. Diagnóstico inicial, avances, vacíos y potenciales líneas de acción en Mesoamérica. Banco Interamericano de Desarrollo. 81pp.
 - Gutiérrez, F. de P., C. A. Lasso, M. P. Baptiste, P. Sánchez-Duarte y A. M. Díaz. (Eds). 2012. VI. Catálogo de la biodiversidad acuática exótica y trasplantada en Colombia: moluscos, crustáceos, peces, anfibios, reptiles y aves. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia, 335 pp.
 - Heartsill-Scalley, T. 2012. Freshwater resources in the insular Caribbean: An environmental perspective. *Caribbean Studies* 40: 63-93.
 - Herbst, D. B., M. T. Bogan, S. K. Roll y H. D. Safford. 2012. Effects of livestock exclusion on in-stream habitat and benthic invertebrate assemblages in montane streams. *Freshwater Biology* 57: 204-217.
 - Hole, D. G., K. R. Young, A. Seimon, C. Gómez-Wichtendahl, D. Hoffmann, L. Schutze-Páez, S. Sánchez, D. Muchoney, H. R. Grau y E. Ramírez. 2011. Adaptive management for biodiversity conservation under climate change: a Tropical Andean Perspective. Pp. 19-46. *En: Herzog, S. K, R. Martínez, P. M. Jørgensen y H. Tiessen (Eds.), Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes. San Jose dos Campos and Paris: Inter-American Institute for Global Change Research and Scientific Committee on Problems of the Environment.*
 - Hughes, D. A. 2005. Hydrological issues associated with the determination of environmental water requirements of ephemeral rivers. *River Research and Applications* 21: 899-908.
 - IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales). 2010. Estudio Nacional del Agua 2010. IDEAM. Bogotá D.C. 420 pp.
 - IDEAM. 2013. Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia. Comité de Comunicaciones y Publicaciones del IDEAM. Bogotá, Colombia. 46 pp.
 - IGAC (Instituto Geográfico "Agustín Codazzi"). 2014. Estudio de los conflictos de uso del territorio colombiano. Escala 1:100.000. Convenio Marco de Cooperación Especial Min-Agricultura, Min-Ambiente y Min-Vivienda. Bogotá, D. C., Colombia. CD-Rom.
 - IPCC (Inter-Governmental Panel for Climate Change). 2013. Climate Change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Stocker, T. F., D. Qin, G. K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P. M. Midgley (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
 - Jackson, L., L. Lopoukine y D. Hillyard. 1995. Commentary. Ecological Restoration: A definition and comments. *Restoration Ecology* 3: 71-75.
 - Jennings, L. N., J. Douglas, E. Treasure y G. González. 2014. Climate change effects in El Yunque National Forest, Puerto Rico, and the Caribbean region. Gen. Tech. Rep. SRS-193. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture Forest Service, Southern Research Station. 47 pp.
 - Jiménez, M., A. Chain y B. Locatelli. 2010. Efectos del cambio climático en la distribución de zonas de vida en Centroamérica. *Recursos Naturales y Ambiente* 59-60: 32-40.
 - Jiménez-Segura, L. F., R. Álvarez-León, F. de Paula Gutiérrez-Bonilla, S. Hernández, M. Valderrama-Barco y F. Villa-Navarro. 2011. La pesca y los recursos pesqueros en los embalses colombianos. Capítulo 7.2. Pp. 233-281. *En: Lasso, C. A., F. de Paula Gutiérrez, M. A. Morales-Betancourt, E. Agudelo, H. Ramírez-Gil y R. E. Ajiaco-Martínez (Eds.). II. Pesquerías continentales de Colombia: cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertiente del Pacífico. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.*
 - Larsen, M. C. 2000. Analysis of 20th century rainfall and streamflow to characterize drought and water resources in Puerto Rico. *Physical Geography* 21: 494-521.
 - Lake, P. S. 2003. Ecological effects of perturbation by drought in flowing waters. *Freshwater Biology* 48: 1161-1172.
 - Lasso, C. A., F. Villa-Navarro, A. Acero, P. Sánchez-Duarte, M. Morales-Betancourt y N. Bolaños. 2015. Peces de las aguas interiores del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Colombia. diversidad, amenazas y recomendaciones para su conservación. Pp: 277 - 292. *En: Lasso, C. A., J. F. Blanco-Libreros y P. Sánchez-Duarte. (Editores). 2015. XII. Cuencas Pericontinentales de Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela: tipología, biodiversidad, servicios ecosistémicos y sostenibilidad de los ríos, quebradas y arroyos costeros. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.*
 - López-Marrero, T. y T. Heartsill-Scalley. 2012. Get up, stand up: Environmental situation, threats and opportunities in the insular Caribbean. *Caribbean Studies* 40: 3-14.
 - López-Marrero, T., K. Yamane, T. Heartsill-Scalley y N. Villanueva-Colón. 2012. The

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS



P. Sánchez-D.

- various shapes of the insular Caribbean: Population and environment. *Caribbean Studies* 40: 17-37.
- Lugo, A. E. 2014. Tropical cities are diverse and deserve more social-ecological attention. *Ecology and Society* 19: 24. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-06618-190324>.
 - Lugo, A. E. y E. Helmer. 2004. Emerging forests on abandoned land: Puerto Rico's new forests. *Forest Ecology and Management* 190: 145-161.
 - Mahecha, L. 2002. El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 15: 226-231.
 - Maldonado, M., J. A. Maldonado-Ocampo, H. Ortega, A. C. Encalada, F. M. Carvajal-Vallejos, J. F. Rivadeneira, F. Acosta, D. Jacobsen, A. Crespo y C. A. Rivera-Rondón. 2011. Biodiversity in aquatic systems of the Tropical Andes. Pp. 276-294. *En: Herzog, S. K, R. Martínez, P. M. Jørgensen y H. Tiessen (Eds.). Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes. San Jose dos Campos and Paris: Inter-American Institute for Global Change Research and Scientific Committee on Problems of the Environment.*
 - Manco, Y. P. 2013. Composición florística y estructura vegetal de zonas riparias del bosque seco secundario del piedemonte de la serranía de San Jacinto (Sucre) y su influencia sobre algunas propiedades edáficas y microclimáticas. Trabajo de Pregrado. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. Cd rom.
 - MEA (Millennium Ecosystem Assessment). 2003a. Evaluación de los Ecosistemas del Milenio Informe de Síntesis (MEA). World Resources Institute, Washington, DC. 43 pp.
 - Millennium Ecosystem Assessment. 2003b. Ecosystems and human well-being: a framework for assessment (MEA WETLANDS). World Resources Institute, Washington, DC. 265 pp.
 - Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and human wellbeing: wetlands and water synthesis (MEA WELL-BEING). World Resources Institute, Washington, DC. 68 pp.
 - Maass, J. M., et al. 2005. Ecosystem services of tropical dry forests: insights from long-term ecological and social research on the Pacific Coast of Mexico. *Ecology and Society* 10: 17. Disponible en línea en: <http://www.ecologyandsociety.org/vol10/iss1/art17/>
 - March, J. G., J. P. Benstead, C. M. Pringle y F. N. Scatena. 2003. Damming tropical island streams: problems, solutions, and alternatives. *BioScience* 53: 1069-1078.
 - Milliman, J. y J. Syvitski. 1992. Geomorphic/tectonic control of sediment discharge to the ocean: The importance of small mountainous rivers. *The Journal of Geology* 100: 525-544.
 - Marengo, J. A., J. D. Pabón, A. Díaz, G. Rosas, G. Ávalos, E. Montealegre, M. Villacis, S. Solman y M. Rojas. 2011. Climate change: evidence and future scenarios for the Andean region. Pp. 110-127. *En: Herzog, S. K, R. Martínez, P. M. Jørgensen y H. Tiessen (Eds.). Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes. San Jose dos Campos and Paris: Inter-American Institute for Global Change Research and Scientific Committee on Problems of the Environment.*
 - Molina-Colón, S., A. E. Lugo y O. M. Ramos-González. 2011. Novel dry forests in southwestern Puerto Rico. *Forest Ecology and Management* 262: 170-177.
 - Muñoz-Erickson, T. A. 2014. Multiple pathways to sustainability in the city: the case of San Juan, Puerto Rico. *Ecology and Society* 19: 2. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-06457-190302>.
 - Muñoz-Erickson, T. A., A. E. Lugo y B. Quintero. 2014a. Emerging synthesis themes from the study of social-ecological systems of a tropical city. *Ecology and Society* 19: 23. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-06385-190323>
 - Muñoz-Erickson, T. A., A. E. Lugo, E. Meléndez-Ackerman, L. E. Santiago-Acevedo, J. Seguinot-Barbosa y P. Méndez-Lázaro. 2014b. Knowledge to serve the city: Insights from an emerging Knowledge-Action Network to address vulnerability and sustainability in San Juan, Puerto Rico. *Cities and the Environment* 7: Article 5. Disponible en línea en: <http://digitalcommons.lmu.edu/cate/vol7/iss1/5>.
 - Murphy, S.F. y R. F. Stallard (Eds.). 2012. Water quality and landscape processes of four watersheds in Eastern Puerto Rico: U.S. Geological Survey Professional Paper 1789. 292 pp.
 - Murgueitio, E., J. Chará, J. P. Ruíz, M. Ibrahim, L. Guerra, A. Soto, C. Cuartas y J. F. Naranjo. 2011. Los sistemas silvopastoriles y el cambio climático. Pp. 101-105. *En: Chará, J., E. Murgueitio, A. Zuluaga, C. Giraldo (Eds.), Ganadería Colombiana Sostenible. Fundación CIPAV, Cali, Colombia.*
 - Naiman, R. J., H. Décamps y M. E. McClain. 2005. Riparia: ecology, conservation, and management of streamside communities. Elsevier Academic Press, Burlington. 430 pp.
 - Neal, J. W., C. G. Lilyestrom y T. J. Kwak. 2009. Factors influencing tropical island freshwater fishes: species, status, and management implications in Puerto Rico. *Fisheries* 34: 546-554.
 - Ortiz-Zayas, J. R. y F. N. Scatena. 2004. Integrated water resources management in the Luquillo Mountains, Puerto Rico: An evolving process. *International Journal of Water Resource Development* 20: 387-398.
 - Pabón, J. D. 2003. El cambio climático global y su manifestación en Colombia. *Cuadernos de Geografía* 12: 111-119.
 - Paredes, V., I. Vargas, M. C. Vargas y F. Arellano. 2010. Hidrogeoquímica en el acuífero costero del eje bananero de Urabá. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín* 9: 51-62.
 - Pérez, C. J., B. Locatelli, R. Vignola y P. Imbach. 2008. Importancia de los bosques tropicales en las políticas de adaptación al cambio climático. *Recursos Naturales y Ambiente* 51-52: 4-11.
 - Poff, N. L., et al. 2003. River flows and water wars: emerging science for environmental decision making. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1: 298-306.
 - Poole, G. C. 2002. Fluvial landscape ecology: addressing uniqueness within the river discontinuum. *Freshwater Biology* 47: 641-660.
 - Poveda, G. y K. Pineda. 2009. Reassessment of Colombia's tropical glaciers retreat rates: are they bound to disappear during the 2010-2020 decade? *Advances in Geosciences* 7: 1-10.
 - Poveda, G. y D. M. Álvarez. 2012. El colapso de la hipótesis de estacionariedad por cambio y variabilidad climática: implicaciones para el diseño hidrológico en ingeniería. *Revista de Ingeniería, Universidad de los Andes* 36: 65-76.
 - Ramírez, A., R. De Jesús-Crespo, D. M. Martínó-Cardona, N. Martínez-Rivera, y S. Burgos-Caraballo. 2009. Urban streams in Puerto Rico: what can we learn from the tropics? *Journal of the North American Benthological Society* 28: 1070-1079.
 - Ramírez, A., A. Engman, K. G. Rosas, O. Pérez-Reyes y D. M. Martínó-Cardona. 2012. Urban impacts on tropical island streams: some key aspects influencing ecosystem response. *Urban Ecosystems* 15: 315-325.
 - Ramírez, A., K.G. Rosas, A. Lugo y O. Ramos-González. 2014. Spatio-temporal variation in stream water chemistry in a tropical urban watershed. *Ecology and Society* 19: 45. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-06481-190245>.
 - Restrepo, J. D. 2005. Los sedimentos del río Magdalena: Reflejo de la crisis ambiental. Fondo Editorial Universidad EAFIT, Medellín. 267 pp.
 - Restrepo, J. D. y E. M. Alvarado. 2011. Assessing major environmental issues in the Caribbean and Pacific coasts of Colombia, South America: An overview of fluvial fluxes, coral reef degradation, and mangrove ecosystems impacted by river diversion. Pp. 289-314. *En: Treatise on Estuarine and Coastal Science Vol. 11. Waltham: Academic Press.*
 - Rodríguez G. M., K. Banda, S. P. Reyes y A. C. Estupiñán. 2012. Lista comentada de las plantas vasculares de bosques secos prioritarios para la conservación en los departamentos de Atlántico y Bolívar (Caribe colombiano). *Biota Colombiana* 13: 7-39.
 - Rodríguez, N. y A. Ramírez. 2014. Protocolo de evaluación visual de quebradas

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS



P. Sánchez-D.

- para Puerto Rico. Universidad de Puerto Rico, recinto de Río Piedras. Versión agosto 2014. Disponible en: <http://www.ramirezlab.net/outreach>.
- Ruíz, D., M. P. Arroyave-Maya, M. E. Gutiérrez-Lagoueyte y P. A. Zapata-Jaramillo. 2011. Increased climatic stress on high-Andean ecosystems in the Cordillera Central of Colombia. Pp. 182-191. *En: Herzog, S. K, R. Martínez, P. M. Jørgensen y H. Tiessen (Eds.), Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*. San Jose dos Campos and Paris: Inter-American Institute for Global Change Research and Scientific Committee on Problems of the Environment.
 - Sánchez, A., C. E. Zenteno, L. F. Zamora y E. Torres. 1992. Modelo para la restauración ecológica de áreas alteradas. *Kuxulkab' Revista de Divulgación* 7: 48-60.
 - Sánchez-Cuervo, A. M., T. M. Aide, M. L. Clark y A. Etter. 2011. Land cover change in Colombia: Surprising forest recovery trends between 2001 and 2010. *PloS One* 7: 1-14.
 - Scatena, F. N. 2004. A survey of methods for setting minimum instream flow standards in the Caribbean basin. *River Research and Applications* 20: 127-135.
 - Scatena, F. N. y S. L. Johnson. 2001. Instream-flow analysis for the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico: methods and analysis. Gen. Tech. Rep. IITF-GTR-11. Río Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry. 30 pp.
 - Scatena, F. N., J. Ortiz-Zayas y J. F. Blanco. 2008. Helping HELP with limited resources: The Luquillo Experience. *Water SA (HELP Special Edition)*. 34: 499-503.
 - SER (Society for Ecological Restoration International). 2004. Principios de SER International sobre la restauración ecológica. Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas. Tucson: Society for Ecological Restoration International. www.ser.org.
 - Snyder, M.E., C.M. Pringle y R. Tiffer-Sotomayor. 2013. Landscape-scale disturbance and protected areas: longterm dynamics of populations of the shrimp, *Macrobrachium olfersi* in lowland Neotropical streams, Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology* 29: 81-85.
 - Smith, K. L., I. Corujo-Flores y C. M. Pringle. 2008. A comparison of current and historical fish assemblages in a Caribbean island estuary: conservation value of historical data. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 18: 993-1004.
 - SSPD (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios) 2010. Estudio sectorial: acueducto y alcantarillado 2006-2009. 124 pp. Disponible en línea en: <http://www.suiperservicios.gov.co>.
 - Suárez, C. F., L. G. Naranjo, J. C. Espinosa y J. Sabogal. 2011. Land use change and their synergies with climate change. Pp. 141-151. *En: Herzog, S. K, R. Martínez, P. M. Jørgensen y H. Tiessen (Eds.), Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*. San Jose dos Campos and Paris: Inter-American Institute for Global Change Research and Scientific Committee on Problems of the Environment.
 - Sweeney, B. W. y S. J. Czapka. 2004. Riparian forest restoration: why each site needs an ecological prescription. *Forest Ecology and Management* 192: 361-373.
 - UNAL (Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá). 2008. Metodología para la estimación del caudal ambiental en proyectos licenciados. Informe final. Contrato Interadministrativo OEI-MAVDT No. 004/07 de 2007.
 - Uriarte, M., C. B. Yackulic, Y. Lim y J. A. Arce-Nazario. 2011. Influence of land use on water quality in a tropical landscape: a multi-scale analysis. *Landscape Ecology* 26: 1151-1164.
 - Vargas, W. y W. Ramírez. 2014. Lineamientos generales para la restauración del bosque seco tropical en Colombia. Pp. 253-291. *En: Pizano C. y H. García (Eds.), El bosque seco tropical en Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D.C., Colombia.
 - Vernet, G., I. D. Correa y G. Bernal. 2012. Introducción a los cambios del nivel del mar y sus consecuencias sobre la zona costera. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Minas. Medellín. 164 pp.
 - Vihervaara, P., D. D'Amato, M. Forsius, P. Angelstam, C. Baessler, P. Balvanera, B. Boldgiv, P. Bourgeron, J. Dick, R. Kanka, S. Klotz, M. Maass, V. Melecis, P. Petrik, H. Shibata, J. Tang, J. Thompson y S. Zacharias. 2013. Using long-term ecosystem service and biodiversity data to study the impacts and adaptation options in response to climate change: insights from the globalILTER sites network. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 5: 53-66.
 - Young B. E., K. R. Young y C. Josse. 2011. Vulnerability of Tropical Andes ecosystems to climate change. Pp. 170-183. *En: Herzog, S. K, R. Martínez, P. M. Jørgensen y H. Tiessen (Eds.), Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*. San Jose dos Campos and Paris: Inter-American Institute for Global Change Research and Scientific Committee on Problems of the Environment.
 - Ward, J. V. 1989. The four-dimensional nature of lotic ecosystems. *Journal of the North American Benthological Society* 8: 2-8.
 - Wiens, J. A. 2002. Riverine landscapes: taking landscape ecology into the water. *Freshwater Biology* 47: 501-515.



8. CASOS DE ESTUDIO

COLOMBIA

- 8.1 Isla Gorgona
- 8.2 Serranía del Baudó
- 8.3 Serranía del Darién
- 8.4 Serranía de San Jacinto
- 8.5 Peces de las aguas interiores del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Colombia: diversidad, amenazas y recomendaciones para su conservación
- 8.6 Biota acuática de la serranía de La Macuira, Parque Nacional Natural Macuira, Guajira colombiana
- 8.7 Composición y estructura de la ictiofauna de ríos y arroyos costeros de la Sierra Nevada de Santa Marta, Caribe colombiano

ECUADOR

- 8.8 Peces de los afluentes de la costa del Ecuador: composición, biogeografía, aspectos ecológicos, uso y conservación
- 8.9 La cuenca del río Santiago-Cayapas, provincia de Esmeraldas, noroccidente del Ecuador: importancia en las comunidades locales y relación con las actividades industriales

PERÚ

- 8.10 Ríos y arroyos costeros representativos del Perú: caracterización, diversidad de la biota acuática y amenazas a la conservación

VENEZUELA

- 8.11 Ictiofauna dulceacuícola de la cuenca del río Tuy, vertiente Caribe, Venezuela: composición, uso y conservación
- 8.12 Ríos costeros y sus ictiofaunas en el occidente de Venezuela: biogeografía y conservación
- 8.13 Biodiversidad acuática (peces, crustáceos y moluscos), de los ríos costeros del Litoral Central, vertiente Caribe, Venezuela: composición, uso y conservación



8.1 ISLA GORGONA

Juan Felipe Blanco-Libreros

Resumen

La isla Gorgona, declarada como parque nacional natural en 1984, posee el mayor sistema de quebradas insulares del Pacífico colombiano, constituyéndose en un sistema único. Debido a su cercanía al continente (<50 km), en las quebradas coexiste un rica entomofauna con una fauna diádroma compuesta por cuatro especies de peces, cinco de camarones y una de caracol. Solamente se encuentran dos especies dulceacuícolas endémicas (el pez *Trichomycterus gorgonae* y el cangrejo *Hypolobocera gorgonensis*). Debido a la alta precipitación anual que recibe la isla (>6.000 mm año⁻¹), a las frecuentes crecientes que pueden ocurrir incluso durante el periodo de menor precipitación y al corto recorrido de las quebradas, las comunidades presentan una gran homogeneidad longitudinal. Sin embargo, existen diferencias en composición de la entomofauna entre quebradas con diferente litología (sedimentaria versus volcánica) y estado de conservación (zona primitiva versus zonas de alta densidad de uso y recuperación). Las quebradas de la isla se encuentran en buen estado de conservación debido al buen manejo del

parque y la sucesión natural de los bosques después del uso intensivo que tuvieron hasta finales de los años setenta. Los legados de dichos usos son notables sobre la vegetación ribereña pero no sobre la fauna acuática.

Introducción

La isla Gorgona es la mayor área insular de Colombia sobre la plataforma continental de la costa Pacífica, sin embargo guarda similitudes climáticas, geomorfológicas, ecosistémicas y bióticas con la zona costera continental. Particularmente, la isla Gorgona posee un gran número de quebradas permanentes que escurren sobre un terreno volcánico escarpado desde su cordillera central hacia el mar. Esta notable abundancia de escorrentía de agua dulce quedó registrada en las crónicas de los conquistadores y exploradores españoles y británicos durante los siglos XVI y XVII, pero no fue hasta finales de los años setenta cuando se inició su exploración zoológica (sintetizado por Blanco *et al.* 2009). Desde su declaratoria como parque nacional natural (PNN) en 1984, ha sido objeto de varias expediciones limnológicas que

ISLA GORGONA

han contribuido a su conocimiento científico y a su inclusión como valores objeto de conservación. En 2014, el PNN Gorgona fue incluida en la Lista Verde de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, junto con una veintena de áreas protegidas de todo el mundo, gracias al buen manejo que la Unidad de Parques le ha dado para salvaguardar este patrimonio natural para la humanidad. Los estudios limnológicos también le han dado visibilidad internacional a la isla, siendo incluida en análisis biogeográficos insulares en el Pacífico Oriental Tropical (Gutiérrez-Fonseca *et al.* 2013). A continuación se describen las principales características de las quebradas del PNN Gorgona, las mejor conocidas en el Pacífico Oriental Tropical, algunas amenazas y el manejo que actualmente se les está dando dentro del plan de manejo del área protegida.

Área de estudio

Esta descripción es una modificación de la publicada por Blanco *et al.* (2014). El PNN Gorgona (PPNG) se encuentra ubicado a 35 kilómetros de la costa sur del Pacífico colombiano. Con una altura máxima de 330 m s.n.m, la isla es un macizo volcánico continental en el cual el 80% de la superficie está constituida por rocas ígneas, sobre las cuales se hallan los gabros cubiertos por lavas basálticas con flujos de komatiíta. Por encima de estos flujos se presentan tobas ultramáficas y rocas sedimentarias del Terciario y los depósitos Cuaternarios, evidentes especialmente en las formaciones de playa y los deslizamientos en los estrechos valles de las numerosas quebradas.

El clima de la isla es super-húmedo tropical marítimo debido a que la temperatura y la humedad son altas (temperatura promedio del aire: 26°C; humedad relativa promedio: 90%) durante todo el año. La

distribución de la lluvia a lo largo del año es monomodal y totaliza 6661mm año⁻¹, mientras que la evaporación totaliza solamente 900 mm año⁻¹ (Blanco 2009a). La menor precipitación se produce entre diciembre y abril mientras que la mayor se presenta entre mayo y noviembre. Este balance hídrico positivo mantiene más de 100 quebradas, 25 de las cuales son permanentes (Figura 1). Estos sistemas drenan por laderas con pendientes fuertes (50-75%) y desembocan al mar siendo aun de primer a tercer orden en una planicie aluvial estrecha. Las cabeceras de fuerte pendiente están dominadas por bloques y roca madre mientras la planicie aluvial es caracterizada por grava y cantos rodados (Figura 2). Las cinco quebradas más grandes poseen caudales que varían entre 30 y 300 l/s, y su variabilidad temporal es controlada por la Zona de Convergencia Intertropical y por la Oscilación Sureña (Blanco 2009a). En la isla se encuentra la única quebrada de bajo orden instrumentada en todo el Pacífico colombiano (Blanco 2009a). Las quebradas son cortas, estrechas y someras, caracterizadas por secuencias de rápidos y piscinas en la planicie costera, y por piscinas y cascadas en la parte montañosa o de alta pendiente; los substratos son predominantemente cantos rodados y bloques, aunque las gravas y cascajos dominan en algunas quebradas con litología sedimentaria (p. e. El Roble y Playa Verde; Gómez-Aguirre *et al.* 2009, Longo-Sánchez y Blanco 2014a). La zona de vida corresponde al Bosque Muy Húmedo Tropical (bmhT), el cual fue intervenido durante el siglo XX por actividades agropecuarias y penitenciarias. Información detallada y una revisión de la literatura sobre las quebradas del PNNG fue publicada en un número especial por Blanco *et al.* (2009).



Figura 1. Mapa del Parque Nacional Natural Gorgona mostrando la ubicación de las principales quebradas. Elaboración: C. Escobar-Sierra.

Aunque desde su declaración como área natural protegida en 1984 se realizaron dos inventarios de los macroinvertebrados acuáticos, entre 2008 y 2009 se realizó el primer estudio ecológico con el objetivo de comprender cuantitativamente los patrones de distribución espacial de los macroinvertebrados acuáticos y sus causas (variables físico-químicas del agua, geomorfológicas de los cauces y ecológicas de las zonas ribereñas) y describir la historia natural del entorno a la escala de toda

la isla (Blanco *et al.* 2009). Durante 2008 se exploraron las partes bajas y altas de nueve quebradas en dos épocas pluviométricas contrastantes (Gómez-Aguirre *et al.* 2009) y durante 2009 se muestrearon sistemáticamente seis quebradas utilizando un muestreo completamente jerárquico, teniendo tres quebradas en cada lado de la isla, dos alturas en cada quebrada, rápidos y piscinas en cada altura, y dos tipos de substratos dentro de cada hábitat, también durante dos épocas (Longo-Sánchez



J. F. Blanco

ISLA GORGONA



J. F. Blanco



Figura 2. Hábitats típicos de las quebradas del PNN Gorgona. a) Troncos caídos en la parte media de la quebrada La Camaronera; b) secuencia de bloques grandes que forman charcas y cascadas pequeñas en la parte baja de la quebrada Ilú. En ambos ejemplos se observan charcas someras con fondos de cantos rodados y gravas. Ver ubicación de las quebradas en la figura 1. Fotos: J. F. Blanco.

y Blanco 2014a, b). Durante dicho estudio se muestrearon los macroinvertebrados acuáticos y las propiedades físico-químicas de las aguas.

Resultados y discusión

Los resultados apoyaron la hipótesis de que las comunidades de macroinvertebrados acuáticos del PNNG presentaban características similares a los ensamblajes de otras islas oceánicas y costeras del Pacífico y del Caribe, tales como la baja densidad de insectos, la dominancia en número y en biomasa de pocos grupos de insectos, la ocurrencia de muchos grupos poco frecuentes o raros y la dominancia en términos de biomasa de crustáceos diádromos (Gómez-Aguirre *et al.* 2009). Ningún orden estuvo ausente por la cercanía al continente, pero la entomofauna mostró rasgos de insularidad como la presencia de una o pocas morfoespecies por familia y la mayor riqueza de Diptera, Trichoptera, Coleoptera y Ephemeroptera (Gómez-Agui-

rre *et al.* 2009, Longo-Sánchez y Blanco 2014a). Se encontraron diez órdenes de artrópodos (nueve de Insecta y uno de Crustacea), 31 familias y más de 40 morfoespecies. Leptophlebiidae (Ephemeroptera) fue la familia más abundante y frecuente, particularmente durante la temporada de lluvias, mientras que durante la época de menor precipitación (Tabla 1).

Las mayores diferencias en composición de macroinvertebrados (principalmente abundancia y riqueza total), se encontraron entre quebradas sedimentarias y volcánicas posiblemente asociadas con la estabilidad de los substratos del lecho ante las frecuentes crecientes (Gómez-Aguirre *et al.* 2009, Longo-Sánchez y Blanco 2014a). De hecho se hipotetiza que debido a los cursos cortos (<1 km) y los regímenes de caudal torrenciales (Blanco 2009a, b), las quebradas se homogenizan en términos faunísticos y de algunas propiedades físico-químicas durante la época

Tabla 1. Insectos acuáticos del PNN Gorgona. Se indica el porcentaje de ocurrencia con respecto al total de unidades de muestreo y la abundancia categorizada en una escala de 0 a 4: 0= ausente, 1= 1-3 individuos; 2= 4-13; 3= 14-61; 4= > 62. Códigos de los nombres de las quebradas: Ilú: Ilú; Igu: Iguapoga; Piz: Pizarro; P.V: Playa Verde; Cam: La Camaronera; C.N: Cocal Norte. Códigos de los órdenes: C: Coleoptera; D: Diptera; E: Ephemeroptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; M: Megaloptera; T: Trichoptera; O: Odonata; P: Plecoptera. Modificado de: Longo-Sánchez y Blanco (2014a).

Taxa	% Ocurrencia	Ilú	Igu	Piz	P.V	Cam	C.N
Dominante							
<i>Hagenulopsis</i> (E)	60.4	3	3	4	3	3	4
<i>Farrodes</i> (E)	58.9	4	4	3	3	3	4
<i>Thraulodes</i> (E)	45.3	3	4	4	3	3	4
<i>Argia</i> (O)	50.5	3	3	3	3	2	3
<i>Neelmis</i> (C)	49.0	3	3	3	3	3	3
Abundante							
<i>Tricorythodes</i> (E)	22.4	3	2	1	0	1	2
<i>Cloeodes</i> (E)	34.4	3	3	3	2	3	2
<i>Leptonema</i> (T)	17.2	2	3	2	2	3	2
<i>Macronema</i> (T)	15.1	1	2	2	2	3	2
<i>Anacroneturia</i> (P)	37.5	1	3	3	2	2	3
<i>Psephenops</i> (C)	29.7	3	3	2	2	3	2
<i>Anchytarsus</i> (C)	33.3	4	3	3	2	1	2
<i>Chironominae</i> sp1 (D)	24.0	2	2	2	3	3	2
Frecuente							
<i>Terpides</i> (E)	4.2	0	1	0	1	2	1
<i>Leptohyphes</i> (E)	14.6	2	2	0	1	2	3
<i>Baetodes</i> (E)	15.6	2	2	2	2	3	1
<i>Smicridea</i> (T)	9.4	2	3	2	2	2	1
<i>Mortoniella</i> (T)	3.1	1	2	0	1	1	0
<i>Chimarra</i> (T)	4.2	1	1	2	0	0	0
<i>Nectopsyche</i> (T)	4.7	0	2	0	2	1	1
<i>Xiphocentron</i> (T)	2.1	0	1	0	0	1	1
<i>Polycentropus</i> (T)	3.1	0	1	1	0	1	1
<i>Polyplectropus</i> (T)	10.9	2	2	2	2	1	2
<i>Gomphus</i> (O)	12.5	2	2	2	1	1	1
<i>Palaemnema</i> (O)	11.5	2	1	2	2	2	2
<i>Heterelmis</i> (C)	2.1	1	1	1	0	0	0

ISLA GORGONA



J. F. Blanco

Tabla 1. Continuación.

Taxa	% Ocurrencia	Ilú	Igu	Piz	P.V	Cam	C.N
<i>Phanocerus</i> (C)	5.2	1	1	1	1	1	1
<i>Rhagovelia</i> (H)	14.6	2	1	2	2	2	2
<i>Metrobates</i> (H)	2.1	0	1	1	0	0	1
<i>Hexatoma</i> (D)	13.5	2	2	2	1	1	2
<i>Simulium</i> (D)	11.5	2	1	2	0	2	2
Chironominae sp2 (D)	10.4	1	1	1	1	2	2
Chironominae sp3 (D)	2.1	0	0	0	0	1	1
Tanypodinae sp1 (D)	16.1	2	2	1	1	3	2
Tanypodinae sp2 (D)	2.6	1	0	2	0	0	0
Orthoclaadiinae (D)	5.7	2	2	1	1	1	1
<i>Stenochironomus</i> (D)	3.6	0	2	1	0	1	0
Rara							
<i>Protoptila</i> (T)	1.0	0	1	0	0	0	0
<i>Phylloicus</i> (T)	0.5	0	0	0	0	1	0
<i>Mayatrichia</i> (T)	0.5	0	0	0	1	0	0
<i>Corydalis</i> (M)	1.6	1	1	0	0	1	0
<i>Lutrochus</i> (C)	1.0	0	1	0	0	0	1
<i>Disersus</i> (C)	0.5	1	0	0	0	0	0
<i>Macrelmis</i> (C)	0.5	0	1	0	0	0	0
Staphylinidae sp (C)	0.5	0	1	0	0	0	0
<i>Elodes</i> (C)	1.6	0	0	1	0	0	1
Dytiscidae sp (C)	0.5	0	1	0	0	0	0
<i>Rheumatobates</i> (H)	0.5	0	0	0	0	1	0
Acentropinae sp (L)	0.5	0	1	0	0	0	0
Nymphulinae sp (L)	0.5	0	0	1	0	0	0
<i>Pseudolimnophila</i> (D)	0.5	0	0	1	0	0	0
<i>Alluaudomyia</i> (D)	1.0	1	0	0	0	0	1
<i>Forcipomyia</i> (D)	0.5	0	0	1	0	0	0

de lluvias (Blanco 2009b, Gómez-Aguirre *et al.* 2009), desviándolas de las predicciones del concepto del Río Continuo (CRC, Vannote *et al.* 1980). Como producto de

las grandes diferencias de caudal entre épocas climáticas, en el PNNG se observaron diferencias significativas de la abundancia relativa de las familias y ordenes

dominantes entre periodos de baja y alta precipitación (Ephemeroptera: 40 y 56%, respectivamente; Trichoptera: 10 y 5%, respectivamente).

También se encontraron diferencias en la composición de especies de macroinvertebrados acuáticos entre quebradas en diferentes estados de conservación de acuerdo al plan de manejo, lo cual sugiere el efecto persistente de legados de usos previos a la declaratoria como área protegida (Longo-Sánchez y Blanco 2014a). La zona ubicada en la parte nor-occidental se clasifica como primaria o primitiva dado a que no tiene indicios de haber sido impactada por las actividades agropecuarias o penitenciarias anteriores a los años setentas. Por el contrario, las quebradas de la vertiente oriental, que se clasifican como de alta densidad de uso (en el poblado) o de recuperación, muestran signos claros de

actividades humanas pasadas, tales como sembrados de árboles frutales en las zonas ribereñas, entresaca de árboles y remociones de suelo lo cual se manifestó en la fisonomía vegetal ribereña, los aportes de hojarasca al lecho de las quebradas y comunidades de macroinvertebrados distintas (Gómez-Aguirre *et al.* 2009, Valencia *et al.* 2009, Longo-Sánchez y Blanco 2014a). Sin embargo, la isla ha venido en un proceso de sucesión ecológica producto de su cercanía al continente (Longo-Sánchez y Blanco 2009, Longo-Sánchez *et al.* 2009).

Aunque durante la reciente exploración a las quebradas de la isla se hizo énfasis en el inventario espacialmente explícito de los macroinvertebrados acuáticos, principalmente insectos, también se registraron especies de peces, camarones y gasterópodos diádomos, confirmando los reportes de investigaciones anteriores. Por ejem-



Figura 3. *Macrobrachium cf. americanum*, camarón típico de las quebradas del PNN Gorgona y del Pacífico Oriental Tropical. Foto: J. F. Blanco.

ISLA GORGONA

plo, a simple vista o mediante capturas con trampas con cebos se identificaron adultos de cinco especies de camarones diádromos: *Macrobrachium americanum* (Palaemonidae; muchillá), *M. panamense*, *M. hancockii*, *M. rathbunae* y *Potimirin cf. glabra* (Atyidae) (Figura 3). Aunque la captura de los adultos requiere el uso de trampas y cebos, se colectaron juveniles frecuentemente con redes Surber (Gómez-Aguirre *et al.* 2009, Longo-Sánchez y Blanco 2014a). Además *P. glabra* fue colectado comúnmente en muestras de hojarasca (Longo-Sánchez y Blanco 2014b). La biomasa *per capita* de estas especies de camarones, aun la de *P. glabra* de pequeño tamaño corporal, exceden la biomasa total y *per capita* de los insectos con excepción de las cucarachas *Epilampra* sp. (Longo-Sánchez y Blanco 2014b). Por lo tanto, los

camarones *Macrobrachium* spp, *P. glabra* y *Epilampra* sp. se consideran los consumidores más importantes. Mientras *Macrobrachium* spp son considerados omnívoros según la literatura, *P. glabra* y *Epilampra* sp. fueron clasificados como detritívoros de acuerdo a los estudios de contenidos estomacales (Longo-Sánchez y Blanco 2014b). Adicionalmente, contrario a muchos sistemas tropicales insulares y continentales las quebradas del PNNG poseen una rica entomofauna detritívora que coexiste con los camarones (Longo-Sánchez y Blanco 2014b).

Juntamente con los camarones, varias especies diádromas han sido observadas en las quebradas del PNNG. La más abundante es la lisa de montaña o nayo, *Agonostomus monticola* (Mugilidae), la cual tiene

una distribución anfipánámica. También se han reportado otras especies de peces diádromos de las familias Eleotridae (*Gobiomorus* sp.) y Gobiidae (*Bathygobius* sp. y *Tomicodon myersi*), pero con menor abundancia. Otros miembros de la macrofauna acuática son el caracol diádromo *Neritina latissima* (Prosobranchia: Neritidae), el pez endémico y dulceacuícola primario, *Trichomycterus gorgonae* (Trichomycteridae) y el cangrejo anfíbio endémico *Hypoblocera gorgonensis* (Pseudothelphusidae).

Finalmente, las quebradas del PNNG pueden clasificarse como de aguas limpias sin influencia de aguas residuales superficiales (Blanco 2009b). Son neutro-alcalinas y blandas pero levemente salinas debido a la influencia de los aerosoles marinos. La temperatura es modulada por la baja radiación solar que penetra los doseles cerrados y por la ocurrencia frecuente de aguaceros intensos promovidos por el paso de sistemas atmosféricos de meso-escala los cuales interactúan con el paso de la Zona de Convergencia Intertropical (Figura 4) (Blanco 2009a, b). Durante las condiciones La Niña, se incrementa la intensidad, duración y frecuencia de los aguaceros, mientras que durante las condiciones El Niño se produce el efecto contrario.

Uso y conservación de las especies

Debido al estatus de parque nacional natural, los usos extractivos de las especies acuáticas están prohibidos y, por lo tanto, el único uso permitido es el de investigación. Aunque las quebradas y las especies endémicas dulceacuícolas son valores objeto de conservación, ninguna otra especie dulceacuícola ha sido definida como tal y tampoco hay programas de monitoreo en marcha (<http://www.parques-nacionales.gov.co/portal/wp-content/>

[uploads/2013/12/parque-Gorgona.pdf](http://www.parques-nacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2013/12/parque-Gorgona.pdf)). Sin embargo, los estudios disponibles muestran que tanto las quebradas como las especies acuáticas se encuentran en buen estado de conservación.

Amenazas

Las principales amenazas son de índole climática. Por una parte, durante las sequías asociadas a la fase El Niño, el caudal de algunas quebradas desciende hasta desecar largos tramos tanto de cabecera como de la planicie costera, restringiendo el hábitat de las especies dulceacuícolas de mayor tamaño (i.e. camarones, peces y cangrejos). Por otra parte, durante las lluvias torrenciales asociadas a la fase La Niña, la alta escorrentía ocasiona no solo crecientes repentinas sino movimientos en masa en las laderas de los cañones y en las riberas de las quebradas, que taponan temporalmente los cauces con material leñoso y suelo, pero son lavados lentamente durante los meses siguientes. Al igual que el resto del Pacífico colombiano, son inciertos los cambios climáticos asociados con el calentamiento atmosférico, sin embargo, se estima que el ascenso del nivel del mar causará intrusión salina en los tramos de la planicie costera de las quebradas, con la consecuente pérdida de hábitat para las especies dulceacuícolas primarias. El monitoreo de la entomofauna y la fauna diádroma, en combinación con el monitoreo climático en curso, podrá dar cuenta de dichos cambios por intrusión salina dada la buena base taxonómica que se tiene principalmente para especies de Ephemeroptera y Plecoptera indicadoras de buena calidad de agua, recientemente descritas por Zúñiga *et al.* (2014).

Conclusiones

La isla Gorgona posee numerosas quebradas permanentes, estacionales y efímeras



J. F. Blanco



Figura 4. Sistema convectivo de meso-escala causante de lluvias intensas sobre el Parque Nacional Natural Gorgona. Se observa el cerro Trinidad y sector del centro de buceo cerca de la desembocadura de la quebrada Ilú (nótese su microcuenca). Foto: J. F. Blanco.

ISLA GORGONA

que albergan una rica fauna acuática, coexistiendo especies de insectos acuáticos con peces y camarones diádromos y algunas especies dulceacuícolas primarias. Estas quebradas se encuentran en un buen estado de conservación debido a la declaratoria de la isla como parque nacional natural en 1984 y al posterior proceso de sucesión de muchas de las áreas ribereñas impactadas por actividades humanas. La distribución espacio-temporal de la entomofauna está dominada por la litología y el régimen de crecientes y sequías influenciado por sistemas atmosféricos de mesoescala y la Oscilación del Sur. El buen estado de conservación de las quebradas y su fauna acuática y las amenazas atmosféricas requieren un programa de monitoreo.

Bibliografía

- Blanco, J. F. 2009a. Hidroclimatología de la isla Gorgona: patrones estacionales y relacionados con el ENSO. *Revista Actualidades Biológicas* 31: 111-121.
- Blanco, J. F. 2009b. Características físico-químicas de las quebradas del Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico colombiano. *Revista Actualidades Biológicas* 31: 123-140.
- Blanco, J. F., A. Ramírez y F. N. Scatena. 2009. Las quebradas del Parque Nacional Natural Gorgona dentro del contexto global: introducción al número especial. *Revista Actualidades Biológicas* 31: 105-110.
- Blanco, J. F., C. Escobar-Sierra y J. D. Carvajal. 2014. Gorgona, Baudó y Darién (Chocó Biogeográfico, Colombia): ecorregiones modelo para los estudios ecológicos de comunidades de quebradas costeras. *Revista de Biología Tropical* 62: 43-64.
- Gómez-Aguirre, A. M., M. C. Longo-Sánchez y J. F. Blanco. 2009. Ensamblaje de macroinvertebrados de las quebradas de la isla Gorgona: patrones espaciales durante dos periodos hidrológicos contrastantes. *Revista Actualidades Biológicas* 31: 161-178.
- Gutiérrez-Fonseca, P. E., A. Ramírez, G. Umaña y M. Springer. 2013. Macroinver-

tebrados dulceacuícolas de la isla del Coco, Costa Rica: especies y comparación con otras islas del Pacífico Tropical Oriental. *Revista de Biología Tropical* 61: 657-668.

- Longo-Sánchez, M. C. y J. F. Blanco. 2009. Sobre los filtros que determinan la distribución y la abundancia de los macroinvertebrados diádromos y no-diádromos en cada nivel jerárquico del paisaje fluvial en islas. *Revista Actualidades Biológicas* 31: 179-195.
- Longo-Sánchez, M. C. y J. F. Blanco. 2014a. Patterns at multi-spatial scales on tropical island stream insect assemblages (Gorgona Island Natural National Park, Colombia, Tropical Eastern Pacific). *Revista de Biología Tropical* 62: 65-83.
- Longo-Sánchez, M. C. y J. F. Blanco. 2014b. Shredders are abundant and species-rich in tropical continental-island low-order streams: Gorgona Island, Tropical Eastern Pacific, Colombia. *Revista de Biología Tropical* 62: 85-105.
- Longo-Sánchez, M. C., A. M. Gómez-Aguirre, J. F. Blanco, H. Zamora-González. 2009. Cambios multianuales y espaciales de la composición y estructura del ensamblaje de insectos acuáticos en las quebradas perennes de la isla Gorgona, Colombia. *Revista Actualidades Biológicas* 31: 141-160.
- Valencia, S. M., G. A. Pérez, P. X. Lizarazo y J. F. Blanco. 2009. Patrones espacio-temporales de la estructura y composición de la hojarasca en las quebradas del Parque Nacional Natural Gorgona. *Revista Actualidades Biológicas* 31: 197-211.
- Vannote, R., G. Minshall, K. Cummins, J. Sedell y C. Cushing. 1980. The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37: 130-137.
- Zúñiga, M. C., W. Cardona, C. Molineri, J. Mendivil, C. Cultid, A. M. Chará y Alan Giraldo. 2014. Entomofauna acuática del Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico colombiano, con énfasis en Ephemeroptera y Plecoptera. *Revista de Biología Tropical* 62 (Supl. 1): 221-241.

J. F. Blanco



8.2 SERRANÍA DEL BAUDÓ

Juan Felipe Blanco-Libreros y Juan David Carvajal-Quintero

Resumen

La serranía del Baudó es un centro reconocido de biodiversidad terrestre y acuática y de origen de especies ícticas para Mesoamérica. Sin embargo, es poco lo que se conoce sobre los patrones locales y regionales de la diversidad de su ictiofauna, producto de la escasa exploración científica. De acuerdo con la información disponible se establece que en las cuencas costeras coexisten muchas especies dulceacuícolas primarias y secundarias (marinas y diádromas). Algunas de ellas son endémicas, ya sea para el Chocó Biogeográfico o para la serranía del Baudó. La riqueza en términos generales está correlacionada con el tamaño de la cuenca. Aunque los ríos mayores experimentan fuertes amenazas para la conservación de los cuerpos de agua y su ictiofauna, tales como la deforestación de las planicies y la minería, la mayor parte de las pequeñas quebradas costeras no presentan mayores amenazas. El principal riesgo que presentan algunas poblaciones es el de la extinción catastrófica por fenómenos atmosféricos (avenidas torrenciales o sequías). Se recomienda estimular la exploración científica para re-

gistrar detalladamente la ictiofauna de la región, con el fin de establecer programas de conservación.

Introducción

La serranía del Baudó, como parte del Chocó Biogeográfico, ha jugado un papel importante en la evolución de las biotas (incluyendo las acuáticas) del norte de Suramérica y del sur de Mesoamérica, sin embargo, los patrones espaciales de la riqueza a escalas local y regional son desconocidos como producto de la pobre exploración. El Chocó Biogeográfico es una zona de alta biodiversidad y endemismos (Olson y Dinerstein 2002), que tiene un gran valor por ser un centro de dispersión de la fauna y flora Neotropical, posterior al cierre del istmo de Panamá (Kattan *et al.* 2004). En el caso de la ictiofauna la ecorregión Chocó-Pacífico, particularmente la cuenca del río Atrato, ha sido identificada como una de las ecorregiones acuáticas de mayor riqueza en el mundo (Abell *et al.* 2004). Por ello, las cuencas de la serranía del Baudó, además de la del río Atrato, parecen ser el origen de la ictiofauna dulceacuícola primaria de la parte sur de Mesoamérica

SERRANÍA DEL BAUDÓ



M. F. Molina

de acuerdo con análisis filogeográficos recientes (Smith y Bermingham 2005, Reeves y Bermingham 2006).

A pesar de la importancia que tiene la parte norte del Pacífico colombiano para los estudios de biodiversidad y biogeografía íctica, es una zona sub-muestreada en términos históricos y geográficos, estando concentrados los esfuerzos en las grandes cuencas (p. e. Atrato, Baudó y San Juan). Las primeras exploraciones que se hicieron en esta área fueron realizadas por Carl Eigenmann (The Colombian Reconnaissance: diciembre 1911- abril 1912) y por Arthur Henn y Charles Wilson (The Landon-Fisher Expedition to Colombia 1912 y The Landon Expedition to Colombia and Ecuador febrero 1913 – marzo 1914). En la década de los cuarenta Henry Fowler (1945), revisó el material colectado en la región y describió varias especies para los ríos Baudó, Jurubidá y Juradó. En la década de los setenta George Dahl (1971) describió nuevas especies y realizó nuevos registros de especies para la cuenca del río Baudó. Después de un prolongado tiempo sin expediciones ictiológicas en esta región, varios estudios han informado sobre las pesquerías y ecología de la migración río-arriba de larvas de peces y camarones en la desembocadura del río Valle, ubicado al norte del Parque Nacional Natural Utría, golfo de Tribugá (Carvajal-Quintero 2011, Castellanos-Galindo *et al.* 2011, Sánchez-Garcés *et al.* 2011). Finalmente, el inventario ictiológico de la serranía del Baudó fue recientemente sintetizado por Maldonado-Ocampo *et al.* (2012) dentro del catálogo del Chocó Biogeográfico.

Por lo tanto, los ríos y quebradas que escurren por la zona hidrográfica Pacífico Norte o vertiente occidental de la serranía del Baudó, permanecen subexplorados a pesar de sus múltiples características ecológicas

sobresalientes. En primer lugar, parecen albergar una rica ictiofauna dulceacuícola primaria (de origen andino) que la vincula con otras regiones costeras e insulares del Pacífico Oriental Tropical e inclusive del Caribe. En segundo lugar, esta ictiofauna dulceacuícola primaria coexiste con la secundaria, sea diádroma o de origen marino. En tercer lugar, independientemente de su origen, esta ictiofauna particular parece estar adaptada para sobrevivir en este tipo de ecosistemas altamente perturbados hidrológicamente, tanto por las crecientes como por las sequías. Estas características bióticas y abióticas hacen de los ríos y quebradas costeros del norte del Pacífico colombiano, cuerpos de agua con características únicas, equiparables tal vez a las de algunos sistemas del Pacífico panameño y del Darién panameño y colombiano. El objetivo de este caso de estudio fue describir la riqueza y composición de la ictiofauna de las cuencas periféricas de la serranía del Baudó, mediante la recopilación y análisis de la bibliografía publicada hasta el 2014.

Área de estudio

La serranía del Baudó es un cuerpo montañoso costero alargado que se extiende 250 km paralelo a la cordillera Occidental y al litoral Pacífico, entre punta Ardita (en la frontera con Panamá) y cabo Corrientes. Geológicamente, la región se caracteriza por formaciones volcánicas recientes y de sedimentos marinos no consolidados, con porciones de corteza oceánica elevados tectónicamente, razón por la cual su geomorfología es heterogénea, encontrándose largos segmentos de la costa dominados por acantilados basálticos y playas cortas encajadas en las partes en las que el relieve costero presenta fracturas (Galvis 1995, Castaño-Urbe 1999).

Su relieve escarpado se caracteriza por ser altamente fracturado y por presentar un gran número de fallas, lo que promueve la presencia de valles y crestas a lo largo de la serranía. Presenta una altura media de 600 m s.n.m., sin embargo, su punto más elevado es el alto del Buey (1140 m s.n.m.), donde nacen los principales sistemas hídricos que vierten sus aguas ya sea al río Atrato o al océano Pacífico.

El clima de la serranía de Baudó es cálido super-húmedo en las partes bajas y templado super-húmedo en las partes altas. La temperatura media es mayor que 26 °C, con oscilaciones entre los 23 y 30 °C. Junto con la topografía, los vientos húmedos oceánicos producen la alta pluviosidad de la región, considerada una de las mayores del mundo. Las precipitaciones anuales oscilan entre los 4.000 y 7.000 mm, sin

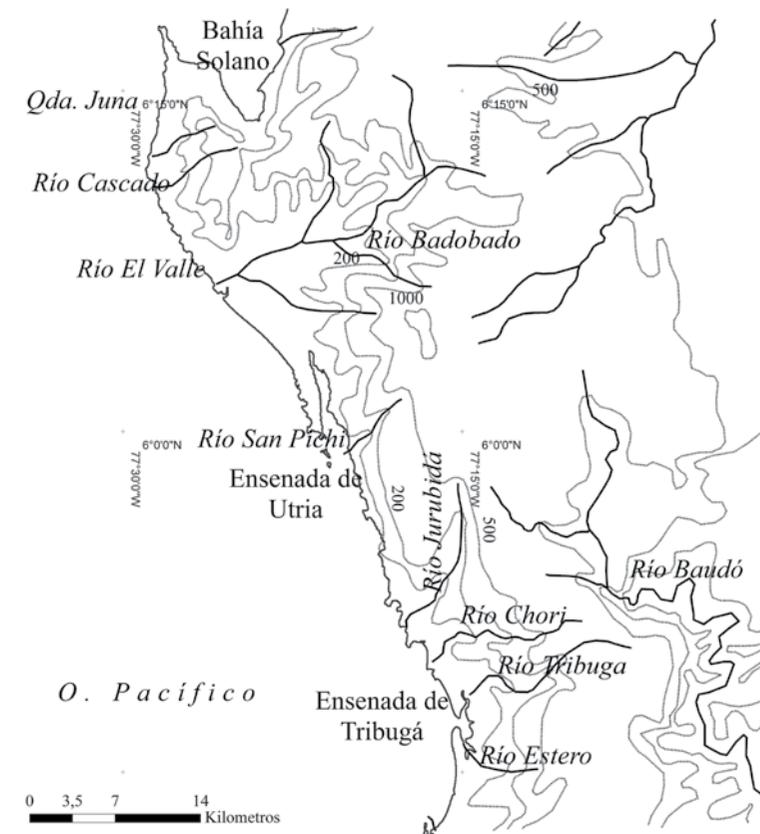


Figura 1. Ubicación del alto del Buey en la serranía de Baudó donde nace el río Baudó y otros ríos costeros que desembocan al golfo de Tribugá. Se indica la ubicación de la ensenada de Utria declarada como parque nacional natural. Elaboración: C. Escobar-Sierra.

SERRANÍA DEL BAUDÓ

embargo, en algunos lugares las precipitaciones pueden llegar hasta los 10.000 mm (Eslava 1995). Debido a esto, el bosque que alberga la serranía es catalogado como muy húmedo tropical, que presenta un dosel de 35 a 40 m de altura y dos o tres estratos subordinados (Castaño-Urbe 1999, Díaz-Merlano y Gast-Harders 2009). Estos bosques poseen una flora diversa con elevados índices de endemismo.

La alta precipitación y el relieve costero promueven la formación de un vasto complejo hídrico compuesto por quebradas de bajo orden, algunas formadas a decenas o cientos de metros de la costa, muchas de ellas desembocando en forma de cascadas o en cursos de alta pendiente (Figuras 1 y 2) (Lobo-Guerrero 1995). Las quebradas y ríos de mayor orden nacen en la línea divisoria de la serranía del Baudó, a pocos kilómetros o pocas decenas de kilómetros de la línea de costa, ya que en la parte alta la precipitación anual es >8.000 mm (Díaz-Merlano y Gast-Harders 2009). Dentro de estos sistemas hídricos se encuentran las cuencas de los ríos Baudó, Jurubidá, Valle y San Pichí los cuales nacen en el alto del Buey a 1.140 m s.n.m. y desembocan directamente en el océano Pacífico. La fuerte pendiente de la serranía hace que las quebradas y arroyos generen intensos procesos erosivos que dejen expuestos la roca madre, evitando el desarrollo del suelo y aportando grandes bloques en los cauces de tramos altos (Figura 2). De igual manera la escarpada topografía genera cortas planicies de inundación y promueve la presencia de un gran número de cascadas a lo largo de las partes alta y media de las cuencas, y aún en las desembocaduras (Blanco *et al.* 2014). En la parte terminal de estas cuencas, sobre las plataformas intermareales, comunmente se forman estrechos bosques de mangle, dominados

por el piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*) (Figura 3).

Para el presente análisis se compararon las listas de especies disponibles para varios ríos de la región.

Resultados y discusión

La riqueza regional de peces dulceacuícolas para la serranía del Baudó es de 78 especies. De estas, 62 (79%) son dulceacuícolas primarias y 16 (21%) dulceacuícolas secundarias, sin embargo, en las cuencas más pequeñas como la del río Valle, las especies dulceacuícolas secundarias representan cerca del 50% de las especies. Los órdenes con un mayor número de especies son Siluriformes (28 especies), Characiformes (22) y Perciformes (15). Dentro de las especies dulceacuícolas primarias, las familias con mayor representación específica son Characidae (15 especies) y Loricariidae (13 especies), mientras que entre las especies dulceacuícolas secundarias, las familias Gobiidae y Eleotridae fueron las de mayor riqueza (5 y 4, respectivamente).

Las especies dulceacuícolas primarias presentan un alto grado de aislamiento en la serranía del Baudó debido a la barrera fisiológica que representa el mar para ellas. De este modo, sus desplazamientos están restringidos a una cuenca en particular, la cual usualmente tiene un área reducida y un alto grado de fragmentación natural debido a su pendiente pronunciada. Por ello, de las 78 especies actualmente registradas para la región, el 13% (9 especies) son endémicas, sin embargo, el endemismo en las cuencas costeras de la serranía del Baudó posiblemente es mucho mayor (p. e. *Gobiesox juradoensis*). Según Maldonado-Ocampo *et al.* (2012) futuras exploraciones en estas cuencas costeras y revi-



Figura 2. Hábitats para la ictiofauna de las quebradas costeras (a - c). a) Rápidos; b) piscinas; c) piscinas formadas por cascadas; d) desembocadura de una quebrada de pequeño orden en forma de cascada sobre una playa; e) desembocadura de un río de orden mayor al norte de bahía Solano. Fotos: M. F. Molina (a-d), J. F. Blanco (e).

siones taxonómicas más rigurosas de las especies que se encuentran distribuidas en la región pueden ser dos factores que permitan describir nuevas especies endémicas para la región. Un ejemplo de esto es

la cuenca del río Jurubida, donde después de una revisión taxonómica realizada por Fowler (1945), se determinó que el 50% de las especies dulceacuícolas primarias eran endémicas.



M. F. Molina



M. F. Molina

SERRANÍA DEL BAUDÓ



Figura 3. Manglares en la desembocadura de las quebradas costeras dentro del Parque Nacional Natural Utría en la serranía del Darién. a) Estero Grande; b) La Chunga. Fotos: J. F. Blanco.

La riqueza de especies ícticas totales parece estar influenciada por factores altamente determinísticos. La mayor riqueza de especies en la región la presenta la cuenca del río Baudó (57 especies), seguida por las cuencas de los ríos Valle (21) y Jurubidá (16) (Figura 4, Anexo 1). Esta riqueza de especies por cuenca puede obedecer principalmente a dos causas: 1) a la relación positiva que hay entre el área de la cuenca y su riqueza de especies (Oberdorff *et al.* 1995) y 2) a los diferentes esfuerzos de muestreo que se han realizado en cada una de las cuencas estudiadas (como se señaló previamente, la cuenca del río Baudó ha sido una de las más estudiadas en la región, Maldonado-Ocampo *et al.* 2012). Sin embargo, la gran mayoría de los ríos costeros

de esta región no cuentan con inventarios ictiofaunísticos, siendo este el caso de ríos que forman pequeñas cuencas como el Putumá, Apartadó, Guariche, Cupica, Chadó, Chorí, Tribugá, Nuquí, Panguí, Coquí, Jobí, Arusí, Arusieito, Evarí, Virudó, Pavasa, Catripe, Abaquí, Purrichá, Pilizá, Usaragá, Juratagá, y otro número mayor de ríos y quebradas de menor orden (p. e. el río San Pichí y las quebradas Ancachí y Aguacalara). Por lo anterior, la biogeografía de la ictiofauna de la región está aún por describirse.

Adicionalmente, se observa que las especies dulceacuícolas secundarias tienden a contribuir con un mayor porcentaje de especies en las cuencas de menor área

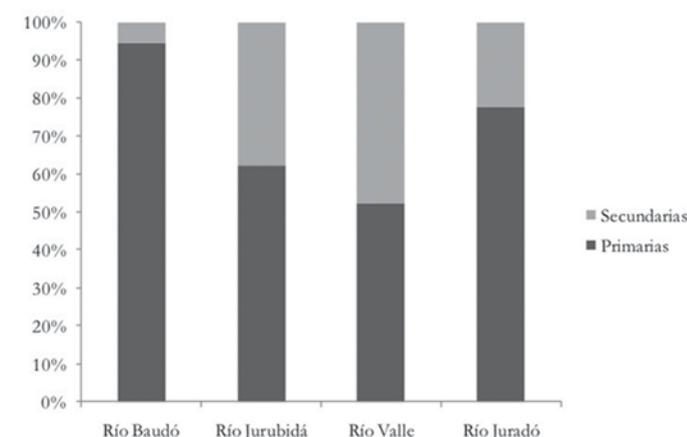


Figura 4. Proporción de especies de peces dulceacuícolas primarias y secundarias en cuatro cuencas costeras de la serranía del Baudó.

(Figura 4, Anexo 1). Esto puede obedecer principalmente a dos factores: 1) a que a medida que el área de la cuenca es menor hay una menor área para explotar por parte de las especies dulceacuícolas primarias, mientras para las especies secundarias, así el área dulceacuícola sea menor, su tolerancia a la salinidad les permite explotar el ambiente marino; 2) las cuencas de menor tamaño favorecen la presencia de especies anfíromas, debido a que estas especies necesitan que sus larvas sean transportadas rápidamente al mar después de eclosionar en los ríos (Iguchi y Mizuno 1999, McDowall 2003); y 3) altas tasas de recolonización de las cuencas costeras por parte de las especies diáromas, que soportan mejor los fuertes cambios hidrológicos que presentan las pequeñas cuencas costeras en escalas de tiempo geológico, tales como reducciones drásticas del caudal (ver caso de Australia y las islas del Pacífico: Thuesen *et al.* 2011).

Para el Chocó Biogeográfico se reconocen tres eventos geológicos como los factores determinantes para la generación de la diversidad actual de peces (Maldonado-Ocampo *et al.* 2012): 1) el levantamiento de los Andes, ya que el surgimiento de esta barrera geográfica promovió procesos de especiación alopátrica al impedir el flujo génico entre las diferentes poblaciones de peces. Estos procesos orogénicos promovieron fenómenos como la captura de cabeceras, lo que puede explicar la presencia de especies dulceacuícolas primarias de origen Andino en las cuencas costeras de la región. 2) Cambios climáticos globales, estas variaciones en tiempo geológico son consideradas como el principal factor en la generación de patrones de diversidad en el Chocó Biogeográfico. Uno de los principales efectos de estos cambios son las extensiones y contracciones que sufrieron estas cuencas debido a los cambios en el nivel del mar. Adicionalmente, las cuencas costeras son más propensas a procesos de de-

SERRANÍA DEL BAUDÓ

secación por lo que han sufrido continuos procesos de colonización (por especies con altas tasas de dispersión, como las anfidromas) posteriores a procesos de extinción (Thuesen *et al.* 2011). 3) Surgimiento del istmo de Panamá, este proceso denominado como el gran intercambio en América, favoreció el intercambio de biota entre Centro y Suramérica. Aunque en peces se ha reconocido que este proceso de dispersión fue mayor en sentido Suramérica - Centroamérica, se conoce que este proceso favoreció la dispersión de Siluriformes y Characiformes desde los Andes hacia las cuencas costeras del Chocó biogeográfico y la colonización de cíclidos y Cyprinodontiformes a los ecosistemas dulceacuícolas (Smith y Bermingham 2005, Reeves y Bermingham 2006).

Uso de las especies y conservación

En la serranía del Baudó la explotación de los recursos ícticos dulceacuícolas es realizada por las comunidades indígenas y afro-descendientes de manera artesanal, principalmente con fines de subsistencia. Las comunidades indígenas asentadas en las riberas de las partes medias y cabeceras de los ríos explotan principalmente los recursos ícticos dulceacuícolas primarios, mientras que las comunidades afro-descendientes asentadas en las zonas costeras de la Serranía explotan principalmente las especies marinas y diádromas. Para la región, las estadísticas de recursos pesqueros continentales son escasas, siendo los estudios de Carvajal-Quintero (2011) y Castellanos-Galindo *et al.* (2011) en el río Valle, los únicos que han cuantificado volúmenes de extracción anual. Dichos autores cuantificaron los volúmenes de juveniles de *Sicydium salvini* y *Dormitator latifrons* extraídos por la comunidad del corregimiento de El Valle durante el fe-

nómeno migratorio diádromo conocido como “La Viuda”. Para el resto de los recursos pesqueros continentales sólo existen referencias anecdóticas de disminución de las poblaciones ícticas en los ríos (sabaleta, guacuco, sábalo, mojarra, currulá, bocón, barbudo y mungulí) dados por los pescadores indígenas y afro-descendientes (Tobón 2006).

Catorce especies de peces de la Serranía son explotadas en la región por parte de las comunidades locales, de acuerdo con Lasso *et al.* (2011) (Anexo 1). La gran mayoría de estas especies son explotadas con fines de subsistencia y tan solo *Brycon mooki* es explotada con fines comerciales por los pescadores de la comunidad de El Valle. Además de estas especies, *Sicydium salvini* y *Dormitator latifrons* son explotadas en su etapa larval.

Tres especies de la serranía del Baudó están listadas en el libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia (Mojica *et al.* 2012), dos de ellas en la categoría Casi Amenazada (*Gymnotus choco* e *Hypostomus hondae*) y una en la categoría Vulnerable (*Gymnotus henni*).

Amenazas

En general, la ictiofauna del Chocó Biogeográfico enfrenta graves amenazas antropogénicas, debido a la sobreexplotación de los recursos maderables, la minería, ganadería y el incremento de los cultivos ilícitos e industriales en los valles interiores (Maldonado-Ocampo *et al.* 2012). Sin embargo, la serranía del Baudó aún es una región silvestre en la cual las principales amenazas antrópicas son la deforestación focalizada para establecer fincas o rozas en las planicies de los grandes ríos (Figura 5) y los planes de construcción de vías de acceso a la región (p. e. carretera de la Áni-

mas - Nuquí). Las cuencas costeras, particularmente las más pequeñas y alejadas se encuentran en mejor estado de conservación, pero precisamente en ellas las poblaciones de peces dulceacuícolas primarios tienen características que las hacen más vulnerables ante amenazas antropogénicas crónicas (sedimentación por deforestación y contaminación por minería) y al cambio climático global (sequía prolongada), tales como: 1) tamaño poblacional reducido y 2) alto grado de fragmentación debido a que su distribución está restringida a pequeñas cuencas, algunas de ellas con un gran número de cascadas.

Conclusiones y recomendaciones para la conservación

Las cuencas periféricas de la serranía del Baudó han sido poco exploradas pero tienen gran valor para la conservación de la biodiversidad íctica y la investigación biogeográfica. Los estudios aislados que se han realizado en la región describen características particulares de algunas secciones de las mayores cuencas de la región. A pesar de esta escasa información, es posible afirmar que las cuencas costeras son áreas de gran riqueza donde coexisten especies dulceacuícolas primarias y secundarias, algunas de ellas endémicas, y son centros de dispersión para la ictiofauna Mesoamericana. Las especies primarias están restringidas a las cabeceras y partes medias de los ríos, mientras que las especies secundarias debido a su tolerancia a la salinidad pueden realizar migraciones entre el continente y el mar, o ubicarse en las porciones estuarinas y bajas de las cuencas. La riqueza de especies y la proporción entre especies primarias y secundarias están asociadas al tamaño de las cuencas, siendo la cuenca del río Baudó la que tiene una mayor riqueza de especies y una mayor proporción de especies prima-



M. F. Molina

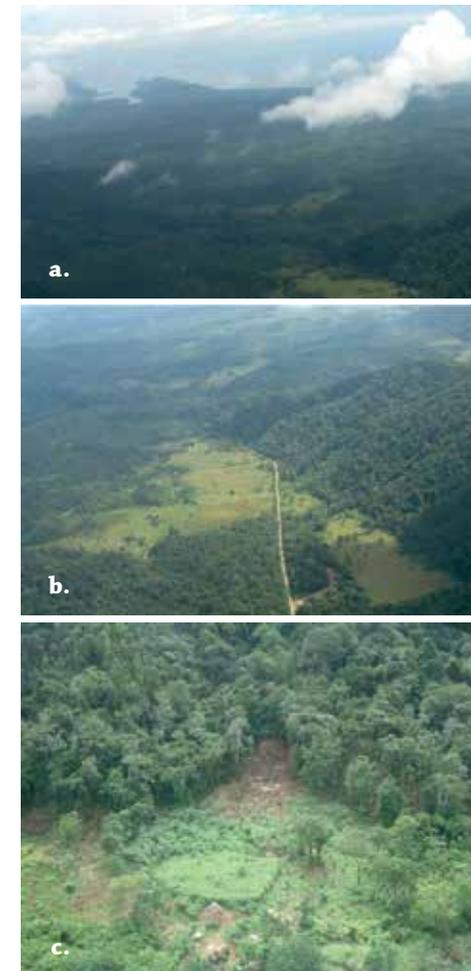


Figura 5. Deforestación en las cuencas de la serranía del Baudó. a) Deforestación en el valle interior ubicado entre bahía Solano y la ensenada de Utría (al fondo); b) establecimiento de potreros en la planicie y margen de la carretera que conecta a Ciudad Mutis (Bahía Solano) con el corregimiento El Valle; c) frontera agropecuaria cerca a Ciudad Mutis en la que se observa el patrón de múltiple uso: siembra, extracción de madera y cría de ganado. Fotos: J. F. Blanco.

SERRANÍA DEL BAUDÓ



M. F. Molina

rias, mientras que las cuencas de menor área presentan una mayor proporción de especies secundarias y una menor riqueza. El gran número de endemismos de especies de peces primarios y otros patrones de diversidad obedecen a procesos geológicos y características biológicas de las especies que habitan estas cuencas. En general la ictiofauna dulceacuícola de esta Serranía (especialmente la primaria) presenta características que la hace más vulnerables a procesos de extinción catastrófica.

Debido al poco conocimiento de la ictiofauna de esta región, se dificulta la elaboración de propuestas y procesos de conservación. Se recomienda aumentar los esfuerzos de expediciones científicas para la caracterización taxonómica, biológica y ecológica de las especies de peces de la serranía del Baudó, con el fin de cuantificar su riqueza y endemismo de especies, determinar patrones especiales y temporales de diversidad, y reconocer los aspectos más sobresalientes de la biología de las especies. Esto permitirá identificar cuáles presentan mayor riesgo de extinción y elaborar propuestas de conservación de poblaciones, especies y cuencas.

Bibliografía

- Abell, R. *et al.* 2008. Freshwater ecoregions of the world: a new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. *Bioscience* 58: 403-414.
- Blanco, J. F., C. Escobar-Sierra y J. D. Carvajal. 2014. Gorgona, Baudó y Darién (Chocó Biogeográfico, Colombia): ecorregiones modelo para los estudios ecológicos de comunidades de quebradas costeras. *Revista de Biología Tropical* 62: 43-64.
- Carvajal-Quintero, J. D. 2011. El fenómeno de La Viuda: migración de estadíos tempranos de peces entre el medio marino y continental en el corregimiento de El Valle, bahía Solano (Chocó-Colombia). Trabajo de pregrado, Universidad de Antioquia, Medellín. 94 pp.
- Castaño-Urbe, C. 1999. Sierras y serranías de Colombia. Colección Ecológica Banco de Occidente, Cali, Colombia. Disponible en línea: <http://www.imeditores.com/banocc/sierras>.
- Castellanos-Galindo, G.A., G. C. Sanchez, B.S. Beltrán-León y L. Zapata. 2011. A goby-fry fishery in the northern Colombian Pacific Ocean. *Cybiurn* 35: 391-395.
- 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 D.C., Colombia. 391 pp.
- Díaz-Merlano, J. M. y F. Gast-Harders. 2009. El Chocó biogeográfico de Colombia. Banco de Occidente. Cali, Colombia. Disponible en línea: <http://www.imeditores.com/banocc/choco/presentacion.htm>
- Eslava, J. A. 1995. Climatología. En: Leyva, P. (Ed.). Colombia Pacífico, Tomo I. Fondo para la Protección del Medio Ambiente "José Celestino Mutis" FEN Colombia. Bogotá. Disponible en línea en: <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/faunayflora/pacific1>.
- Fowler, H. W. 1945. Colombian Zoological Survey, Part I. The freshwater fishes obtained in 1945. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 97: 93-135.
- Galvis, G. 1995. Aspectos biogeográficos del Chocó. En: Leyva, P. (Ed.). Colombia Pacífico, Tomo I. Fondo para la Protección del Medio Ambiente "José Celestino Mutis" FEN Colombia. Bogotá. Disponible en línea en: <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/faunayflora/pacific1>.
- Iguchi, K. y N. Mizuno. 1999. Early starvation limits survival in amphidromous fishes. *Journal of Fish Biology* 54: 705-712.
- Kattan, G. H., P. Franco, V. Rojas y G. Morales. 2004. Biological diversification in a complex region: a spatial analysis of faunistic diversity and biogeography of the Andes of Colombia. *Journal of Biogeography* 31: 1829-1839.
- Lasso, C. A., E. Agudelo Córdoba, L. F. Jiménez-Segura, H. Ramírez-Gil, M. Morales-Betancourt, R. E. Ajiaco-Martínez, F. de Paula Gutiérrez, J. S. Usma Oviedo, S. E. Muñoz Torres y A. I. Sanabria Ochoa (Eds.). 2011. I. Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia, 715 pp.
- Lobo-Guerrero, A. 1995. Hidrología e hidrogeología. En: Leyva, P. (Ed.). Colombia Pacífico, Tomo I. Fondo para la Protección del Medio Ambiente "José Celestino Mutis" FEN Colombia. Bogotá. Disponible en línea en: <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/faunayflora/pacific1>.
- Maldonado-Ocampo, J. A., J. S. Usma, F. A. Villa-Navarro, A. Ortega-Lara, S. Prada-Pedreras, L. F. Jimenez, U. Jaramillo-Villa, A. Arango. T. Rivas y G.C. Sánchez. 2012. Peces dulceacuícolas del Chocó Biogeográfico de Colombia. WWF Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Universidad del Tolima, Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C., Colombia. 400 pp.
- McDowall, R. M. 2003. Hawaiian biogeography and the islands' freshwater fish fauna. *Journal of Biogeography* 30: 703-710.
- 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.
- Oberdorff, T., J. F. Guégan y B. Hugueny. 1995. Global scale patterns of fish species richness in rivers. *Ecography* 18: 345-352.
- Olson, D. M. y E. Dinerstein. 2002. The Global 200: Priority ecoregions for global conservation. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 89: 199-224.
- Reeves, R. G. y E. Bermingham. 2006. Colonization, population expansion, and lineage turnover: phylogeography of Mesoamerican characiform fish. *Biological Journal of the Linnean Society* 88: 235-255.
- Sánchez-Garcés, G. C., G. A. Castellanos-Galindo, B. S. Beltrán-León y L. A. Zapata-Padilla. 2011. Aspectos relacionados con la pesca de juveniles de gobiidos diádromos (Perciformes: Gobiidae) en ríos costeros de la vertiente Pacífico de Colombia. Pp. 283-289. En: Lasso, C. A., F. de P. Gutiérrez, M. A. Morales-Betancourt, E. Agudelo-Córdoba, H. Ramírez-Gil y R. Elena Ajiaco-Martínez (Eds.). II Pesquerías continentales de Colombia: cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertiente del Pacífico. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia.
- Smith, S. A. y E. Bermingham. 2005. The biogeography of lower Mesoamerican freshwater fishes. *Journal of Biogeography* 32: 1835-1854.
- Thuesen P. A., Ebner B. C., Larson H., Keith P., Silcock R. M., Prince J., Russell D. J., 2011. Amphidromy Links a Newly Documented Fish Community of Continental Australian Streams, to Oceanic Islands of the West Pacific. *Plos One* 6, e26685.
- Tobón, A. 2006. Evaluación de la pesca artesanal sobre los recursos ícticos del Parque Nacional Natural Utría. Informe técnico UAESPNN. 25 pp.

SERRANÍA DEL BAUDÓ

Anexo 1. Especies de peces dulceacuícolas primarias y secundarias presentes en las quebradas costeras de la serranía del Baudó (Fowler, 1945, Dahl 1971, Carvajal-Quintero 2011 y Maldonado-Ocampo *et al.* 2012). E: Especie endémica. P: Primaria dulceacuícola. S: Secundaria dulceacuícola.

Orden	Familia	Especie	Río Baudó	Río Jurubidá	Río Valle	Río Juradó	Hábito	Recurso Pesquero
Characiformes	Curimatidae	<i>Pseudocurimata lineopunctata</i> (Boulenger 1911)	X	X			P	X
	Anostomidae	<i>Leporinus striatus</i> (Kner 1858)	X				P	X
	Erythrinidae	<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch 1794)	X				P	X
	Lebiasinidae	<i>Lebiasina festae</i> (Boulenger 1899)	X		X		P	
		<i>Lebiasina multimaclata</i> (Boulenger 1911)	X				P	
		<i>Lebiasina panamensis</i> (Gill 1877)	X	X			P	
	Gasteropelecidae	<i>Gasteropelecus maculatus</i> (Steindachner 1879)	X				P	
	Characidae	<i>Argopleura choacoensis</i> (Eigenmann, 1913)	X				P	
		<i>Astyanax fasciatus</i> (Cuvier 1819)	X			X	P	X
		<i>Astyanax megalpilura</i> (Fowler 1944)	X	X			P	
		<i>Astyanax orthodus</i> (Eigenmann, 1907)	X				P	
		<i>Astyanax ruberrimus</i> (Eigenmann 1913)	X		X		P	
		<i>Bryconamericus emperador</i> (Eigenmann y Ogle 1907)	X				P	
		<i>Creagrutus affinis</i> (Steindachner, 1880)	X	X			P	
		<i>Gephyrocharax choacoensis</i> (Eigenmann, 1912)	X				P	
<i>Hemibrycon carrilloi</i> (Dahl, 1960)		X				P		
<i>Hyphessobrycon sebastiani</i> (García-Alzate, Román-Valencia y Taphorn 2010)		X				P		
Loricariidae	<i>Nematobrycon palmeri</i> (Eigenmann 1911)	X				P		
	<i>Roeboides dayi</i> (Steindachner, 1878)	X				P		
	<i>Roeboides occidentalis</i> (Meek y Hildebrand 1916)	X	X		X	P		
	<i>Parastremma album</i> (Dahl 1960)	X				P		
	<i>Parastremma sadina</i> (Eigenmann 1912)	X		X		P		

Anexo 1. Continuación.

Orden	Familia	Especie	Río Baudó	Río Jurubidá	Río Valle	Río Juradó	Hábito	Recurso Pesquero
Siluriformes	Bryconidae	<i>Brycon argenteus</i> (Meek y Hildebrand, 1913)			X		P	X
	Ariidae	<i>Brycon meeki</i> (Eigenman y Hildebrand 1918)	X		X	X	P	X
		<i>Brycon oligolepis</i> (Regan 1913)	X		X	X	P	X
		<i>Ariopsis seemanni</i> (Günther 1864)	X				S	
	Pimelodidae	<i>Pimelodus punctatus</i> (Meek y Hildebrand 1913)	X				P	
	Pseudopimelodidae	<i>Batrochoglanis transmontanus</i> (Regan 1913)	X				P	X
		<i>Pimelodella eutaenia</i> (Regan 1913)	X				P	
	Heptapteridae	<i>Pimelodella grisea</i> (Regan 1903)	X				P	
		<i>Rhamdia quelen</i> (Quoy y Gaimard 1824)	X		X		P	X
	Cetopsidae	<i>Cetopsis amphioxoa</i> (Eigenmann 1914)	X				P	
		<i>Cetopsis baudoensis</i> (Dahl 1960)	E				P	
		<i>Cetopsis jurubidae</i> (Fowler 1944)		E			P	
	Trichomycteridae	<i>Trichomycterus regani</i> (Eigenmann 1917)	X				P	
		<i>Ancistrus centrolepis</i> (Regan, 1913)	X				P	
		<i>Chaetostoma marginatum</i> (Regan, 1904)	X				P	X
<i>Chaetostoma niveum</i> (Fowler 1944)			E	E		P		
<i>Crossoloricaria variegata</i> (Steindachner, 1879)		X				P		
Loricariidae	<i>Hemiancistrus annectens</i> (Regan, 1904)	X				P		
	<i>Hemiancistrus holostictus</i> (Regan, 1913)	X				P		
	<i>Hypostomus hondae</i> (Regan, 1912)	X				P	X	
	<i>Lasiancistrus caucanus</i> (Eigenmann, 1912)	X				P		
	<i>Rineloricaria jubata</i> (Boulenger 1902)	X		X		P		
	<i>Rineloricaria sneiderni</i> (Fowler 1944)		E			P		
	<i>Sturisoma aureum</i> (Steindachner 1900)	X				P		
Sturionidae	<i>Sturisoma panamense</i> (Eigenmann y Eigenmann 1889)	X				P		
	<i>Sturisomatichthys tamanae</i> (Regan 1912)	X				P		

M. F. Molina



SERRANÍA DEL BAUDÓ

Anexo 1. Continuación.

Orden	Familia	Especie	Río Baudó	Río Jurubidá	Río Valle	Río Juradó	Hábito	Recurso Pesquero
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus cirratus</i> (Regan, 1912)	X				P	
		<i>Astroblepus jurubidae</i> (Fowler, 1944)		E			P	
Gymnotiformes	Apterontidae	<i>Apterontotus jurubidae</i> (Fowler, 1944)		E			P	
		<i>Apterontotus spurrellii</i> (Regan, 1914)	X				P	
	Hypopomidae	<i>Brachyhypopomus occidentalis</i> (Regan, 1914)	X				P	
		<i>Gymnotus choco</i> (Albert, Crampton y Maldonado 2003)	X				P	
Gobiesociformes	Gymnotidae	<i>Gymnotus henni</i> (Albert, Crampton y Maldonado 2003)	X			X	P	X
		<i>Gobiesox juradoensis</i> (Fowler 1944)				E	S	
		<i>Gobiesox</i> sp.			X		S	
Cyrinodontiformes	Rivulidae	<i>Cynodonichthys leucurus</i> (Fowler, 1944)				E	P	
		<i>Poecilopsis turubarensis</i> (Meek, 1912)	X		X		P	
	Poeciliidae	<i>Priapichthys chochoensis</i> (Henn, 1916)	X				P	
Syngnathiformes	Syngnathidae	<i>Pseudophallus starksi</i> (Jordan y Culver 1895)			X		S	

Anexo 1. Continuación.

Orden	Familia	Especie	Río Baudó	Río Jurubidá	Río Valle	Río Juradó	Hábito	Recurso Pesquero
Perciformes	Gerridae	<i>Gerris cinereus</i> (Walbaum 1792)			X		S	
	Haemulidae	<i>Pomadourus bayanus</i> (Jordan y Evermann 1898)	X		X		S	
		<i>Agonostomus monticola</i> (Bancroft 1834)		X	X		S	X
	Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i> (Linnaeus 1758)			X		S	
		<i>Andinoacara biseriatus</i> (Regan, 1913)	X				P	
	Cichlidae	<i>Andinoacara latifrons</i> (Steindachner, 1878)	X				P	
		<i>Cichlasoma atronaculatum</i> (Regan, 1912)	X		X		P	X
		<i>Cichlasoma microlepis</i> (Dahl, 1960)	E				P	
		<i>Geophagus crassilabris</i> (Steindachner, 1876)	X				P	
	Eleotridae	<i>Gobiomorus maculatus</i> (Günther 1859)			X		S	
		<i>Eleotris picta</i> (Kner 1863)			X		S	
		<i>Hemieleotris latifasciata</i> (Meek y Hildebrand 1912)			X		S	
		<i>Dormitator latifrons</i> (Richardson 1844)			X		S	X
	Gobiidae	<i>Awaous banana</i> (Valenciennes 1837)			X		S	
		<i>Awaous transandeanus</i> (Günther 1861)			X		S	
		<i>Sicydium hildebrandi</i> (Eigenmann 1918)		X			S	
	<i>Sicydium salvini</i> (Ogilvie-Grant 1884)					S	X	
	Número de especies por cuenca	57	16	21	9			
	Número de especies endémicas por cuenca	2	5	0	2			
	Número de especies primarias por cuenca	54	10	11	7			
	Número de especies secundarias por cuenca	3	6	10	2			

M. F. Molina





Río Acandí, pescador artesanal. Foto: J. F. Blanco



8.3 SERRANÍA DEL DARIÉN

Juan Felipe Blanco-Libreros, Eliana Contreras y Camilo Escobar-Sierra

Resumen

Las cuencas costeras de la serranía del Darién corresponden geológicamente, a la parte norte del Chocó Biogeográfico, pero climáticamente corresponden a la parte sur de la región del Caribe. Por lo tanto, exhiben un régimen de sequías periódicas que puede prolongarse por más de seis meses, convirtiéndose en un modulador ecológico de la biota acuática. Las exploraciones recientes han mostrado que sus comunidades de insectos presentan rasgos biológicos indicadores de adaptaciones ante la sequía. Adicionalmente, aunque existen varias especies de peces y camarones diádromos, los caracoles están prácticamente ausentes, posiblemente por la recurrencia de la sequía prolongada en las partes bajas de las quebradas. Estas quebradas y su fauna diádroma prestan importantes servicios de provisión de agua para acueductos y pesca artesanal, pero están amenazadas por la extensa deforestación de las laderas por las actividades agropecuarias.

Introducción

La serranía del Darién también es conocida como el “tapón” debido a que los gobier-

nos de Panamá y Colombia han evitado los desarrollos viales y otras infraestructuras para proteger los bosques y otros recursos naturales, entre los que sobresalen numerosos ríos, quebradas y ciénagas. También es considerada la porción más norteña del Chocó Biogeográfico que se extiende sobre la costa Pacífica americana, desde Ecuador hasta el norte de Colombia. Esta, la Ecorregión Darién, presenta afinidades botánicas y zoológicas con la región Pacífico y la región Caribe de Colombia (p. e. Haffer 1970), sin embargo, debido a su aislamiento y poco poblamiento, ha sido poco explorada para muchos grupos, particularmente los peces y macroinvertebrados acuáticos (p. e. Álvarez-León 1991, Camargo y Roza 2003, Mena-Moreno 2010, Contreras 2013). No obstante, debido a los altos niveles de precipitación y buen estado de conservación de los bosques, la serranía del Darién alberga un número significativo de ríos y quebradas que tributan sus aguas al río Atrato. Por esta razón, las exploraciones de las mismas han estado asociadas a las incursiones a este río y sus principales tributarios, como el río Tanela en el cual se describieron varias especies

SERRANÍA DEL DARIÉN

nuevas de peces a principios del siglo XX (Maldonado-Ocampo *et al.* 2012). Sin embargo, las quebradas costeras que tributan sus aguas directamente al mar Caribe, han permanecido inexploradas porque por su pequeña área y caudal pulsátil, son hábitats poco benignos para los peces primariamente dulceacuícolas. A continuación se describe un estudio sobre los “rasgos biológicos” de los insectos acuáticos realizado por Contreras (2012), para identificar las características morfológicas que podían servir de adaptación ante las frecuentes sequías en el distrito Acandí, particularmente en los alrededores del pueblo de Capurganá, la parte más al norte de Caribe chocono, donde algunos tramos de las partes bajas de las quebradas permanecen

sin agua durante varios meses, a pesar de que sus cabeceras presentan un caudal permanente. Paralelo a este estudio se realizaron exploraciones de las quebradas entre el río Acandí y el río Sapzurro en busca de peces, camarones y gasterópodos diádomos (Escobar-Sierra y Blanco, obs. pers.).

Área de estudio

La siguiente descripción es una modificación de Blanco *et al.* (2014). La bahía de Capurganá se encuentra ubicada en el municipio de Acandí, departamento del Chocó, cerca de la frontera Caribe con la República de Panamá (Figura 1). También en la zona está asentado el territorio colectivo de una comunidad afro-descendiente (Consejo Comunitario Negro del río Acan-

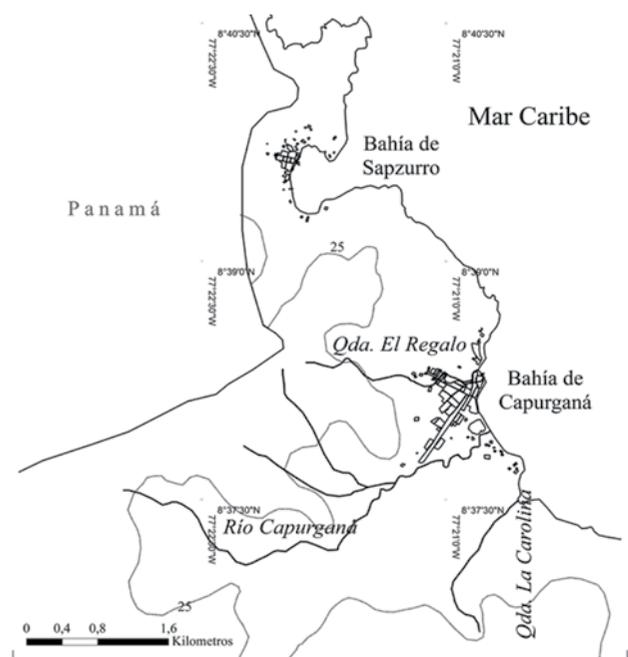


Figura 1. Ubicación de las quebradas estudiadas en la bahía de Capurganá, Caribe chocono (serranía del Darién). Elaboración: C. Escobar-Sierra.

dí y el Chocó Norte), que tiene objetivos de desarrollo sostenible dentro de su plan de etnodesarrollo (Pertúz, comunicación personal). La Ecorregión Darién es reconocida por su selva húmeda tropical de gran valor natural, por lo cual alberga varias reservas de la sociedad civil (privadas) y el Santuario de Fauna y Flora “Playona”, recientemente declarado para proteger el área intermareal y marina de reproducción de la tortuga caná.

La bahía Capurganá y las vecinas (p. e. Sapzurro, Aguacate y Pinorroa) hacen parte de un sistema de acantilados basálticos y playas de bolsillo formadas por las estribaciones costeras de la serranía de Darién, la cual se extiende desde la desembocadura norte del río Atrato en el golfo de Urabá (Figura 2). Los relieves de esta serranía son la continuación de la vertiente occidental de la cordillera Occidental y están conformados principalmente por intercalaciones de rocas intrusivas, volcánicas y sedimentarias formadas durante el Cretácico y el Terciario. Inmersa en esta costa de relieves escarpados, la cuenca del río Capurganá es un subsistema topográfico

paralelo a la costa con alturas máximas de 300 m. s.n.m. y pendientes entre los 30 y los 60% (Figura 2). La parte intermareal de algunos sectores está dominada por plataformas arrecifales emergidas (karros), sobre las que se forman pequeñas lagunas costeras y en las que desembocan las quebradas permanentes y efímeras.

El clima de serranía del Darién es marítimo y estacionalmente seco, influenciado por sistemas atmosféricos del mar Caribe. La temperatura media en la zona es de 27°C y la precipitación anual varía entre 2.500 y 3.000 mm. La distribución de la precipitación es monomodal con un periodo de lluvias entre mayo y noviembre (<250 mm mes⁻¹) y un periodo seco entre diciembre y abril (<100 mm mes⁻¹). Esto se refleja en el régimen de caudal marcadamente estacional de los ríos y quebradas que discurren en la zona. Muchos se secan totalmente en sus tramos bajos y pierden su conectividad con el mar en la época seca y presentan un comportamiento torrencial en la época lluviosa (Figura 3). Los drenajes de la zona tienen un área pequeña y cursos cortos, desembocando al

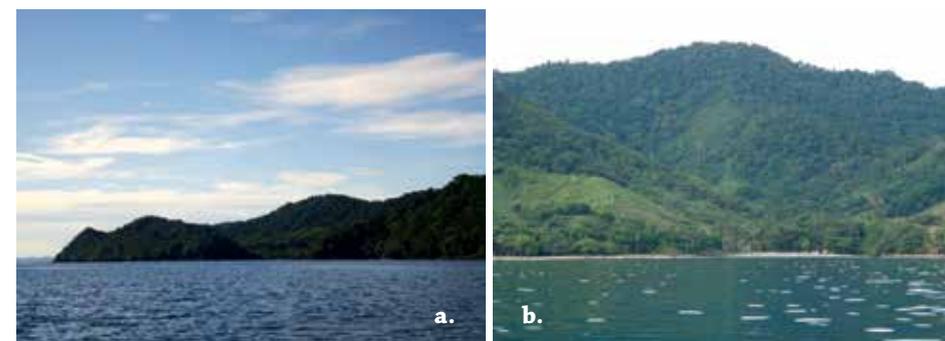


Figura 2. a). Relieve costero escarpado de la serranía del Darién; b) microcuenca costera de la serranía del Darién. Nótese en la parte central la acumulación microdeltáica de sedimentos arrastrados por el caudal. Fotos: J. F. Blanco.



J. F. Blanco



J. F. Blanco

SERRANÍA DEL DARIÉN

océano siendo aun de orden bajo o medio. Entre estos sobre-salen el río Capurganá y las quebradas El Regalo, La Carolina, El Aguacate y Sapzurro, los cuales nacen a unos cientos de metros o pocos kilómetros de la costa en relieves bajos (<100 m. s.n.m.). Los ríos más grandes de la vertiente costera de la serranía del Darién son el Acandí y Tolo que nacen aproximadamente a 300 m. s.n.m. en un subsistema topográfico de relieve escarpado y paralelo a la costa (cerro de Tripogadi), y desembocan al mar a través de una fractura. En general, al igual que las quebradas costeras de la vertiente del Pacífico, tienen una zona de alta pendiente y otra de pendiente suave en la planicie costera. Los sustratos de las zonas de cabecera se caracterizan por estar dominadas por roca madre y bloques basálticos mientras que los valles aluviales se caracterizan por estar encajados entre dos salientes y se configuran como zonas deprimidas cubiertas por depósitos sedimentarios dominados por arenas, gravas y cantos rodados (Figuras 2 y 3). Al igual que para el Pacífico colombiano norte, la información sobre la hidrografía de la ecorregión Darién se limita a la publicada dentro de compendios geográficos y no existen quebradas aforadas.

Entre junio y julio de 2011, aproximadamente cada diez días, se muestrearon tres tramos (aprox. 50 m de largo) en el río Capurganá y las quebradas El Regalo y La Carolina, en el corregimiento de Capurganá (Contreras 2012, 2013). De acuerdo con las observaciones de campo y comunicaciones de los lugareños, los cauces con tan solo un 30% de ancho húmedo, se habían mantenido en esta condición durante los 6 meses previos, y por lo tanto la zona estaba atravesando un periodo de sequía prolongada, a pesar que en condiciones normales entre junio y julio se produce un incremento de la lluvia. Los tramos corres-

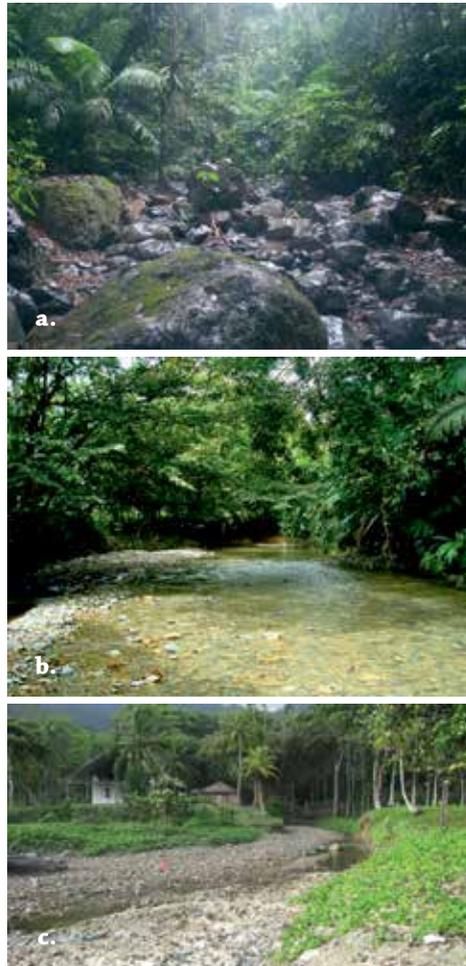


Figura 3. a) Tramo alto de la quebrada La Carolina; b) tramo medio del río Capurganá; c) tramo bajo cerca de la desembocadura de la quebrada El Regalo. Fotos: C. Escobar-Sierra.

pondieron a las siguientes partes: cercanía a la desembocadura (bajo), parte media en la planicie costera (medio) y parte de cabecera sobre terreno pendiente (alto). En cada uno se realizó una descripción del

Tabla 1. Rasgos biológicos y sus modalidades que describen las características funcionales de 82 taxones neotropicales de acuerdo con Tomanova y Usseglio-Polatera (2007).

Rasgo	Modalidad
1. Hábitos alimenticios	Colector-recolector (CR)
	Desfibrador (DE)
	Raspador (RA)
	Colector-filtrador (CF)
	Perforador (P)
	Predador (PR)
2. Respiración	Parásito (PA)
	Tegumento
	Branquias
	Plastrón
3. Tamaño máximo del cuerpo (mm)	Estigmas
	<2,5
	2,5-5
	0,5-10
	10-20
	20-40
4. Forma del cuerpo	40-80
	>80
	Alineada con la corriente
	Aplanada
5. Adaptaciones específicas para las limitaciones de flujo	Cilíndrica
	Esférica
	Ventosas (Ven)
	Glándula de limo (GL)
	Casa de material mineral (MM)
	Ganchos anales (GA)
6. Movilidad y adhesión al sustrato	Ganchos tarsales (GT)
	Ninguna adaptación (NA)
	Volador (V)
	Nadador en la superficie (Nsup)
	Nadador en toda el agua (N)
	Caminador (C)
	Excavador Epibéntico (EEpi)
	Excavador Endobéntico (EEn)
	Adherido Temporalmente (AT)



J. F. Blanco

SERRANÍA DEL DARIÉN

entorno siguiendo un protocolo rápido, se midieron parámetros físico-químicos del agua y se muestrearon los insectos utilizando una red Surber tanto en pozas como rápidos. Después de la determinación taxonómica a nivel de familia, en los insectos acuáticos colectados se describieron los rasgos o atributos biológicos, para establecer la composición funcional de las comunidades dentro de 46 modalidades (Tabla 1). La composición taxonómica y los rasgos biológicos fueron comparados entre los tres tramos de las tres corrientes utilizando varios métodos de ordenación.

Finalmente, se realizaron observaciones subacuáticas en busca de peces, camarones y gasterópodos en las quebradas estudiadas y se realizó un recorrido por la costa entre Capurganá y Acandí para explorar las quebradas que desembocaban en el mar.

Resultados y discusión

Se encontraron 9 órdenes y 42 familias de Insecta, siendo Ephemeroptera y Trichoptera los órdenes con mayor número de individuos (29 y 27%, respectivamente), seguido de Diptera (13%); mientras que Odonata y Trichoptera presentaron el mayor número de familias (8 y 7, respectivamente) (Tabla 2). En estas quebradas, Leptophlebiidae (17%) es la familia más abundante, pero se encontró mayor equidad con otras familias de efemerópteros (Baetidae: 10%; Leptohyphidae: 14%), tricópteros (Leptoceridae: 8%; Hydropsychidae: 14%) y dípteros (Chironomidae: 10%). Contrario a lo observado en el PNN Gorgona, se observaron diferencias longitudinales a lo largo de las corrientes de agua, aparentemente relacionadas con el incremento del régimen de la sequía, el cual genera menores concentraciones de oxígeno disuelto (<5 mg/L) y mayores

temperaturas (26 °C), debido a una disminución de la velocidad de la corriente. La riqueza fue mayor en las partes medias y altas de las quebradas La Carolina y el río Capurganá, mientras que los tramos bajos de ambas y los tramos medios y bajo de la quebrada El Regalo, más propensa a la sequía por su menor caudal, presentó una riqueza menor y una composición de especies distinta (Contreras 2013). La ordenación de los rasgos biológicos de las familias de insectos encontrados mostró que las adaptaciones para las limitaciones de flujo superficial (p. e. glándula de limo, ganchos anales), los hábitos alimenticios, la movilidad y la sujeción al sustrato y el tipo de respiración, y menor grado el tamaño máximo del cuerpo y la forma del cuerpo son las variables que mejor se correlacionan con los patrones espaciales de la sequía de los cauces (Contreras 2012). Este estudio contribuyó a comprender el papel que tiene la sequía como presión selectiva y amplia la utilidad demostrada que tiene el uso de los rasgos biológicos para los estudios de bioindicación de la calidad del agua (Tomanova y Tedesco 2007).

Por otra parte, la exploración de las quebradas de la región mostró la presencia de varias especies diádromas. Se observó a *Agonostomus monticola* (Mugilidae), *Gobiomorus dormitor* (Eleotridae) y a *Awous* sp. y *Sicydium* sp. (Gobiidae). Este último es frecuente y abundante, y posiblemente tenga una importancia cultural ya que está representado en la iconografía de la región (Figura 4). También se observaron varias especies de camarones *Macrobrachium* (Palaemonidae). Durante el tiempo de observación y visitas anteriores y posteriores solamente se encontraron dos individuos del caracol diádromo *Neritina punctulata*, lo cual sugiere que el régimen de sequía en los tramos de la planicie costera de las que-

Tabla 2. Abundancia relativa de las familias de insectos acuáticos presentes en tres corrientes de agua de la serranía del Darién, bahía de Capurganá: quebrada El Regalo, río Capurganá y quebrada La Carolina. Modificado de Contreras (2012, 2013).

Orden	Familia	Abundancia relativa (%)
Hemiptera	Gelastocoridae	<1
	Gerridae	<1
	Naucoridae	<1
	Veliidae	<1
Coleoptera	Elmidae	<1
	Elmidae Larva	2,8
	Hydraenidae Adulto	<1
	Psephenidae	1,3
	Ptilodactylidae	<1
	Scirtidae	<1
	Staphylinidae Adulto	<1
	Staphylinidae larva	<1
Diptera	Ceratopogonidae	<1
	Chironomidae	9,5
	Culicidae pupa	<1
	Empididae	<1
	Simuliidae	2,6
	Tipulidae	<1
Megaloptera	Corydalidae	<1
Plecoptera	Perlidae	3,5
Trichoptera	Calamoceratidae	<1
	Glossosomatidae	<1
	Hydropsychidae	14,3
	Hydroptilidae	<1
	Leptoceridae	7,9
	Philopotamidae	4,4
Ephemeroptera	Polycentropodidae	<1
	Baetidae	10,2
	Caenidae	1,9
	Leptohyphidae	13,6
	Leptophlebiidae	16,9



J. F. Blanco

SERRANÍA DEL DARIÉN

Orden	Familia	Abundancia relativa (%)
Odonata	Calopterygidae	<1
	Coenagrionidae	1,1
	Gomphidae	<1
	Libellulidae	<1
	Megapodagrionidae	<1
	Perilestidae	<1
	Platysticidae	<1
	Pseudostigmatidae	<1
Lepidoptera	Crambidae	<1



Figura 4. a) *Sicydium* sp. (Gobiidae), pez diádromo común en las quebradas costeras de la serranía del Darién, en el fondo se observan algunos camarones *Macrobrachium* sp.; b) tronco de madera tallado representando un *Sicydium*. Fotos. C. Escobar-Sierra.

bradas es lo suficientemente severo impidiendo la colonización y supervivencia de esta especie completamente acuática. Esto es equivalente a lo que Blanco y Scatena (2006) observaron en los ríos de la zona seca del sur de Puerto Rico.

Uso de las especies y conservación de las especies

Los camarones y peces diádromos son pescados artesanalmente por los habitantes

de Capurganá como suplemento de la dieta, pero se desconoce la intensidad de esta actividad. También se desconoce el estado de conservación de las poblaciones de las mismas.

Amenazas

La principal amenaza para las quebradas y ríos de la vertiente costera de la serranía del Darién es la deforestación por actividades agropecuarias, las cuales no se limi-

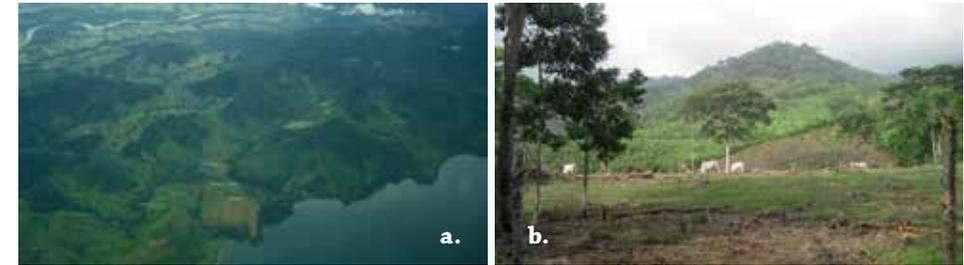


Figura 5. Evidencias de la actividad ganadera en las cuencas periféricas de la serranía del Darién. a) Cuencas periféricas (al frente) y valle del río Tanela (al fondo) al sur de la cabecera municipal de Acandí (Chocó), mostrando la extensión de la deforestación de las laderas que ha dejado solo algunos remanentes de bosque en el tope de las montañas; b) actividad ganadera en una planicie costera al sur del corregimiento de Capurganá. Fotos: J. F. Blanco (a), C. Escobar-Sierra (b).

tan a las planicies sino que también aprovechan las laderas (Figura 5). Debido a la erosión de las laderas y los bancos, algunas quebradas muestran signos de sedimentación y paso frecuente de ganado. También es común la extracción de material de arrastre de los lechos durante los periodos de sequía, lo cual disminuye la oferta de hábitat. En las cabeceras de las quebradas existen algunas bocatomas pero se desconoce el impacto puedan tener. Finalmente, en la parte baja de la quebrada La Carolina se vierten las aguas residuales de Capurganá sin ningún tratamiento.

Conclusiones y recomendaciones para la conservación

Las quebradas de la vertiente costera de la serranía del Darién son sistemas únicos dentro del Chocó biogeográfico debido a que experimentan sequías frecuentes lo cual es un rasgo menos predominante en la vertiente del Pacífico. Esta sequía es, aparentemente, un factor selectivo que determina las adaptaciones de los insectos acuáticos y la exclusión de grupos completamente acuáticos y de poca movilidad

como los moluscos. La fauna diádroma presenta afinidades con la del Pacífico (*A. monticola*) y con la del Caribe (*Gobiomorus dormitor*, *Awous* sp., *Sicydium* sp. y *Macrobrachium* spp). La extensa deforestación de las laderas de las montañas y las riberas requiere el control de la autoridad ambiental y la definición de un plan de manejo de las cuencas hidrográficas que incluya medidas de reforestación y tratamiento de las aguas residuales. Esto cobra importancia dado el régimen de sequía que experimentan las quebradas de la zona, las cuales abastecen acueductos veredales. Finalmente, es necesario estudiar la etnoecología de la fauna diádroma ya que aparentemente existe una pesca artesanal de la misma.

Bibliografía

- Álvarez-León, R. 1991. Peces colectados en el río Acandí (Chocó), Suroeste del Caribe Colombiano. *Caldasia* 16: 525-530.
- Blanco, J. F. y F. N. Scatena. 2006. Hierarchical contribution of river-ocean connectivity, water chemistry, hydraulics, and substrate the distribution of diadromous snails in Puerto Rican streams. *Journal of*

SERRANÍA DEL DARIÉN

- the North American Benthological Society* 25: 82-98.
- Camargo, C. y M. P. Rozo. 2003. Colombian Darien Ephemeroptera. Pp. 291-292. *En*: E. Gaino (Ed.). Research update on Ephemeroptera and Plecoptera. University of Perugia. Perugia. Italia.
 - Contreras, E. 2012. Rasgos biológicos de los insectos acuáticos como respuesta a la perturbación natural por sequía en los ríos y quebradas de la ecoregión Capurganá, Chocó Biogeográfico, Municipio de Acandí. Trabajo de pre-grado. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. Cd rom.
 - Contreras, E. 2013. Diversidad de entomofauna acuática en tres ríos de la Ecoregión Darién, Choco biogeográfico (Colombia). *Dugesiana* 20: 243-250.
 - Haffer, J. 1970. Geologic-climatic history and zoogeographic significance of the Urbá region in Northwestern Colombia. *Caldasia* 10: 604-636.
 - Maldonado-Ocampo, J. A., J. S. Usma, F. A. Villa-Navarro, A. Ortega-Lara, S. Prada-Pedreras, L. F. Jiménez, U. Jaramillo-Villa, A. Arango, T. Rivas y G. C. Sánchez. 2012. Peces dulceacuícolas del Chocó Biogeográfico de Colombia. WWF Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Universidad del Tolima, Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D. C., Colombia. 400 pp.
 - Mena-Moreno, N. 2010. Estado ecológico de un sistema fluvial tropical costero: río Capurganá (Darién colombiano). Trabajo de pre-grado. Corporación Académica Ambiental. Universidad de Antioquia. Turbo, Colombia. Cd rom.
 - Tomanova, S. y P. A. Tedesco. 2007. Tamaño corporal, tolerancia ecológica y potencial de bioindicación de la calidad del agua de *Anacroneuria* spp (Plecoptera: Perlidae) en América del Sur. *Revista de Biología Tropical* 55: 67-81.
 - Tomanova, S. y P. Usseglio-Polatera. 2007. Patterns of benthic community traits in neotropical streams: relationship to mesoscale spatial variability. *Fundamental and Applied Limnology/Archiv für Hydrobiologie* 170: 243-255.

K. González-O.



8.4 SERRANÍA DE SAN JACINTO

Juan Felipe Blanco-Libreros y Camilo Escobar-Sierra

Resumen

Los arroyos marcadamente estacionales del bioma del bosque seco del golfo de Morrosquillo, en el piedemonte de la serranía de San Jacinto, han tenido una larga historia de uso agropecuario, sin embargo, una exploración reciente de su ictiofauna ha demostrado que presentan una riqueza relativamente alta y una prevalencia de especies adaptadas a la sequía. Se encontraron 17 especies en los tramos más interinos y 24 en los más cercanos al mar, siendo dominados por Characiformes, Perciformes y Cyprinodontiformes. *Astyanax fasciatus*, *Andinoacara latifrons* y *Cyphocharax magdalena* fueron las especies más abundantes. Solamente se encontraron algunos camarones palaemónidos (*Macrobrachium* spp) cerca de la desembocadura de los arroyos, pero fue notable la ausencia de peces diádromos. La riqueza de especies estuvo correlacionada con el porcentaje de cobertura boscosa en los sitios de estudio además de la permanencia del caudal inferida mediante el ancho del cauce húmedo y la profundidad. Las principales amenazas para la ictiofauna son la deforestación, la interceptación de la escorrentía superficial y

otras actividades que comprometen la integridad ecológica de los cauces.

Introducción

La planicie costera del golfo de Morrosquillo es atravesada por varios arroyos que nacen en la serranía de San Jacinto (también llamada Montes de María), los cuales han permanecido sin explorar por parte de limnólogos e ictiólogos posiblemente por la presunción de que son sistemas altamente degradados debido a la hegemonía de la actividad ganadera durante más de 100 años (García *et al.* 2014). Sin embargo, estos arroyos han permanecido con poca intervención humana en sus cabeceras debido a la prevalencia del conflicto armado que ha evitado la deforestación, lo cual supone que su hidrología permanezca poco alterada. Por otra parte, muchos arroyos aun presentan corredores ribereños dominados por árboles de gran porte, lo cual sugiere que largos segmentos aun guardan características naturales. Finalmente, teniendo en cuenta que esta región corresponde a la zona de vida de bosque seco tropical, sus arroyos ofrecen una oportunidad única para el estudio del



L. García-Melo

SERRANÍA DE SAN JACINTO

efecto ecológico de la sequía sobre las comunidades y procesos ecosistémicos acuáticos. También es importante resaltar que dado el reciente auge de las iniciativas de conservación del bosque seco primario, restauración del secundario y la rehabilitación de las sabanas antropogénicas (Vargas y Ramírez 2014), es necesario realizar estudios de línea base que permitan determinar: a) el grado de impacto de las actividades agropecuarias sobre los arroyos y sus zonas ribereñas y b) las condiciones de referencia para las iniciativas de restauración. A continuación se presentan algunos resultados de un estudio en curso que busca cumplir con dichos objetivos en la jurisdicción de los municipios de San Onofre y Toluvié en el norte de Sucre.

Área de estudio

Este estudio se está llevando a cabo en el área rural de los municipios de Toluvié y San Onofre, ubicados al norte del departamento de Sucre, en varias redes de drenaje

de caudal intermitente y permanente que fluyen hacia el golfo de Morrosquillo o hacia la ciénaga de María La Baja (Figura 1) desde la serranía de San Jacinto, la cual es un sistema costero de baja elevación (300 m s.n.m.). Estas redes cruzan las Sabanas de Mucacal, la planicie aluvial no inundada, y piedemontes de baja pendiente, dominados por sedimentos areno-arcillosos. Una capa gruesa y profunda de arcilla retiene el flujo subsuperficial, pero también aísla el flujo superficial de las aguas subterráneas en el lecho de roca kárstica del Acuífero de Morrosquillo.

El balance negativo de agua superficial promueve regímenes de caudal intermitente o marcadamente estacionales en la mayoría de los arroyos y quebradas. Muchos cursos de agua efímeros también se extienden sobre el relieve suave durante las lluvias fuertes y tormentas de la temporada de lluvias. Sin embargo, dado que la red de medición de caudal en la región

es deficiente, las hidrógrafas sólo están disponibles para algunos arroyos permanentes y ríos en la parte norte del departamento. La precipitación es unimodal y marcadamente estacional (época seca: de noviembre a abril: $<40 \text{ mm mes}^{-1}$; temporada de lluvias: de mayo a octubre: $>120 \text{ mm mes}^{-1}$) en toda la región de Toluvié y San Onofre. Sin embargo, condiciones de transición son observadas en abril y noviembre ($60 \text{ a } 80 \text{ mm mes}^{-1}$). Aunque la zona de vida original corresponde a bosques secos o estacionalmente secos pero inundables, la mayor parte de la superficie boscosa original ha sido convertida en pastos, cultivos y matorrales secundarios desde hace por lo menos 100 años, principalmente si se tiene en cuenta que Toluvié fue fundada en 1534 y San Onofre en 1774. La transformación del paisaje en las sabanas y serranías se clasifica como alta debido a las actividades productivas y por lo tanto la deforestación es un problema importante en ambas subunidades del paisaje. Desde 2012 se han venido realizando inventarios de ictiofauna y vegetación ribereña, y pronto se iniciarán inventarios de macroinvertebrados acuáticos y análisis paisajísticos con sensores remotos para comprender los efectos de las alteraciones de la cobertura vegetal y la hidrología superficial alrededor de los arroyos sobre las comunidades acuáticas y ribereñas.

Un estudio preliminar sobre los factores que determinan la distribución espacial de los peces y camarones se realizó en el periodo de aguas altas, pero de disminución de las lluvias (octubre-noviembre) de 2012 (Escobar-Sierra 2013). En una primera zona se escogieron 15 arroyos estacionales en la planicie costera (Figura 1), con 15 puntos de muestreo en las intersecciones con la carretera, mientras que en una segunda zona se escogieron cinco

arroyos estacionales costeros con desembocadura en el golfo de Morrosquillo (Figura 1), en los que se escogieron 16 puntos. Se emplearon varias jaulas cilíndricas de malla metálica con cebos, dejadas toda la noche, para capturar a los peces y camarones. Durante la mañana siguiente se recogieron las trampas y se hicieron pescas adicionales con atarraya. Considerando que una aproximación paisajística es fundamental para cualquier esfuerzo posterior de conservación de la ictiofauna (Angermeier y Winston 1999, Fausch *et al.* 2002), se cuantificó el porcentaje de cobertura de bosque (arbolados), potreros y cultivos, y área impermeable (viviendas y carreteras) utilizando imágenes de satélite y un sistema de información geográfica, se realizaron descripciones rápidas de las condiciones ambientales, se midieron características geomorfológicas de los cauces y parámetros físico-químicos de las aguas. Se estandarizó que la longitud total de muestreo correspondiera a 20 veces el ancho medio del canal húmedo que fuese representativo de las condiciones del hábitat por varios cientos de metros, tanto río abajo como arriba (Escobar-Sierra 2013).

Resultados y discusión

De acuerdo con Escobar-Sierra (2013), en la Zona 1 (tramos internos) se colectaron 17 especies (Tabla 1) y los taxa más abundantes fueron Characiformes, Perciformes y Cyprinodontiformes. La familia Characidae contó con más del 50% de las especies seguido de Cichlidae y Poeciliidae. A nivel de especies, *Astyanax fasciatus* fue la más abundante seguida de *Andinoacara latifrons* y *Poecilia caucana* (Figura 2). En la Zona 2 (tramos costeros) se colectaron 24 especies (Tabla 2) y los taxa más abundantes fueron Characiformes y Perciformes. Como en la Zona 1, la familia Characidae fue la más abundante (39,4%), pero se

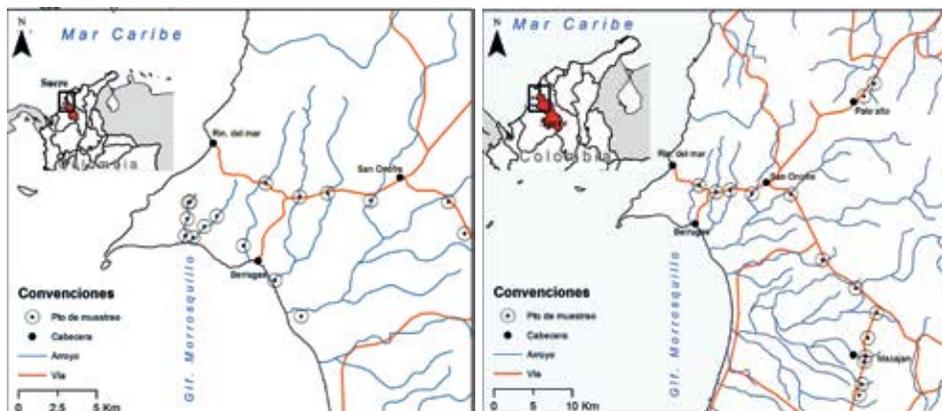


Figura 1. Izquierda. Zona 1: tramos interiores intersectados por la vía principal Toluvié-Cartagena donde solo se encontraron peces. Derecha. Zona 2: tramos costeros de arroyos con desembocadura directa al norte del golfo de Morrosquillo donde se encontraron peces y camarones. Elaboración: C. Escobar-Sierra.

SERRANÍA DE SAN JACINTO



L. García-Melo

Tabla 1. Abundancia relativa en los diferentes niveles taxonómicos de los peces colectados en la zona 1 o tramos internos. La abundancia esta expresada como porcentaje (modificado de Escobar-Sierra 2013).

Orden (Abund. %)	Familia (Abund. %)	Especie	Abund. (%)	
Characiformes (57,99)	Characidae (50,13)	<i>Astyanax fasciatus</i> (Cuvier 1819)	30,6	
		<i>Astyanax magdaleneae</i> (Eigenmann y Henn 1916)	5,36	
		<i>Gephyrocharax melanocheir</i> (Eigenmann 1912)	3,46	
		<i>Roeboides dayi</i> (Steindachner 1878)	10,72	
	Ctenoluciidae (0,17)	<i>Ctenolucius hujeta</i> (Valenciennes 1850)	0,17	
	Curimatidae (6,4)	<i>Cyphocharax magdaleneae</i> (Steindachner 1878)	6,4	
Erythrinidae (0,61)	<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch 1794)		0,61	
			0,69	
Gasteropelecidae (0,69)	<i>Gasteropelecus maculatus</i> (Steindachner 1879)	0,69		
Cyprinodontiformes (13,31)	Poeciliidae (13,31)	<i>Poecilia caucana</i> (Steindachner 1880)	13,31	
Elopiformes (0,52)	Megalopidae (0,52)	<i>Megalops atlanticus</i> (Valenciennes 1847)	0,52	
Perciformes (20,14)	Cichlidae (20,14)	<i>Andinoacara latifrons</i> (Steindachner 1878)	16,77	
		<i>Caquetaia kraussii</i> (Steindachner 1878)	3,37	
Siluriformes (8,04)	Aspredinidae (0,35)	<i>Xyliphius magdaleneae</i> Eigenmann 1912	0,35	
		<i>Pimelodella chagresi</i> (Steindachner 1877)	3,11	
	Heptapteridae (3,72)	<i>Rhamdia quelen</i> (Quoy y Gaimard 1824)	0,61	
		<i>Hypostomus hondae</i> (Regan 1912)	1,04	
		Loricariidae (2,85)	<i>Sturisomatichthys leightoni</i> (Regan 1912)	1,82

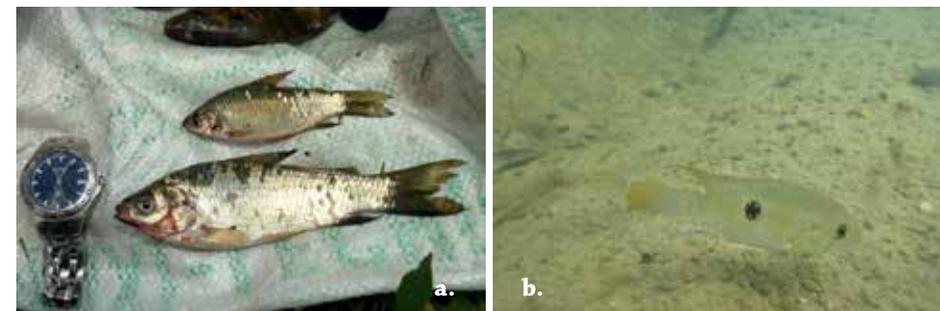


Figura 2. Peces dominantes en los arroyos que drenan la serranía de San Jacinto. a) *Cyphocharax magdaleneae* capturados durante la pesca de cuaresma, b) *Andinoacara latifrons* en su medio natural. Fotos: J. F. Blanco (a), C. Escobar-Sierra (b).

Tabla 2. Abundancia relativa en los diferentes niveles taxonómicos de los peces colectados en la zona 2 o tramos costeros. La abundancia esta expresada como porcentaje (modificado de Escobar-Sierra 2013).

Orden (Abund.%)	Familia (Abund. %)	Especie	Abund. (%)	
Characiformes (63,44)	Characidae (39,43)	<i>Astyanax fasciatus</i> (Cuvier 1819)	17,38	
		<i>Astyanax magdaleneae</i> (Eigenmann y Henn 1916)	5,36	
		<i>Gephyrocharax melanocheir</i> (Eigenmann 1912)	0,36	
		<i>Roeboides dayi</i> (Steindachner 1878)	15,05	
	Curimatidae (23,48)	<i>Cyphocharax magdaleneae</i> (Steindachner 1878)		23,48
			<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch 1794)	0,54
Clupeiformes (1,43)	Engraulidae (1,43)	<i>Anchovia clupeoides</i> (Swainson 1839)	1,43	
Cyprinodontiformes (5,56)	Poeciliidae (5,56)	<i>Poecilia caucana</i> (Steindachner 1880)	5,56	
		Elopidae (0,18)	<i>Elops saurus</i> (Linnaeus 1766)	
Megalopidae (1,08)	<i>Megalops atlanticus</i> (Valenciennes 1847)			
		Perciformes (18,64)	Centropomidae (0,90)	<i>Centropomus undecimalis</i> (Bloch 1792)
Cichlidae (8,24)	<i>Andinoacara latifrons</i> (Steindachner 1878)			8,24
	<i>Caquetaia kraussii</i> (Steindachner 1878)		5,20	

SERRANÍA DE SAN JACINTO



L. García-Melo

Tabla 2. Continuación.

Orden (Abund.%)	Familia (Abund. %)	Especie	Abund. (%)
Perciformes	Eleotridae (7,89)	<i>Dormitator maculatus</i> (Bloch 1792)	7,89
	Gerreidae (1,08)	<i>Diapterus rhombeus</i> (Cuvier 1829)	1,08
	Gobiidae (0,54)	Sp1	0,54
Pleuronectiformes (0,54)	Achiridae (0,54)	<i>Achirus achirus</i> (Linnaeus 1758)	0,54
Siluriformes (9,14)	Ariidae (0,90)	<i>Ariopsis</i> sp.	0,90
	Callichthyidae (2,33)	<i>Hoplosternum magdalenae</i> (Eigenmann 1913)	2,33
	Heptapteridae (3,23)	<i>Pimelodella chagresi</i> (Steindachner 1877)	2,51
		<i>Rhamdia quelen</i> (Quoy y Gaimard 1824)	0,72
	Loricariidae (2,69)	<i>Hypostomus hondae</i> (Regan 1912)	0,36
		<i>Sturisomatichthys leightoni</i> (Regan 1912)	2,33

guida de Curimatidae. A nivel de especies *Cyphocharax magdalenae* fue la más abundante, seguida de *Astyanax fasciatus*. En ninguna de las dos zonas se encontraron peces diádromos, pero en la segunda si se presentaron algunos camarones palaemonidos, principalmente *Macrobrachium acanthurus*, *M. olfersii* y *M. carcinus* (Figura 3). Este patrón de composición de especies es difícil de comparar en el contexto del Caribe colombiano, ya que no existen datos publicados para sistemas lóticos de ordenes similares. Los ríos costeros en planicies costeras del Caribe Colombiano que han sido estudiados, son sistemas mayores, con longitudes en el orden de los cientos de kilómetros, gran cantidad de afluentes y grandes sistemas estuarinos. Estos sistemas cuentan con una riqueza de especies muy superior, a la del área de estudio, como por ejemplo el río Ranchería (67 especies; Mojica *et al.* 2006), el río San

Juan (38 especies; Agudelo-Zamora *et al.* 2010) y el río León (40 especies; Román-Valencia y Acero 1992).

En la Zona 1 (tramos interiores), la cobertura de bosque alrededor del tramo de muestreo, el ancho del cauce húmedo y altura de la banca fueron las variables que mejor explican los cambios entre arroyos de composición de la ictiofauna. *Andinoacara latifrons* y *Poecilia caucana* presentaron una fuerte asociación a estas condiciones de intervención antrópica en la ordenación. En la Zona 2 (tramos costeros), la distancia al mar y la salinidad, la profundidad de agua y el porcentaje de área impermeable fueron las variables que mejor ayudaron a explicar la variabilidad espacial.

Finalmente, aunque los arroyos de la serranía de San Jacinto poseen características físicas e hidrológicas similares a



Figura 3. Camarón palaemonido *Macrobrachium carcinus*, típico de los arroyos costeros de la serranía de San Jacinto. Foto: C. Escobar-Sierra.

sistemas costeros como los del Chocó Biogeográfico, Centro América, y las Antillas, desembocando en el mar siendo aún sistemas de primer a cuarto orden, con distancias cortas desde sus cabeceras hasta las desembocaduras, pero presentan una baja afinidad ictiológica con dichos sistemas. El análisis de similitud mostró que los arroyos de la serranía de San Jacinto tienen una composición a nivel de familia más cercana a la de ríos que drenan de otras serranías costeras en el Caribe colombiano, como son los ríos León y San Juan, ambos en la Serranía del Abibe, y el Ranchería, en la Sierra Nevada de Santa Marta, debido a la presencia de familias dulceacuícolas, pero dicha similitud se aproxima solamente al 60%. Sin embargo, ante la ausencia de peces diádromos se diferenció de los sistemas costeros e insulares del Caribe. Este estudio sugiere que la sequía es una barrera ecológica importante que impide la colonización de los arroyos costeros por parte de la fauna diádroma, aunque para someter a prueba esta hipótesis, será ne-

cesario un muestreo exhaustivo de los tramos de cabecera ubicados en la serranía de San Jacinto.

Este estudio demostró la utilidad de la aproximación paisajística para comprender los factores que determinan la distribución de la ictiofauna, tal como se ha hecho en otros paisajes costeros e insulares del Caribe, y ha confirmado la importancia de la cobertura boscosa para estas comunidades (Fievet *et al.* 2001, Hein *et al.* 2011, Lorion *et al.* 2011).

Uso de las especies y conservación de las especies

Las especies de peces y camarones dulceacuícolas son usadas de manera esporádica durante la pesca de cuaresma y la pesca recreativa de niños y jóvenes. No se tienen datos sobre el estado de conservación de ninguna de las especies, sin embargo los pimelódidos tienen su distribución limitada a los arroyos de mayor cauce húmedo y cobertura de bosque.

SERRANÍA DE SAN JACINTO



L. García-Melo

Amenazas

Las principales amenazas para la comunidad de peces y camarones de los arroyos del área de estudio, son la deforestación de las riberas y la intercepción de los caudales superficiales (Figura 4). La deforestación de las riberas además del incremento inmediato de la temperatura y la reducción del oxígeno, causa en el largo plazo, un aumento de la erosión de los bancos y la colmatación de los lechos, particularmente de las piscinas que sirven de refugio durante las sequías. Por su parte, la intercepción de caudales mediante la construcción de estanques contribuye a la desecación total o parcial de largos tramos de los arroyos durante tiempos prolongados, agravando el estrés por la sequía natural. Otras amenazas son la extracción de material de arrastre, las canalizaciones y



Figura 4. Amenazas sobre los arroyos relacionadas con la actividad ganadera en el municipio de San Onofre (Sucre). Se observan las riberas desprovistas de vegetación y un cauce rectificado que es utilizado como reservorio de agua para el ganado durante el periodo de sequía. Foto: J. F. Blanco.

rectificaciones de cauces, y los vertimientos de aguas residuales y basuras.

Conclusiones y recomendaciones para conservación

Los arroyos del piedemonte de la serranía de San Jacinto han mostrado una ictiofauna relativamente rica, a pesar del estrés por sequía al que están sometidos y la severa intervención humana sobre las riberas y los recursos hídricos. La cobertura de bosque, la amplitud del cauce húmedo y la profundidad son las principales características que influyen sobre la riqueza de la ictiofauna y por lo tanto podrían ser buenos indicadores de la integridad ecológica potencial a utilizar como referente en los proyectos futuros de restauración de arroyos del bosque seco. Con excepción de los camarones palaemónidos

presentes en los segmentos más cercanos al mar, es generalizada la ausencia de especies diádromas en los tramos interiores estudiados, siendo dominantes los caraciformes *Cyphocharax magdalenae* y *Astyanax fasciatus*, ambas especies abundantes e icónicas de las quebradas de bajo orden de la vertiente del río Magdalena-Cauca. Los planes de restauración deben procurar por el establecimiento de corredores ribereños que contribuyan a la reducción de la temperatura del agua y la reducción de la colmatación de los tramos impactados. Dada la ausencia de especies diádromas en los tramos interiores, se hipotetiza que la sequía prolongada es una barrera ecológica para dichas especies. Urge el diseño de planes de ordenamiento territorial de los municipios y de las cuencas hidrográficas para resolver los conflictos de uso y definir las áreas a restaurar.

Bibliografía

- Agudelo-Zamora, H. D., J. G. Ospina-Pabón y L. F. Jiménez-Segura. 2010. Peces del río San Juan de Urabá, costa Caribe, Colombia, Sur América. *Boletín científico centro de museos, Museo de historia natural* 14: 129-138.
- Angermeier, P. L. y M. R. Winston. 1999. Characterizing fish community diversity across Virginia landscapes: prerequisite for conservation. *Ecological Applications* 9: 335-349.
- Escobar-Sierra, C. 2013. Controles multiescalares sobre los patrones de distribución longitudinal de camarones y peces en quebradas del bosque seco tropical (San Onofre, Sucre, Colombia). Tesis de pre-grado. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. CD-rom.
- Fausch, K. D., E. C. Torgersen, V. C. Baxter y H. W. Li. 2002. Landscapes to riverscapes: Bridging the gap between research and conservation of stream fishes. *BioScience* 52: 483-498.
- Fievet, E., S. Doledec y P. Lim. 2001. Distribution of migratory fishes and shrimps along multivariate gradients in tropical island streams. *Journal of Fish Biology* 59: 390-402.
- García, H., G. Corzo, P. Isaacs y A. Etter. 2014. Distribución y estado actual de los remanentes del bioma de bosque seco tropical en Colombia: insumos para su gestión. Pp. 229-251. En: Pizano C. y H. García (Eds.). *El bosque seco tropical en Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D.C., Colombia.
- Hein, C. L., A. S. Pike, J. F. Blanco, A. P. Covich, F. N. Scatena, C. P. Hawkins y T. A. Crowl. 2011. Effects of coupled natural and anthropogenic factors on the community structure of diadromous fish and shrimp species in tropical island streams. *Freshwater Biology* 56: 1002-1015.
- Lorion, C. M., B. P. Kennedy y H. B. Jeffrey. 2011. Altitudinal gradients in stream fish diversity and the prevalence of diadromy in the Sixaola River basin, Costa Rica. *Environmental Biology of Fishes* 91: 487-499.
- Mojica, J., C. Castellanos, P. Sánchez-Duarte y C. Díaz. 2006. Peces de la cuenca del río Ranchería, La Guajira, Colombia. *Biota Colombiana* 7 (1): 129-142.
- Román-Valencia, C. y A. Acero. 1992. Notas sobre las comunidades de peces del norte de Antioquia (Colombia). *Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta Betín* 21: 117-125.
- Vargas, W. y W. Ramírez. 2014. Lineamientos generales para la restauración del bosque seco tropical en Colombia. Pp. 253-291. En: Pizano C. y H. García (Eds.). *El bosque seco tropical en Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D.C., Colombia.



8.5 PECES DE LAS AGUAS INTERIORES DEL ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA, COLOMBIA: diversidad, amenazas y recomendaciones para su conservación

Carlos A. Lasso, Francisco A. Villa-Navarro, Arturo Acero-P., Paula Sánchez-Duarte, Mónica A. Morales-Betancourt y Nacor Bolaños

Resumen

El Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina se encuentra en el extremo jurisdiccional de Colombia en el mar Caribe Centro-Occidental. Incluye tres pequeñas islas oceánicas (San Andrés: 27 km², Providencia: 18 km² y Santa Catalina: 1 km²) de origen volcánico. Se estudió la ictiofauna dulceacuícola y estuarina asociada a los arroyos y otros cuerpos de agua, y se evaluó el impacto antrópico sobre dichas comunidades y ambientes, en particular sobre dos especies de molly o poecílicos del Archipiélago actualmente en riesgo de extinción: *Gambusia aestiputius* Fowler 1950 (VU B1a-ii, iii) y *Poecilia "vetiprovidentiae"* Fowler 1950 (no evaluada oficialmente pero con las mismas amenazas de la especie anterior). Se identificaron 19 especies, agrupadas en siete órdenes y 12 familias: Providencia (16 sp.), San Andrés (11 sp.) y Santa Catalina (1 sp.). Del total mencionado, 17 especies fueron autóctonas, donde destaca en la isla de Providencia además de los mollies o poecílicos arriba mencionados, por su im-

portancia ecológica y socio-cultural, la anguila americana (*Anguilla rostrata*). Se detectó también la presencia de dos especies de cíclidos introducidas en San Andrés: una especie exótica, la tilapia (*Oreochromis niloticus*) y otra trasplantada, la mojarra amarilla, proveniente del continente (*Caquetaia kraussii*). El índice de intervención antrópica (IIA) mostró un estado alarmante en la conservación de los cuerpos de agua del Archipiélago, con amenazas muy importantes especialmente hacia las desembocaduras asociadas a la contaminación, desarrollo de infraestructuras y deforestación.

Introducción

El Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina es bien conocido por la riqueza natural marina en el contexto del mar Caribe, pero es poco o prácticamente nada, lo que se conoce sobre la biodiversidad acuática asociada a los arroyos o "gullies" (término local o raizal) temporales de las islas. Si bien su red hidrográfica es muy reducida, cuenta con varios arro-

ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA

yos temporales y otros cuerpos de agua artificiales, que albergan una biodiversidad acuática sometida a una amenaza constante. Los camarones de agua dulce, abundantes en Providencia, pero ausentes en San Andrés y Santa Catalina, son objeto de estudio detallado en el Capítulo 4 (Campos *et al.* 2015) y otros macroinvertebrados -especialmente insectos-, en el Capítulo 5 (Longo *et al.* 2015), pero los peces habitantes de estos cuerpos de agua no habían sido objeto de estudio salvo algunas referencias puntuales a *Gambusia aestiputeus* (Acero *et al.* 2002). Por estas razones, los objetivos de este estudio fueron conocer la composición de la ictiofauna dulceacuícola y estuarina asociada a estos pequeños cursos de agua, así como evaluar el impacto antrópico sobre dichas comunidades y ambientes, en particular sobre las dos especies de mollies o poecílidos del Archipiélago, actualmente en riesgo de extinción: *Gambusia aestiputeus* Fowler 1950 (VU B1a-ii, iii) y *Poecilia "vetiprovidentiae"* Fowler 1950 (por evaluar).

Material y métodos

Área de estudio

El Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina se encuentra en el extremo jurisdiccional de Colombia en el mar Caribe Centro-Occidental e incluye tres pequeñas islas oceánicas de origen volcánico (San Andrés, Providencia y Santa Catalina), atolones y bancos coralinos alineados en dirección noreste y paralelos a la elevación de Nicaragua.

San Andrés está localizada entre los 12° 28' 58" y 12° 35' 55" de latitud norte y los 72° 29' 47" y 81° 44' 19" de longitud oeste. Tiene 13 km de largo por 3 km de ancho y una extensión de 25 km². La isla de Providencia se encuentra entre los 13° 19' 23" y 13° 23' 50" de latitud norte y los 81° 21'

08" y 81° 23' 58" de longitud oeste, y está ubicada a 90 km al noreste de San Andrés. Tiene 7 km de largo por 4 km en su parte más ancha. El área de la isla es de 19 km². La isla de Santa Catalina está al norte de la isla de Providencia y se separa de ésta por el canal Aury de 150 m de ancho. Su posición geográfica es de 13° 23" de latitud norte y 81° 22' de longitud oeste.

Por su localización en la zona de convergencia intertropical (ZCIT), el archipiélago se caracteriza por temperaturas elevadas y la influencia de los vientos Alisios del NE. Las temperaturas máximas medias se presentan en los meses de mayo a junio y las mínimas medias en febrero, teniendo como temperatura media anual 26.7°C. Respecto a la precipitación, la influencia de los vientos alisios, que soplan del noreste, determina en parte las épocas lluviosas que comienzan en el mes de mayo y alcanzan su máximo en los meses de octubre y noviembre, prolongándose hasta diciembre. Durante estos meses se registra el 80% de la lluvia anual, que en promedio es de 1.912 mm/año. La evaporación en el archipiélago varía entre los 70 y los 160 mm durante el año con los valores mayores en marzo y abril. En general se presenta un excedente hídrico en el período comprendido entre mayo y diciembre, con un déficit en los meses de enero, febrero y marzo (López-Rodríguez *et al.* 2009).

El relieve de la isla de San Andrés está formado por una cadena de colinas que se extienden a lo largo de ésta en su parte central, bordeada por una morfología plana de plataforma arrecifal emergida. Estas colinas constituyen un sistema montañoso longitudinal que se inicia al NE y se prolongan hacia el sur, alcanzando alturas máximas de 109 m, siendo los puntos más altos de la isla May Hill, Lever Hill o Pussy Hill y Wright Hill (IGAC 1996). Providen-

cia es de relieve montañoso, con elevaciones de hasta de 350 m s.n.m. en High Pick y algo menores en Marshall Hill, Split Hill y Manzanillo Hill. Santa Catalina, separada de la anterior por un canal de 150 m de ancho, es relativamente quebrada y su altura máxima es de 133 m s.n.m. (Posada y Guzmán 2007).

Muestreos

Se muestrearon 23 estaciones, 16 en la isla de Providencia, seis en San Andrés y una en Santa Catalina, entre el 2 y el 6 de agosto 2011 (Tabla 1) (Figura 1), que fueron muestreadas nuevamente en noviembre 2013. Las estaciones representaban dife-

rentes tipos de ecosistemas como pequeños ríos, quebradas o arroyos temporales y/o permanentes (gully o gullies como son conocidos localmente), así como algunos cuerpos de agua dulce artificiales (embalses, represas, depósitos de agua, etc.) (Figuras 2, 3). Para cada estación se anotaron las coordenadas geográficas, registro fotográfico y algunos parámetros fisicoquímicos básicos: temperatura, oxígeno disuelto, pH y salinidad.

Para la colecta de peces se usaron diferentes redes de mano y playa, así como un equipo de electropesca portátil; se hicieron también observaciones subacuáticas



O. M. Lasso-A.

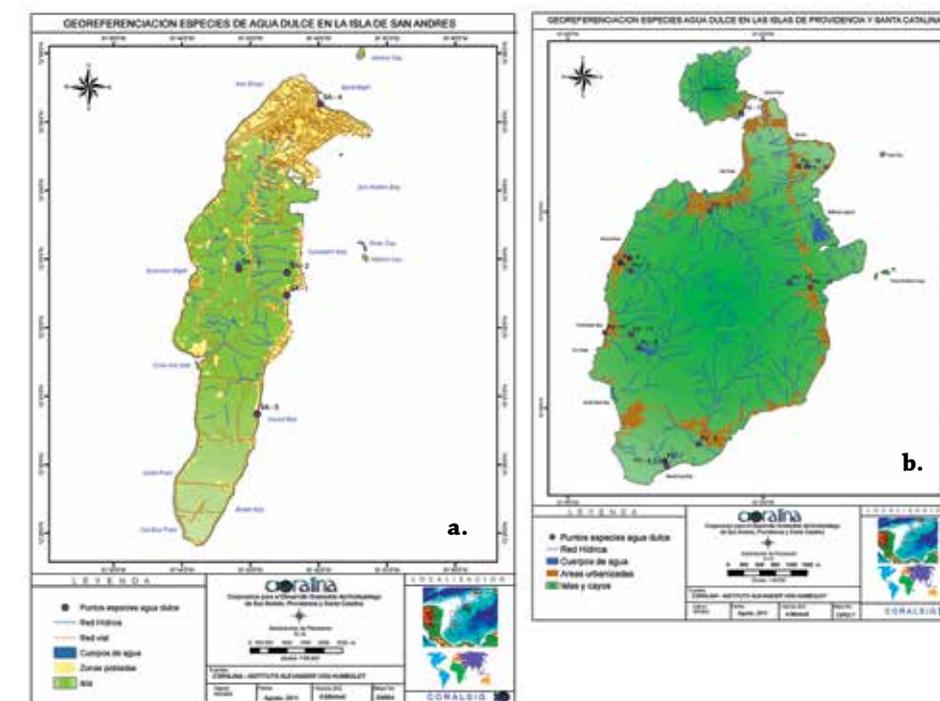


Figura 1. Mapa del Archipiélago de San Andrés (a) y Providencia (b), indicando las estaciones de muestreo.

ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA



O. M. Lasso-A.

que permitieron tomar datos sobre la distribución de las especies (Figura 4).

Para evaluar el impacto sobre las comunidades acuáticas, se aplicó el índice de intervención antrópica; IIA= A+B+C+D+E+F+G que considera las siguientes variables:

- A) Presencia de ganado (marraneras)
- B) Vías de acceso
- C) Centros poblados
- D) Uso turístico (baños, extracción de agua, etc.)
- E) Vertimiento de aguas negras
- F) Basura

G) Presencia de diques-represas

A cada variable se le asignó un valor entre 0 y 3:

0 = Ausente

1 = Presente en baja proporción

2 = Presente en media proporción

3 = Presente el alta proporción

El IIA es la sumatoria de las siete variables, siendo la estación de muestreo más intervenida la que obtiene un valor mayor. El índice varía entonces entre 0 y 21. Este índice es de fácil aplicación en campo y permite tener una visión y comparación de



Figura 2. Ecosistemas representativos de los sitios de muestreo: a) Laguna Big Pond, isla San Andrés; b) manglar sector San Luis, Isla San Andrés; c) Gamadith Gully, isla Providencia; d) Salt Creek, parte alta, isla Providencia. Fotos: C. A. Lasso.

Tabla 1. Estaciones de muestreo con su información fisicoquímica.

Código	Nombre	Coordenadas	Salinidad (ppm)	Oxígeno disuelto (mg/l)	pH	Temperatura (°C)
PV - 1	Salt Creek, Lazy Hill, isla Providencia	13° 21' 31,5" N	24	4,6	7,4	33,2
		0,81° 23' 22,2" W				
PV - 2	Salt Creek, Lazy Hill, isla Providencia	13° 21' 23,9" N	0	3,8	6,8	28,6
		081° 23' 21,5 " W				
PV - 3	Salt Creek, Lazy Hill, isla Providencia	13° 21' 29" N	0	1,78	5,7	28,1
		81° 23' 27,7" W				
PV - 4	Gamadith Gully, Bottom House, Manzanillo, isla Providencia	13° 19' 24,6" N	20,9	1,13	7,3	28,4
		81° 22' 59,2" W				
PV - 5	Gamadith Gully, Bottom House, Manzanillo, isla Providencia	13° 19' 24,6" N	21,9	5,4	7,2	29,4
		81° 22' 59,2" W				
PV - 6	Gamadith Gully, Bottom House, Manzanillo, isla Providencia	13° 19' 24,6" N	21,4	1,05	7,2	29,3
		81° 22' 59,2" W				
PV - 7	Pozas arriba del Gamadith Gully, Bottom House, Manzanillo, isla Providencia	13° 19' 27,4" N	2,8	5,6	6,7	28
		81° 23' 00,6" W				
PV - 8	Puente del Gamadith Gully, Bottom House, Manzanillo, isla Providencia	13° 19' 37,9" N	0,2	6,4	6,8	27
		81° 22' 39,9" W				
PV - 9	Represa Freshwater, isla Providencia	13° 20' 36,7" N	0	9,3	9	35,1
		81° 23' 16,7" W				
PV - 10	Creek que sale de la represa Freshwater (cola de la represa), isla Providencia	13° 20' 45,0" N	0	4,1	6,3	28,2
		81° 23' 21,3" W				
PV - 11	Freshwater Bay, boca en el mar, isla Providencia	13° 20' 46,0" N	0,3	4,65	7	30
		81° 23' 37,3" W				
PV - 12	Bowden, Old Town, isla Providencia	13° 22' 0,62" N	0,5	5,6	8,7	34,7
		81° 22' 32,8" W				
PV - 13	Bailey Spring, isla Providencia	13° 21,273' N	0,5	1,21	6,2	27,4
		81° 21,729" W				
PV - 14	Cisterna casa Patsy Archbold, isla Providencia	13° 21' 13,7" N	0	1,3	8,8	29,2
		81° 21' 31,3" W				
PV - 15	Charco en Maracaibo-Big Well Mc Bean, isla Providencia	13° 22' 28,0" N	0	0,6	6,3	28,5
		81° 21' 33,3" W				
PV - 16	Maracaibo, King Crab, cerca a Box Colber/ Mc Bean, isla Providencia	13° 22' 27,8" N	0,5	1,6	7,7	30
		81° 21' 38,1" W				
PV - 17	isla Santa Catalina Sur, Lovers Lane	13° 23' 00,3" N	39,3	1,36	7,7	30
		81° 22' 13,3" W				
SA - 1	Canal drenaje, San Luis (tienda La Parada del Capitán), frente a Rocky Cay, isla San Andrés	12° 32,471' N	7,3	0,35	7,4	28,8
		81° 42,465' W				

ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA



O. M. Lasso-A.

Tabla 1. Continuación.

Código	Nombre	Coordenadas	Salinidad (ppm)	Oxígeno disuelto (mg/l)	pH	Temperatura (°C)
SA - 2	Caño de manglar, San Luis (Casa de Los Bellos), isla San Andrés	12° 32,801' N	6,5	2,2	7,6	29,3
		81° 42,46' W				
SA - 3	Laguna Big Pond, isla San Andrés	12° 32,862' N	0	2,08	9,6	33
		81° 43,166' W				
SA - 4	Caño en la sede de Defensa Civil, isla San Andrés	12° 35,262' N	0,1	0,47	7	29,4
		81° 41,980' W				
SA - 5	Manglar detrás del Hotel Decameron, San Luis, isla San Andrés	12° 30,739' N	2,2	0,15	7,1	29,1
		81° 42,900' W				
SA - 6	Caño artificial desagüe manglar, isla San Andrés	12° 32,098' N	25	0,5	6,6	28,1
		81° 42,95' W				

**Figura 3.** Estaciones de muestreo. a) Salt creek, parte alta (sección seca); b) arroyo en la isla de San Andrés; c) colecta de ejemplares, Big Pond, isla de San Andrés; d) desembocadura arroyo y manglar. Isla de Providencia. Fotos: C. A. Lasso.

la conservación entre los cuerpos de agua muestreados.

Resultados y discusión

Composición

Se identificaron 19 especies, agrupadas en siete órdenes y 12 familias: Providencia (16 sp.), San Andrés (11 sp.) y Santa Catalina (1 sp.). El orden con mayor número de especies fue Perciformes (7 familias, 10 especies), seguido por los Cyprinodontiformes (1 familia y 3 especies) y Elopiformes, Anguilliformes, Beloniformes, Syngnathiformes y Mugiliformes (1 familia, 1 género y 1 especie, c/u) (Tabla 2).

Del total mencionado, 17 especies fueron autóctonas. Se detectó también la presencia de dos especies de cíclidos introducidas

en San Andrés, una especie exótica, la Tilapia (*Oreochromis niloticus*) (Gutiérrez *et al.* 2010) y otra trasplantada, la mojarra amarilla (*Caquetaia kraussii*) (Lasso *et al.* 2012), proveniente del continente. Ambas se encontraron en la Laguna Big Pond en San Andrés (agosto 2011), aunque hay registros más recientes (2014), sobre la presencia de la Tilapia en sistemas de cultivo en San Andrés (Figuras 5 y 6).

Distribución espacial

Providencia fue la isla con la mayor riqueza de especies (16 sp.), cuatro de ellas anfidromas (*Eleotris pisonis*, *Gobiomorus dormitor*, *Sicydium* sp. y *Agonostomus monticola*) y una catádrroma (*Anguilla rostrata*). Muchas especies se colectaron -como fase juvenil- en la boca de los arroyos y ríos en el mar (aguas salobres) (p. e. *Megalops atlanticus*,

**Figura 4.** Observaciones subacuáticas. Foto: C. A. Lasso.

ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA

Tabla 2. Lista de especies de peces colectados y/o observados en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina: (*) especie trasplantada; (**) exótica.

Taxa	Providencia	San Andrés	Santa Catalina
Orden Elopiformes			
Familia Megalopidae			
<i>Megalops atlanticus</i> Valenciennes 1847	X	X	
Orden Anguilliformes			
Familia Anguillidae			
<i>Anguilla rostrata</i> (Lesueur 1817)	X		
Orden Cyprinodontiformes			
Familia Poeciliidae			
<i>Gambusia aestiputeus</i> Günther 1866	X	X	
<i>Poecilia "vetiprovidentiae"</i> Fowler 1950	X	X	
<i>Poecilia orri</i> Fowler 1943			X
Orden Beloniformes			
Familia Belonidae			
<i>Strongylura marina</i> (Walbaum 1792)	X		
Orden Syngnathiformes			
Familia Syngnathidae			
<i>Microphis brachyurus</i> (Bleeker 1854)	X	X	
Orden Perciformes			
Familia Centropomidae			
<i>Centropomus</i> sp.	X	X	
Familia Cichlidae			
<i>Caquetaia kraussi</i> (Steindachner 1878)*		X	
<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus 1758)**		X	
Familia Eleotridae			
<i>Dormitator maculatus</i> (Bloch 1792)	X	X	
<i>Eleotris pisonis</i> (Gmelin 1789)	X	X	
<i>Gobiomorus dormitor</i> Lacepède 1800	X	X	
Familia Gobiidae			
<i>Bathygobius soporator</i> (Valenciennes 1837)	X		
Familia Lutjanidae			
<i>Lutjanus griseus</i> (Linnaeus 1758)	X		
Familia Sphyraenidae			
<i>Sphyraena guachancho</i> Cuvier, 1829	X		
Orden Mugiliformes			
Familia Mugilidae			
<i>Agonostomus monticola</i> (Bancroft 1834)	X		
<i>Mugil</i> sp.	X	X	



O. M. Lasso-A.

**Figura 5.** Tilapia (*Oreochromis niloticus*), colectada en la isla de San Andrés. Foto: N. Bolaños.**Figura 6.** *Caquetaia kraussi*, Big Pond, isla de San Andrés. Foto: C. A. Lasso.

Centropomus sp., *Sphyraena guachancho*, *Lutjanus griseus* y *Mugil* sp.), mientras que otras fueron residentes permanentes como adultos en estos ambientes (p. e. *Poecilia "vetiprovidentiae"*, *Gambusia aestiputeus*, *Microphis brachyurus*, *Dormitator maculatus* y *Bathygobius soporator*). Se

observaron como visitantes ocasionales, adultos de *Centropomus* sp. y *Strongylura marina*, penetrando en estas desembocaduras. Las especies registradas en aguas exclusivamente dulces y a mayor distancia de las desembocaduras fueron *A. rostrata* y *A. monticola*.

ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA

En San Andrés (11 sp.), las especies compartidas con Providencia mostraron el mismo patrón de distribución espacial que en esta isla. Solo las dos especies introducidas (mojarra y Tilapia), estuvieron restringidas a la laguna Big Pond (cerrada).

Por último, en Santa Catalina, la única especie registrada (*Poecilia orri*) fue colectada solo en manglares y canales de aguas salobres.

Uso y conservación de las especies

Dado el pequeño tamaño generalizado de las especies, salvo algunos casos particulares, el uso dado a la especie es secundario. Ocasionalmente se capturan adultos de *Agonostomus monticola* en Providencia y de *Caquetaia kraussii* y *Oreochromis mossambicus* en San Andrés, como consumo de subsistencia o actividad recreativa (niños). *Poecilia "vetiprovidentiae"* (Figura 7), es usada por el gobierno local de Providencia

(autoridades sanitarias), como una especie controladora de larvas de mosquitos, por lo que ha sido ampliamente dispersada en la isla en canales, vías de drenaje y otros cuerpos de aguas cerrados como cisternas y tanques de agua de las viviendas (Figura 8). En la isla de Providencia destaca por su importancia ecológica y socio-cultural, la anguila americana (*Anguilla rostrata*) (Figura 9). Esta es una especie icónica en la isla y es protegida por toda la comunidad, ya que la asocian con el mantenimiento de agua en los arroyos y manantiales, al "abrir" galerías que los interconectan. De hecho los pobladores, en especial los "más viejos", recogen estas especies cuando se secan los manantiales o gullies (gully) y los llevan a otros manantiales con agua permanente.

En el Archipiélago (islas de San Andrés y Providencia), hay dos especies de poecílicos o mollies actualmente en riesgo de



Figura 7. *Poecilia "vetiprovidentiae"*. Foto: C. A. Lasso.



Figura 8. Cisternas, isla de Providencia. Foto: C. A. Lasso.



Figura 9. Anguila americana (*Anguilla rostrata*). Foto: C. A. Lasso.



O. M. Lasso-A.

ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA



O. M. Lasso-A.

extinción: *Gambusia aestiputeus* Fowler 1950 (VU B1a-ii, iii) (Acero *et al.* 2002) y *Poecilia "vetiprovidentiae"* Fowler 1950 (no evaluada oficialmente pero con las mismas amenazas de la especie anterior). Ambas especies están distribuidas en Providencia 4 localidades, *G. aestiputeus*: PV- 4, 5, 6 y 15 (Tabla 1) y 8 localidades, *P. "vetiprovidentiae"*: PV- 4, 5, 6, 8, 12, 14, 15 y 16 (Tabla 1), pero con un área de ocupación y extensión de presencia (*sensu* UICN), muy pequeñas. Más grave es la situación en la isla de San Andrés, pues solo se han observado en una localidad cada una (sector San Luis: SA- 2: *G. aestiputesus* y SA- 1: *P. "vetiprovidentiae"*, Tabla 1), de apenas unas decenas de metros cuadrados de área y muy amenazadas (ver más adelante la discusión sobre el índice de intervención antrópica).

Poecilia "vetiprovidentiae" Fowler 1950 ha sido considerada tradicionalmente como un sinónimo de *Poecilia sphenops*

Valenciennes 1846, con una distribución que va desde el río San Juan, noroeste de México y sureste de Sonora, extendida por ambas costas de Centroamérica, la vertiente Caribe y las islas de las Antillas o Indias Occidentales (Rosen y Bailey 1963). Sin embargo, estudios más recientes -basados en análisis de sistemática molecular-, muestran que *P. sphenops* es en realidad un complejo de especies que ocurren al menos desde México hasta Panamá, y que requiere una revisión taxonómica exhaustiva (Alda *et al.* 2013). Por ello, es necesario hacer un estudio molecular y taxonómico tradicional de las poblaciones de *P. vetiprovidentiae* de San Andrés y Providencia, comparándolas con las poblaciones del continente, a objeto de revalidar el estatus específico. Mientras tanto y de manera precautoria en espera de los resultados de los análisis que se vienen realizando, preferimos mantener la validez de *P. vetiprovidentiae* hasta que se demuestre lo contrario.

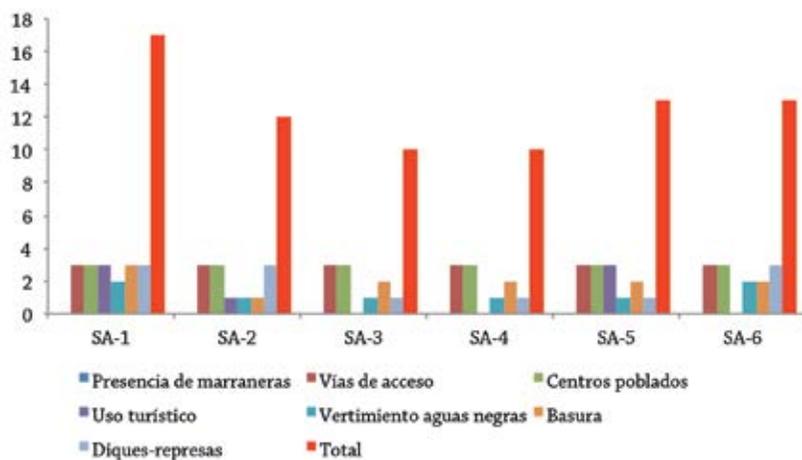


Figura 10. Índice de intervención antrópica (IIA) en las estaciones de muestreo de la isla de San Andrés.

Índice de intervención antrópica

En la isla de San Andrés, todas las estaciones de muestreo registraron un IIA de 10 ó más puntos, siendo SA-1 la mayor con 17 y SA-3 y SA-4, las menores con 10 (Figura 10). En ninguna de las estaciones se registraron marraneras y el vertimiento de aguas negras no obtuvo un valor de 3 en las estaciones, sin embargo, en SA-1 el resto de las variables registraron los valores más altos. Las vías de acceso y los centros poblados son las variables que más afectaron a todas las estaciones de agua.

En la isla de Providencia, el mayor valor de IIA que se obtuvo fue 16 en las estaciones PV-21 y PV-26 y el menor fue 1 en PV-17A, esta última estación solo se ve afectada en baja proporción por las vías de acceso. En las dos estaciones con mayor intervención antrópica afecta en alta proporción, el vertimiento de aguas negras y la presencia de basura. PV-21 también se ve afectada en gran medida por las vías de acceso, la cercanía a centros poblados y el turismo y PV-26 también es afectada de manera im-

portante, por la presencia de marraneras y diques (Figura 11).

En la figura 12 se ilustran algunas de las amenazas a la ictiofauna.

Conclusiones y recomendaciones para la conservación

La red hidrográfica del Archipiélago es muy reducida en términos de área de drenaje y adicional a esto, son muchas las amenazas a las que están sometidos los diferentes arroyos o gullies en San Andrés y Providencia. Santa Catalina no muestra mayor amenaza y apenas tiene una sola especie de molly (*P. orri*). En general, si bien la mayoría de las cuencas se encuentran en buen estado de conservación hacia las partes altas y medias, estas secciones no albergan una muestra representativa de la ictiofauna tal que garantice su conservación o representatividad en las islas de manera adecuada. Por el contrario, la mayor riqueza de especies está asociada a las secciones bajas de las cuencas donde la amenaza es mayor. La situación es aún más preocupante por el

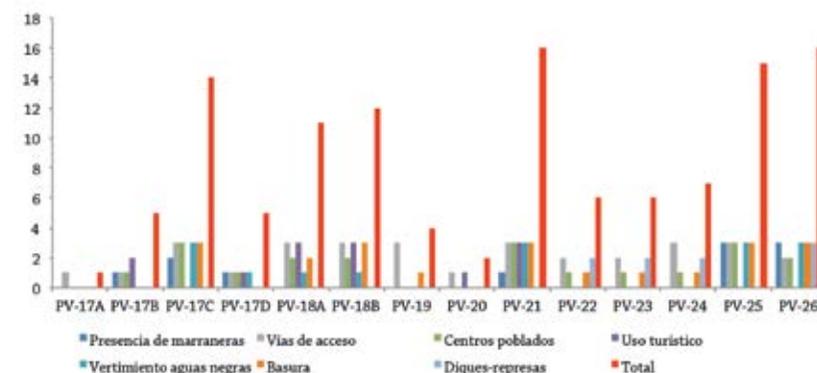


Figura 11. Índice de intervención antrópica (IIA) en las estaciones de muestreo de la isla de Providencia.

ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA



O. M. Lasso-A.



Figura 12. Amenazas a la ictiofauna en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. a) Aguas negras y canalización del cauce, Salt Creek, Providencia; b) detalle del vertido de aguas negras; c) escombros y basuras reducen y alteran el hábitat de los peces (Manzanillo Bay), Providencia; d) extracción de arena y piedras, Gamadith Gully, Providencia; e) los diques impiden la migración de las especies diádromas, Freshwater Bay, Providencia; f) ganadería y deforestación, Providencia. Fotos: C. A. Lasso.

hecho de que algunas especies ocupan un área muy pequeña y frágil frente a cualquier impacto antrópico, por mínimo que sea.

Es fundamental que la Corporación CORALINA proteja las secciones de los arroyos o gullies donde están distribuidas las dos especies de mollies o poecílicos amenazados (*G. aestipiteus* y *Poecilia "vetiprovidentiae"*). Programas de conservación *ex situ* a bajo costo, con miras a su reintroducción y/o reforzamiento poblacional de estas especies dada su viviparidad, podrían ser viables en ambas islas.

Por último, no debe permitirse el cultivo -aún en sistemas cerrados- de Tilapias en San Andrés, y aquellos individuos que ya están introducidos en sistemas de cultivo en la isla, deben ser erradicados a la brevedad. La población de la Laguna Big Pond no presenta mayor problema dado su aislamiento.

Bibliografía

- Acero, A., L. S. Mejía y M. Santos-Acevedo. 2002. *Gambusia aestipiteus*. Pp.75-76. En: Mejía, L. S. y A. Acero (Eds.). Libro rojo de peces marinos de Colombia. INVEMAR. Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de Medio Ambiente. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Bogotá.
- Alda, F., R. G. Reina, I. Doadrio y E. Bermingham. 2013. Phylogeny and biogeography of the *Poecilia sphenops* species complex (Actinopterygii, Poeciliidae) in Central America. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 66: 1011-1026.
- Campos, M., C. A. Lasso y A. Acevedo. 2015. Camarones asociados a las aguas pericontinentales (ríos, quebradas y arroyos costeros), de la vertiente Caribe y Pacífico, incluyendo la región insular de Colombia. Capítulo 4. Pp. 119 - 138. En: Lasso, C. A., J. F. Blanco-Libreros y P. Sánchez-Duarte.

(Eds.). 2015. XII. Cuencas pericontinentales de Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela: tipología, biodiversidad, servicios ecosistémicos y sostenibilidad de los ríos, quebradas y arroyos costeros. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.

- Gutiérrez, F., C. A. Lasso, P. Sánchez-Duarte y Diego L. Gil. 2010. Análisis de riesgo para especies acuáticas continentales y marinas. Pp: 75-148. En: Baptiste, M. P., N. Castaño, D. Cárdenas, F. P. P. Gutiérrez, D. L. Gil y C. A. Lasso (Eds.). 2010. Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 1996. Tomo IV. Diccionario Geográfico de Colombia. Bogotá, Colombia. 650 pp.
- Lasso, C. A., R. Álvarez-León, F. de P. Gutiérrez y M. A. Morales-Betancourt. 2012. *Caquetaia kraussii*. Pp. 123-127. En: Gutiérrez, F. de P., C. A. Lasso, M. P. Baptiste, P. Sánchez-Duarte y A. M. Díaz. (Eds). 2012. VI. Catálogo de la biodiversidad acuática exótica y trasplantada en Colombia: moluscos, crustáceos, peces, anfibios, reptiles y aves. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
- Longo M., D. Cortés-Guzmán, E. Contreras, Á. Motta, J. F. Blanco, C. A. Lasso y R. Ospina. 2015. La entomofauna y otros macroinvertebrados acuáticos de sistemas insulares y pericontinentales de las cuencas Pacífico y Caribe, Colombia. Capítulo 5. Pp. 141-169. En: Lasso, C. A., J. F. Blanco-Libreros y P. Sánchez-Duarte. (Eds.). 2015. XII. Cuencas pericontinentales de Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela: tipología, biodiversidad, servicios ecosistémicos y sostenibilidad de los ríos, quebradas y arroyos costeros. Serie Editorial Recursos

ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA

Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.

- López Rodríguez, A., M. García, P. C. Sierra-Correa, M. Hernández-Ortiz, I. Machacón, J. Lasso, O. Bent, A. Mitchel C. Segura, S. Nieto y J. Espriella. 2009. Ordenamiento ambiental de los manglares del Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina. 117 pp. Serie de documentos generales No 30.

- Posada, B. O. y W. Guzmán. 2007. Diagnóstico de la erosión costera en las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Recomendaciones generales para el manejo y control de la erosión. Investigación elaborada para CORALINA por el INVEMAR, según convenio 010/2006. 102 pp.
- Rosen, D. E. y R. M. Bailey. 1963. The poeciliid fishes (Cyprinodontiformes), their structure, zoogeography, and systematics. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 126 (1): 5-176.

C. Granados



8.6 BIOTA ACUÁTICA DE LA SERRANÍA DE LA MACUIRA, PARQUE NACIONAL NATURAL MACUIRA, GUAJIRA COLOMBIANA

Carlos A. Lasso y Cristian Enrique Granados-Martínez

Resumen

La serranía de La Macuira, situada en el PNN La Macuira, Guajira colombiana, representa un enclave semidesértico de bosque seco tropical que había permanecido desconocido desde el punto de vista de su biota acuática. A pesar de tener una red hidrográfica muy reducida y de carácter temporal, cuenta con pequeños arroyos que pueden perder su conexión con el mar durante mucho tiempo, en especial en los periodos de sequía extrema como el presente. Se realizaron prospecciones de la biota acuática (plantas, macroinvertebrados y peces) durante agosto 2014 en varios cuerpos de agua de la región, donde adicionalmente se caracterizaron los parámetros fisicoquímicos. Se identificaron ocho especies de plantas acuáticas agrupadas en cuatro familias; tres Phylum de macroinvertebrados correspondientes a cuatro clases, diez órdenes, 26 familias y 36 géneros, siendo los phyla Arthropoda (92%) y Mollusca (6,1%), los mejor representados. También se encontraron seis especies de peces agrupadas en cuatro órdenes y cuatro familias, cinco de las cuales fueron anfidromas. Por último, se calculó

un índice de intervención antrópica y se relacionó con las principales amenazas en la región.

Introducción

En el extremo nororiental de la península de la Guajira se encuentra La Macuira, una serranía ubicada en plena faja de los vientos alisios que forma parte de una serie de pequeñas montañas aisladas y cadenas de colinas de las tierras áridas bajas del Caribe colombiano. Estas montañas mantienen una vegetación húmeda en sus laderas superiores y cumbres que no superan los 1000 m de altura y que son geológicamente distintas a los Andes y a la Cordillera de la Costa en Venezuela (Sugden 1982). La Macuira se constituye en un ecosistema único en Colombia por poseer bosques de niebla a tan solo 550 m de altura, además de ser el único lugar en el mundo donde es posible encontrar este tipo de bosque a escasos cinco kilómetros del desierto (Castellanos *et al.* 2011) (Figura 1). La serranía de la Macuira fue declarada Parque Nacional Natural en 1977 e incluye 25.000 hectáreas. La Serranía es considerada como una isla biogeográfica dentro de una vasta ex-

SERRANÍA DE LA MACUIRA

tensión árida y semiárida (Castellanos *et al.* op. cit.), lo cual fomenta el interés en la investigación, que a su vez amplía el conocimiento para las acciones que actualmente se desarrollan a favor de la conservación del área (UAESPNN 2011). Así, en este caso se abordan los ecosistemas acuáticos continentales -representados en este caso

por pequeños arroyos temporales- y la biota acuática asociada (plantas, peces, crustáceos y macroinvertebrados acuáticos). Es importante hacer notar que no existen trabajos previos relativos a dicha biota, por lo cual el objetivo fundamental de este trabajo fue conocer dichos componentes y su estado de conservación.



Figura 1. Bosques enanos de niebla, 650 m s.n.m. PNN La Macuira. Foto: C. A. Lasso.

Área de estudio

La península se encuentra totalmente dentro de la Zona Seca del Caribe Sur, que se extiende desde el oeste de Trinidad hasta Cartagena, Colombia. La zona incluye todas las partes de la región costera, donde la precipitación anual es inferior a 1000 mm (Lahey 1958, Snow 1976). La aridez de la Guajira es causada por la combinación de vientos persistentes del

noreste y un mar relativamente frío que rodea la península (Chaves 1953). Desde mediados de septiembre hasta mediados de noviembre, es cuando tienen lugar las lluvias más fuertes que coinciden con el máximo desplazamiento de vientos alisios (Sugden 1982). La serranía de la Macuira es la más oriental y elevada de un conjunto de montañas situadas en la alta Guajira, al norte de la península, con una

altura máxima de 867 m en el Cerro Palu (Figura 2). Esta dispuesta en sentido nor-este-sureste, mide 35 km de longitud, 10 km de ancho aproximadamente y está a 10 km del mar Caribe en su punto más cercano (UAESPNN 2011). La serranía presenta rocas ígneas y metamórficas y el sector subcentral e incluso la porción meridional del macizo central y la noroccidental del macizo meridional, corresponden a rocas ígneas (granodiorita y metagranito), cuya edad probable es del Paleozoico tardío. La porción norte del macizo central, la mayor parte del macizo septentrional y la porción central y sureste del macizo sur están formadas por rocas metamórficas de la formación Macuira, que consta de esquistos pelíticos con bajo metamorfismo y lentes de gneis claros u oscuros con mármol diopsídico, cuya edad no se ha establecido con precisión, si bien son ante-

riorios a la era Mesozoica (Inderena 1984). Los suelos están comprendidos dentro de la Consociación Nazareth. De acuerdo a su topografía, con relieve ondulado, parecen corresponder a una remoción superficial por los arroyos que bajan de la Serranía. Debido a las condiciones de microclima relativamente más húmedo que en otros sectores de la Alta Guajira, en estos valles y abanicos arenosos se ha desarrollado una vegetación densa de especies espinosas y de hoja ancha propias de la región (Castellanos *et al.* 2011). Hay valles estrechos con bosque de galería donde se destacan el trupillo, el olivo, totumo y Brasil, entre otros. Este tipo de bosque, junto con el azote de los vientos alisios, procesos de condensación y precipitación, hacen que durante todo el año este bosque mantenga arroyos, manantiales, ojos de agua y una gran oferta hídrica subterránea en la serranía



Figura 2. Vista de la sierra de La Macuira. C. A. Lasso.



C. A. Lasso

SERRANÍA DE LA MACUIRA



Figura 3. a) Caño seco en el desierto de La Guajira; b) cauce seco del arroyo Kajashiwoü, serranía de La Macuira. Fotos: C. A. Lasso.

(Figura 3). De acuerdo con el IGAC, esta región incluye las zonas de vida del monte espinoso subtropical con transición a bosque seco subtropical, cuyas temperaturas varían de 18°C a 24°C en promedio, aunque la temperatura diurna supera los 30°C (Castellanos *et al.* 2011).

Material y metodos

La recolección de las muestras (plantas acuáticas, macroinvertebrados, peces) se realizó en agosto de 2014 en siete puntos de los arroyos (Luwoupu en lengua Wayuu) llamados: Kajashiwoü, Mmalaulu y Mekijano, en las localidades de Kajashiwoü y San José de La Macuira, desde los 120 m, hasta la parte más alta de la Serranía en un afluente del arroyo Kajashiwoü conocido como Satushí a 665 m s.n.m. (Tabla 1). En este último punto (12° 10' 24,4'' N-71° 22' 56,9'' W) por razones logísticas, solo se colectaron plantas y crustáceos, no se observaron peces. Las secciones de estos arroyos incluyeron pozas aisladas o bateas (Ashunujülee) y aguas corrientes en algunas secciones definidas del cauce. En los arroyos Kajashiwoü y Mmalaulu no

había una continuidad hídrica, sino pozas aisladas (bateas) que no estaban interconectadas entre ellas. De acuerdo a los lugares tampoco había conexión con el mar al menos desde hacía un año. Solo en el arroyo Mekijano el agua si fluía de manera continua.

Variables fisicoquímicas

En cada punto se midieron las variables físico-químicas utilizando una sonda multiparámetro (temperatura, oxígeno disuelto, saturación de oxígeno, pH, conductividad y salinidad); el caudal se midió utilizando el método del flotador, siguiendo la metodología propuesta por Bustamante (2006).

Plantas acuáticas

Las plantas acuáticas fueron colectadas manualmente se depositaron en el Herbario Federico Medem del IAvH.

Macroinvertebrados acuáticos, crustáceos y peces

En cada muestreo y con la ayuda de una red Surber con apertura de malla de 250

µm (área de muestreo = 0,09 m²), se recolectaron los macroinvertebrados bentónicos presentes en los distintos microhabitats, removiendo manualmente el sustrato frente a la red, de acuerdo a los procedimientos modificados de Merrit y Cummins (1996). El material extraído por la red Surber fue limpiado, seleccionado, rotulado en bolsas de polietileno y por último almacenado en etanol al 96 %. En el laboratorio, las muestras fueron revisadas bajo el estereoscopio. El material biológico fue determinado hasta el nivel taxonómico más específico posible (en la mayoría de los casos hasta género) y depositado en la colección de referencia de la Universidad de la Guajira. Solo la familia Chironomidae fue determinada hasta subfamilia. Para la identificación taxonómica se utilizaron las claves taxonómicas y descripciones de Merritt y Cummins (1984), Roldán (1988), Lopretto (1995), Ospina *et al.* (1999), Ruiz-Moreno *et al.* (2000), Posada y Roldán (2003), Domínguez *et al.* (2006), Fernández y Domínguez (2009) y Ramírez (2010).

Los crustáceos y peces fueron colectados manualmente (redes de mano y redes de playa de diferente abertura y tamaño) mediante pescas diurnas y nocturnas. Los crustáceos fueron preservados en etanol 70% y los peces en formol 10%. Las colecciones de referencia fueron depositadas en el IAvH.

Para evaluar la intervención antrópica en los arroyos se calculó el índice de intervención antrópica (IIA), donde $IIA = \sum A+B+C+D+E+F+G$:

- A) Presencia de ganado: en este caso chivos, ovejas y burros, que forrajean sobre el bosque seco y vegetación de los arroyos.
- B) Vías de acceso.
- C) Centros poblados.

- D) Uso turístico (extracción del agua, lavado de vehículos, bañistas).
- E) Vertimiento de aguas negras.
- F) Basura.
- G) Presencia de diques-represas.

El IIA es la sumatoria de las siete variables, siendo la estación de muestreo más intervenida la que obtiene un valor mayor. El índice varía entonces entre 0 y 21. Este índice es de fácil aplicación en campo y permite tener una visión y comparación de la conservación entre los cuerpos de agua muestreados.

Resultados y discusión

Variables fisicoquímicas

Las secciones de aguas corrientes de los arroyos o quebradas estudiadas se caracterizaron por tener aguas oligotróficas de alta transparencia y poca cantidad de sólidos disueltos, mientras que las pozas se caracterizaron por la alta productividad y aguas de color verdoso, con indicios de eutrofización en algunos casos. Por otro lado, los caudales medidos para las quebradas analizadas no sobrepasaron los 0,02 m³/s. En términos generales los valores promedios de temperatura para ambas secciones fueron altos, característicos de zonas bajas con alta radiación. Los niveles de oxígeno fueron más altos en las pozas o bateas que en las partes de aguas corrientes, debido a la alta productividad de estas secciones asociadas al fitoplancton, relacionado con los valores de saturación de oxígeno, los cuales estuvieron por encima de 100%. En estas aguas lólicas los niveles de oxígeno estuvieron por encima de 7 mg/l, lo cual favorece la supervivencia de la biota presente. El pH de las dos zonas fue ligeramente básico, con valores casi cercanos a ocho (8) y la conductividad fue alta, característica de áreas muy mine-



C. A. Lasso

SERRANÍA DE LA MACUIRA

realizadas con conductividades por encima de los 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En aguas de alto contenido iónico, los valores con conductividades de 500 a 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, corresponden a aguas fuertemente mineralizadas (Rolán y Ramírez 2008) y es muy probable que la elevada conductividad se deba a la cantidad de carbonato, ya que la salinidad en las dos zonas fue alta, con valores su-

periores a 0,5. Incluso, en parte de las hojas y pequeños troncos observados en los muestreos se encontraron incrustaciones de carbonato de calcio. Ver tabla 1 para mayor detalle.

En la figura 4 se ilustran algunos de estos arroyos y hábitats en particular.



Figura 4. a) Arroyo Mekijano; b) batea del arroyo Kajashiwoü; c) arroyo Kajashiwoü (aguas corrientes); d) charco temporal, asociado al arroyo Mmalaülü. Fotos: C. A. Lasso.



C. A. Lasso

Tabla 1. Valores de parámetros con sus promedios registrados en los distintos hábitats acuáticos (lénticos y lóticos) de los arroyos de sierra de La Macuira.

Nombre	Coordenadas	Hábitats	T° (C°)	OD (ml/L)	O% (%)	Sal.	C. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH
Arroyo Kajashiwoü	N 12°11'31.4'' W 071°20'59.6''	Pozas aisladas	30,4	7,2	93,2	0,7	1408	7,8
Arroyo Kajashiwoü	N 12°11'33.8'' W 071°21'02.4''	Pozas aisladas	31,9	8,6	111	0,7	1456	7,9
Arroyo Mmalaülü	N 12°09'59.4'' W 071°17'15.8''	Pozas aisladas	35	12,0	155,5	0,4	998	8
		Promedio	32,4	9,3	119,9	0,6	1287,3	7,9
Arroyo Kajashiwoü	N12°11'33.8'' W 071°21'0.24	Aguas corrientes	31,6	8,5	112,6	0,7	1421	7,6
Arroyo Mekijano	N 12°10'19.6'' W 071°18'05.4''	Aguas corrientes	28,9	7,2	82,3	0,3	739	8
Arroyo Mmalaülü	N 12°09'59.4'' W 071°17'15.8''	Aguas corrientes	33,1	7,4	94	0,4	883	7,8
		Promedio	31,2	7,7	96,3	0,5	1014,3	7,8

Plantas acuáticas

A pesar del poco desarrollo o extensión de los cuerpos de aguas lénticos en la región, salvo las pozas aisladas del cauce de los arroyos (bateas), se registraron ocho especies de plantas acuáticas agrupadas en cuatro familias (Tabla 2). *Hydrocotyle umbellata*, *Wolffia* sp (cf. *guadalupensis*) y *Najas guadalupensis*, fueron comunes en las pozas aisladas, zonas marginales encharcadas y charcos temporales (Figuras 5 a-c), mientras que *Eleocharis geniculata* y *Eleocharis confervoides* lo fueron en las zonas marginales de los arroyos (Figura 5d). *Wolffia* sp fue la única especie presente en las partes más altas de los afluentes en el bosque enano de niebla a más de 650 m s.n.m., probablemente dispersada a esas

Tabla 2. Plantas acuáticas colectadas en los arroyos de sierra de La Macuira.

Familia	Especie
Araliaceae	<i>Hydrocotyle umbellata</i>
Cyperaceae	<i>Eleocharis geniculata</i>
	<i>Eleocharis confervoides</i>
	<i>Rhynchospora</i> sp 1
	<i>Rhynchospora</i> sp 2
Lemnaceae	<i>Lemna</i> sp
	<i>Wolffia</i> sp
Najadaceae	<i>Naja guadalupensis</i>

SERRANÍA DE LA MACUIRA



C. A. Lasso



Figura 5. a) *Hydrocotyle umbellata*; b) *Wolffia* sp.; c) *Najas guadalupensis*; d) *Eleocharis geniculata*. Fotos: C. A. Lasso.

partes aisladas por las aves (Figura 6). Dos especies de ciperáceas del género *Rhynchospora* se observaron en los márgenes de los arroyos y colonizando los cauces semi-secos de los mismos (Figura 7a-b).

Macroinvertebrados acuáticos

Se colectaron 275 individuos distribuidos en tres Phylum, cuatro clases, diez órde-

nes, 26 familias y 36 géneros (Figura 8 a-b), lo cual por las condiciones únicas y por la poca o nula conectividad con otros sistemas acuáticos, determina que los arroyos de la serranía de La Macuira sean un importante reservorio de diversidad local y regional. Cuando se compara los 36 taxones encontrados en este estudio con los 50 taxones que encontró Tamariz (2009)



Figura 6. *Wolffia* sp. Arroyo Satushi, 655 m s.n.m. Foto: C. A. Lasso.



Figura 7. *Rhynchospora* sp. a) Colonizando el cauce del arroyo Kajashiwoü; b) detalle. Fotos: C. A. Lasso.

SERRANÍA DE LA MACUIRA

dae (*Caloparyphus*) (Figura 9h) y Tipulidae (*Molophilus*).

Trichoptera incluyó cinco familias con igual número de géneros, donde la familia que tuvo mayor abundancia relativa dentro del orden, fue Helichopsychidae (56%), con un solo género representado (*Helicopsyche*) (Figura 9i). Las demás familias también tuvieron un solo género incluyendo Hydropsychidae (*Smicridea*), Hidroptiliidae (*Leucotrichia*) (Figura 9j) Odontoceridae (*Marilia*) (Figura 9k) y Philopotamidae (*Chimarra*) (Tabla 3). Las familias que se reportan poseen un buen potencial en términos de bioindicación de la calidad del agua, y dentro de estas se destacan los géneros *Helicopsyche*, *Marilia* y *Chimarra* (Zúñiga 2009).

Hemiptera incluyó tres familias e igual número de géneros. Belostomatidae (*Belostoma*) (Figura 9l), Naucoridae (*Pelocoris*) (Figura 9m) y Corixidae (*Centrocorisa*), donde las dos primeras familias representaron el 93% de la abundancia porcentual de la colecta del orden (Tabla 3). Según Romero (2009) el género *Belostoma* se encuentra en todas las regiones del país.

Coleoptera sólo estuvo representado por la familia Hydrophilidae y tres géneros (*Berosus*, *Hydrophilus* y *Tropisternus*). El género *Hydrophilus* representó el 85% de la colecta del orden. Este género vive en ambientes lénticos con abundante vegetación sumergida (Arce-Pérez y Morón 2013).

La clase Gasteropoda estuvo representada por dos órdenes y cuatro familias, donde el orden Basommatophora presentó tres familias con un género cada uno Physidae (*Physa*), Planorbidae (*Biomphalaria*) y Lymnaeidae (*Fossaria*), con una abundancia relativa de 57, 38 y 7%, respectivamente. Por otro lado, el orden Stylommatophora

incluyó una familia (Subulinidae) y un solo género (*Subulina*) (Figura 9n). El género *Fossaria* vive en aguas poco profundas con exudado fangoso o entre plantas acuáticas cercanas a orillas de arroyos, lagunas, lagos y charcas temporales (Harrold y Guralnick 2010). Los miembros de la familia Physidae son muy adaptables y diversificados y se pueden encontrar en todo tipo de hábitats. Algunas especies parecen ser resistentes a la contaminación (Harrold y Guralnick 2010). El género *Biomphalaria* ha sido uno de los géneros más estudiados en América del Sur por ser transmisor de enfermedades que afectan al hombre (Domínguez y Fernández 2009). El género *Subulina* habita en la hojarasca del suelo y lugares húmedos de los bosques tropicales y subtropicales, pero también se puede encontrar en hábitats abiertos (Alvarez y Willig 1993). El Phylum Platyhelminthes estuvo representado por un sólo género (*Dugesia*) perteneciente a la clase Trepaxonemata, orden Neophora y familia Planariidae.

Por último, entre los crustáceos, se colectó una sola especie, el camarón o langostino de río *Macrobrachium carcinus* (Palaemonidae), muy abundante en la región y que forma grandes grupos con biomasa muy elevada en las pozas aisladas o bateas. Es una especie anfídroma que alcanza grandes tallas y es objeto de la pesca de subsistencia por los Wayuu. Fue colectada en aguas corrientes, pozas aisladas e incluso llegó a alcanzar la parte más alta de la cuenca en las cabeceras (arroyo Satushi) del sistema Kajasshiwoü a 655 m s.n.m. (Figura 10a-d). Estuvo presente en todos los ambientes acuáticos salvo en los charcos temporales de Mmaläülü. Los Wayuu de la comunidad de Kajasshiwoü reconocen una segunda especie de camarón (*Atya* sp.), pero esta especie no fue colectada ya que requiere de aguas con mucha corriente y conexión con el mar, hecho que no ocurre en la Serranía



C. A. Lasso



Figura 9. Principales macroinvertebrados acuáticos encontrados en la serranía de La Macuira. a) *Brechmorhoga* (Libellulidae); b) *Progomphus* (Gomphidae); c) *Argia* (Coenagrionidae); d) *Telebasis* (Coenagrionidae); e) *Leptohephodes* (Leptohephidae); f) *Traulodes* (Leptohephidae). Fotos: C. Granados-Martínez.

SERRANÍA DE LA MACUIRA



C. A. Lasso

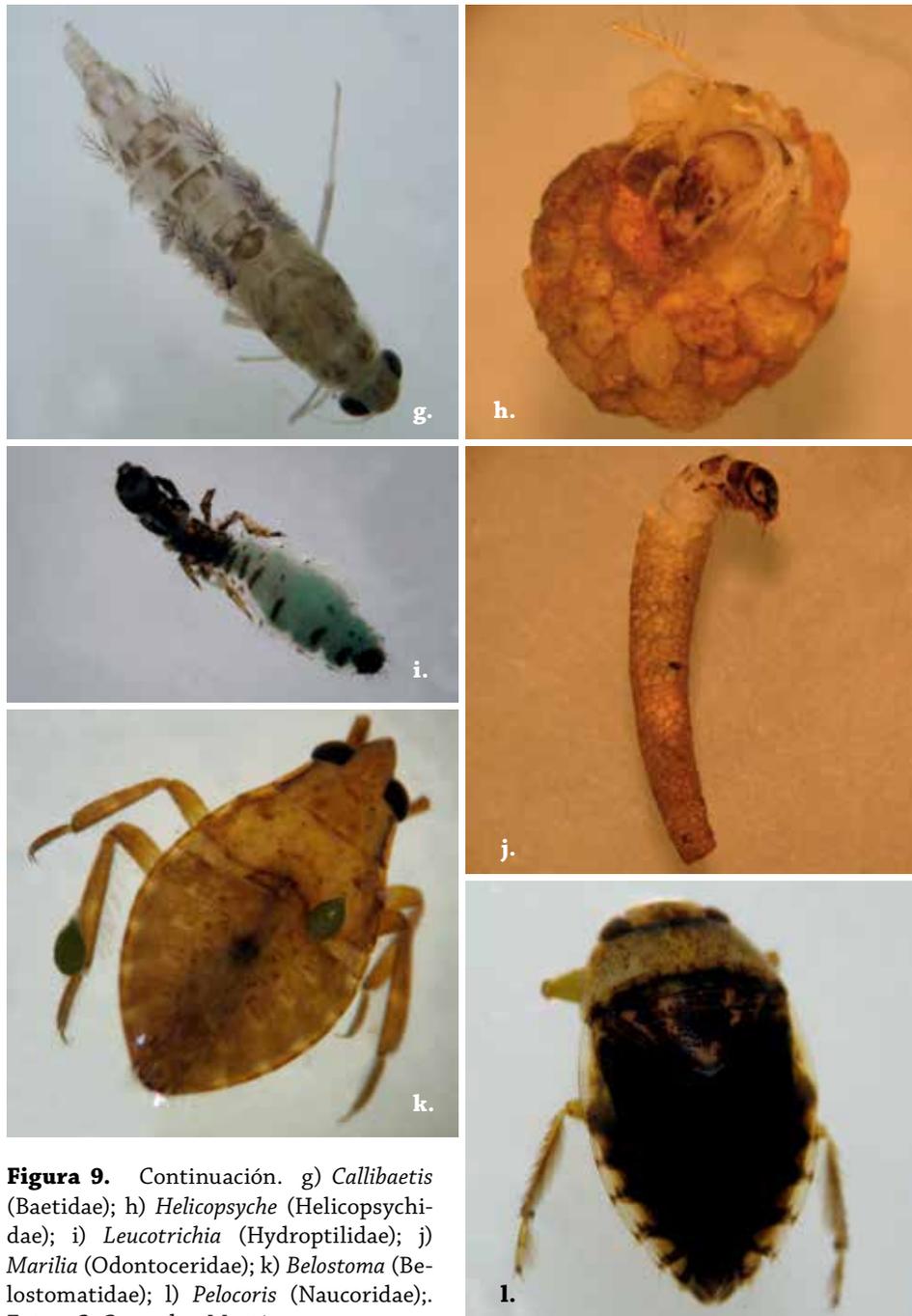


Figura 9. Continuación. g) *Callibaetis* (Baetidae); h) *Helicopsyche* (Helicopsychidae); i) *Leucotrichia* (Hydroptilidae); j) *Marilia* (Odontoceridae); k) *Belostoma* (Belostomatidae); l) *Pelocoris* (Naucoridae); Fotos: C. Granados-Martínez.



Figura 9. Continuación. m) *Subulina* (Subulinidae); n) *Caloparyphus* (Stratiomyidae). Fotos: C. Granados-Martínez.



Figura 10. *Macrobrachium carcinus*. a) Vista dorsal; b) vista ventral; c) alimentándose de algas filamentosas, arroyo Kajashiwoü; d) macho adulto. Fotos: C. Medina (a - b); C. Granados-Martínez (c); C. A. Lasso (d).

SERRANÍA DE LA MACUIRA



C. A. Lasso

Tabla 3. Riqueza de familias y de géneros/morfotipos por cada filo de macroinvertebrados encontrados en los distintos hábitats acuáticos (lénticos y lóticos) de los arroyos de sierra de La Macuira.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Géneros / morfotipos	
Platyhelminthes	Trepaxonemata	Neophora	Planariidae	<i>Dugesia</i>	
Arthropoda	Arachnida	Trombidiformes	Hydrachnidae	<i>Morfotipo</i>	
Mollusca	Gastropoda	Stylommatophora	Subulinidae	<i>Subulina</i>	
		Basommatophora	Physidae	<i>Physa</i>	
			Lymnaeidae	<i>Fossaria</i>	
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Tropisternus</i>	
				<i>Berosus</i>	
				<i>Hydrophilus</i>	
		Diptera	Simuliidae	<i>Simulium</i>	
			Chironomidae	<i>Chironominae</i>	
				<i>Tanypodinae</i>	
				<i>Orthocladiinae</i>	
			Stratiomyidae	<i>Caloparyphus</i>	
			Tipulidae	<i>Molophilus</i>	
			Stratiomyidae	<i>Caloparyphus</i>	
		Culicidae	<i>Anopheles</i>		
		Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Tricorythodes</i>	
		Ephemeroptera	Baetidae	<i>Aturbina</i>	
			<i>Callibaetis</i>		
		Hemiptera	Leptophlebiidae	<i>Traulodes</i>	
			Corixidae	<i>Centrocorisa</i>	
			Belostomatidae	<i>Belostoma</i>	
		Odonata	Naucoridae	<i>Pelocoris</i>	
				Libellulidae	<i>Brechmorhoga</i>
					<i>Anatya</i>
			<i>Macrothemis</i>		
			<i>Sympetrum</i>		
			Gomphidae	<i>Progompus</i>	
Coenagrionidae	<i>Telebasis</i>				
	<i>Acanthagrion</i>				
				<i>Argia</i>	

Tabla 3. Continuación.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Géneros / morfotipos
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Philopotamidae	<i>Chimarra</i>
			Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>
			Hydroptilidae	<i>Leucotrichia</i>
			Hydropsychidae	<i>Smicridea</i>
	Malacostraca	Decapoda	Odontoceridae	<i>Marilia</i>
			Palaemonidae	<i>Macrobrachium carcinus</i>
			Atyidae	<i>Atya</i>

desde hace más de un año tras la gran sequía de La Guajira.

Peces

Se identificaron seis especies agrupadas en cuatro órdenes y cuatro familias, todas anfidromas, salvo *Poecilia* sp. (Tabla 4). De estas seis, dos fueron registradas de acuerdo a los Wayuu (*Anguilla rostrata* y *Gobiomorus dormitor*), pero no colectadas durante este estudio. *Poecilia* sp. pudiera tratarse de una nueva especie para la ciencia y endémica de La Macuira, pero se requieren no obstante, de estudios genéticos y morfológicos en mayor detalle para aseverar dicha afirmación (Figura 11). La baja riqueza de la ictiofauna probablemente esté asociada a la inexistencia de una conexión actual con el mar y a la distancia con este (aproximadamente 16 kilómetros desde este punto N 12°11'31.4 - W 071°20'59.6). Se observaron peces hasta los 200 m s.n.m., en el sector Palüwou (Kajashiwoü), de ahí en adelante las barreras geográficas (cascadas) impiden la dispersión de los mismos.

La especie más abundante fue *Poecilia* sp., que forma cardúmenes tanto en las pozas

aisladas como en las zonas de corriente. Es una especie bien adaptada a las condiciones lénticas e incluso con elevada intervención antrópica. Se observó en actividades de cortejo así como muchos juveniles durante todo el muestreo. Hay una segregación espacial por tamaños, estando los individuos más grandes en las pozas de mayor tamaño y los individuos de menor tamaño en los charcos temporales o zonas de agua corriente (Figura 11). Fue colectada en todos los hábitats incluyendo los arroyos y charcos temporales en la zona desértica de Mmalaülü, arroyos permanentes como Mekijano y en todas las bateas o pozas de la parte baja del arroyo Kajashiwoü, hasta los 122 m s.n.m. No se encontró en las pozas arroyo arriba en Palüwou a 200 m s.n.m. *Agonostomus monticola* fue la segunda especie más abundante. *Awaous banana* (Figura 12) y *Sicydium* sp (Figura 13), fueron ocasionales. Las tres especies se colectaron únicamente en pozas o bateas grandes del arroyo Kajashiwoü hasta los 200 m s.n.m.

Uso y conservación

Los recursos acuáticos (peces y camarones) son objeto de pesca de subsistencia solo

SERRANÍA DE LA MACUIRA

Tabla 4. Lista de peces de los arroyos de la serranía de La Macuira. R: registrado por los Wayuu pero no colectado.

Orden	Familia	Género y especie	Registro	Nombre Wayuu	Consumo
Anguilliformes	Anguillidae	<i>Anguilla rostrata</i> (Lesueur 1817)	R	Sin nombre	No
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Poecilia</i> sp n.	Si	Kuyuna	Si
Mugiliformes	Mugilidae	<i>Agonostomus monticola</i> (Bancroft 1834)	Si	Jimee	Si
Perciformes	Gobiidae	<i>Awaous banana</i> (Valenciennes 1837)	Si	Weraai	Si
Perciformes	Gobiidae	<i>Sicydium</i> sp	Si	Spachiraa	No
Perciformes	Gobiidae	<i>Gobiomorus dormitor</i> Lacepède 1800	R	Warajash	Si

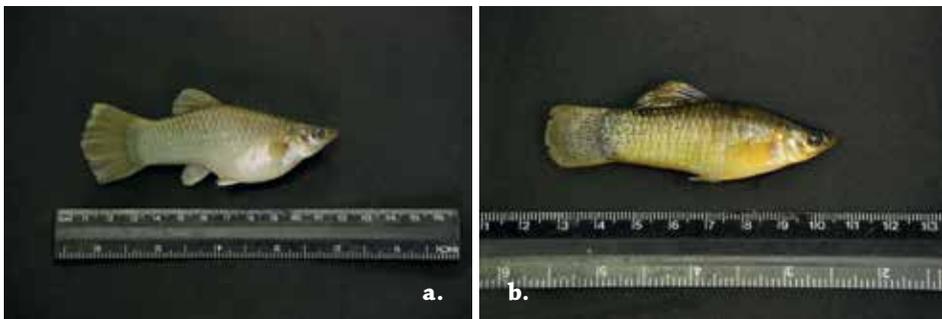


Figura 11. *Poecilia* sp. a) Hembra adulta; b) macho con coloración de cortejo. Arroyo Kajashiwoü. Fotos: C. Granados-Martínez.



Figura 12. *Awaous banana*. Foto: C. A. Lasso.



C. A. Lasso



Figura 13. *Sicydium* sp. Foto: C. A. Lasso.

de manera ocasional cuando la situación apremia. Se aprovechan los camarones de mediano y gran tamaño en diferentes preparaciones y los peces son secundarios en la dieta Wayuu. Por ello y a pesar de lo confinado y restringido de las poblaciones existentes, esta no es una amenaza. El agua de los arroyos (Luwoupu) es utilizada para muchos fines: beber, cocinar, lavar enseres domésticos, bañarse, distracción e incluso lavar vehículos, por lo que su uso debe ser de alguna manera “regulado” por los Wayuu. Los Wayuu de Kajashiwoü es-

tán relativamente organizados al respecto, pero hay ciertas actividades que como se expondrá más adelante no son controladas.

La mayor amenaza a los cuerpos de agua es la presencia de numerosos chivos (también ovejas, vacas y burros) que se alimentan de la vegetación marginal autóctona de los arroyos y bosque seco circundante. La presencia de estos animales en los arroyos aumenta la eutroficación de los cuerpos de agua a causa de las deyecciones. La



Figura 14. a) Uso del agua de las bateas con fines domésticos. Kajashiwoü; b) Bateas como lugar de esparcimiento. Kajashiwoü. Fotos: C. A. Lasso

SERRANÍA DE LA MACUIRA



C. A. Lasso



Figura 15. a) Ganado en la zona desértica de la Guajira; b) los chivos como amenaza al bosque seco nativo, Mmaülüü. Fotos: C. A. Lasso.

segunda y tercera amenaza más notoria es el acceso vial y la consecuente extracción de agua por grandes carro-tanques (camiones cisterna), que se surte con regularidad de agua para llevarla a otras comunidades de la Sierra y La Guajira. Una necesidad impostergable por supuesto, pero que debe ser manejada para evitar la desecación de los manantiales.

De acuerdo al índice de intervención antrópica (IIA), el arroyo Kajashiwoü presentó el mayor nivel de amenaza (IIA= 14), seguido del arroyo Mmalalüü (IIA=9) y Mekijano (IIA=8) (Figura 16).

Si bien se encontraron en este estudio algunos insectos que son bioindicadores todavía de un buen estado de salud del agua

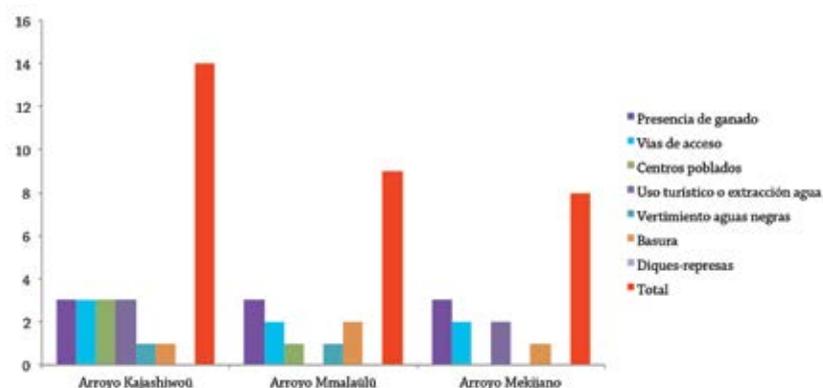


Figura 16. Índice de intervención antrópica (IIA) en las estaciones de muestreo de la serranía de La Macuira.

de los arroyos (p. e. *Traulodes*, *Helicopsyche*, *Marilia* y *Chimarra*), la conservación de estos cuerpos de agua es fundamental para garantizar no solo el mantenimiento de la integridad biótica del sistema, sino para la supervivencia de los Wayuu de la sierra de La Macuira, más aún cuando en condiciones de sequía extrema como en la actualidad, el suministro local vía bateas (Ashunujúlee) o manantiales, es vital para toda la población.

Bibliografía

- Álvarez, J. y M. R. Willig. 1993. Effects of treefall gaps on the density of land snails in the Luquillo experimental forest of Puerto-Rico. *Biotropica* 25 (1): 100-110.
- Árce-Pérez, R y M. A. Morón. 2013. El género *Hydrophilus* (Coleoptera: Hydrophilidae: Hydrophilina) en México y Centroamérica. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84: 140-152.
- Bustamante O. 2006. Manual básico para medir caudales. Fondo para la prevención del agua FONAG. Quito- Ecuador. 28 pp.
- Castellanos, M. L., L. C. Pardo-Lorcano, A. Carabalí y C. Doria. 2011. Algunas características de la macrofauna del suelo en la Serranía de la Macuira, Guajira, Colombia. *Revista Agricultura Tropical* 34 (3-4): 98-106.
- Chará J., M. C. Zúñiga, L. P. Giraldo, G. Pedraza, M. Astudillo, L. Ramírez, C. E. Posso. 2009. Diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos en quebradas de la cuenca del río La Vieja, Colombia. Pp. 127-142. En: Rodríguez, J. M, J. C. Camargo, J. Niño, A. M. Pineda, L. M. Arias, M. A. Echeverry y C. L. Miranda (Eds.). Ciebreg, Valoración de la biodiversidad en la ecorregión del eje cafetero. Ciebreg. Pereira, Colombia.
- Domínguez, E. y H. R. Fernández. 2009. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología. Primera edición. Fundación Miguel Lillo. Tucumán. 656 pp. Fernández, H. R. y E. Domínguez. 2009. Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán, Argentina. 656 pp.
- Giraldo, L. P., J. Chará, M. C. Zúñiga, G. X. Pedraza y A. M. Chará-Serna. 2011. Efectos de los corredores ribereños sobre características bióticas y abióticas de quebradas ganaderas en la cuenca del río La Vieja, Colombia. Pp. 583-591. En: Vargas-Ríos, O. y S. P. Reyes (Eds.). La restauración ecológica en la práctica: Memorias I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica. Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Santafé de Bogotá.
- Granados-Martínez, C. E. 2013. Análisis de la dieta de los macroinvertebrados bentónicos en un gradiente altitudinal de la cuenca del río Gaira (Sierra Nevada de Santa Marta - Colombia). Universidad del Zulia. Facultad Experimental de Ciencias. Trabajo de Grado para optar al título de Magister Scientiarum en Ciencias Biológicas Mención Ecología Acuática. 69 pp.
- Inderena - Universidad de los Andes. 1984. Contribución al Estudio del P.N.N. Makuira. Expedición Inderena - Universidad de Los Andes. Junio - julio, 1984. En: Plan de Manejo del Parque Nacional Natural La Macuira 2011. 104 pp.
- Lahey, J. F. 1958. On the origin of the dry climate in northern South America and the Southern Caribbean. *Department Meteorology University of Wisconsin Sciences Report* 10: 1-290.
- Lopretto, E. 1995. Crustacea Eumalacostraca. Pp. 250-265. En: Lopretto C. E. y G. Tell (Eds.). Ecosistemas de aguas continentales: Metodologías para su estudio. Tomo III. Ediciones del Sur. La Plata.
- Merritt, R. W. y K. W. Cummins (Eds.). 1984. An Introduction to the Aquatic Insects of North America, 3rd ed. Kendall/Hunt, Dubuque, IA. 722 pp.
- Ospina-Torres, R., W. Riss y J. L. Ruiz. 1999. Guía para la identificación genérica de larvas de quironómidos (Diptera: Chironomidae: Orthoclaadiinae) de la Sabana de Bogotá. Pp. 363-384 En: Amat-G., G., M. G.

SERRANÍA DE LA MACUIRA

- Andrade-C. y F. Fernández (Eds.). Insectos de Colombia, Vol. II. Academia colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Bogotá, Colombia.
- Posada, G. J. y G. A. Roldán 2003. Clave ilustrada y diversidad de las larvas de Tricóptera en el Nor-Occidente de Colombia. *Caldasia* 25(1): 169-192.
 - Ramírez, A. 2010. Capítulo 5. Odonata. *Revista Biología Tropical* 58 (4): 97-136.
 - Ramírez, A. y C. M. Pringle. 1998. Structure and production of a benthic insect assemblage in a Neotropical stream. *Journal of the North American Benthological Society* 17: 443-463.
 - Roldán G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Bogotá (Colombia): Fondo FEN-Colombia, Editorial Presencia Ltda. 217 pp.
 - Roldán, G. y J. J. Ramírez. 2008. Fundamentos de Limnología Neotropical. 2da. Ed. Medellín (Colombia): Editorial Universidad de Antioquia, Universidad Católica de Oriente y Academia Colombiana de Ciencias-ACCEFYN. 440 pp.
 - Romero, I. 2009. Las chinches gigantes de agua de Colombia (Hemiptera: Belostomatidae). Trabajo de grado. Pontificia Universidad Javeriana, Departamento de Biología. Bogotá. 148 pp.
 - Ruiz-Moreno, J. L., R. Ospina-Torres y W. Riss. 2000. Guía para la investigación genérica de larvas de quironómidos (Diptera: Chironomidae) de la Sabana de Bogotá. II. Subfamilia Chironominae. *Caldasia* 22 (1): 25-33.
 - Snow, J. W. 1976. The climate of northern South America. Pp. 295-379. En: Schwerdtfeger, W. (Ed.). *World survey of climatology*. Vol. 12. Elsevier, Amsterdam.
 - Sugden, A. 1982. The vegetation of the Serrania de Macuira, Guajira, Colombia: a contrast of arid lowlands and an isolated cloud forest. *Journal of the Arnold Arboretum* 63 (1): 1-30.
 - Tamaris, C., 2009. Transporte de materia orgánica y deriva de macroinvertebrados acuáticos a lo largo de un río tropical, Tesis de Maestría, Universidad del Magdalena. 68 pp.
 - UAESPNN. Parque Nacional Natural Macuira. Plan de manejo 2007-2011. Unidad Administrativa Especial de Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia; 2007. 37 pp.
 - Urrutia, M. X. 2005. Riqueza de especies de especies de Odonata Zigoptera por unidades fisiográficas en el departamento del Valle del Cauca. *Boletín del Museo de Entomología Universidad del Valle* 6 (2): 30-36.
 - Zúñiga, M. C. 2009. Bioindicadores de calidad de agua y caudal ambiental. Pp: 167 - 197. En: Universidad del Valle (Ed.). *Caudal Ambiental. Conceptos, experiencias y desafíos*. Programa Editorial Universidad Del Valle. 325 pp.
 - Zúñiga, M. C., C. Molineri, y E. Domínguez. 2004. El orden Ephemeroptera (Insecta) en Colombia. Pp. 17-45. En: Fernández, F., M. G. Andrade y G. Amat. (Eds.). *Insectos de Colombia* 3. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias. Santa Fé de Bogotá, Colombia.
 - Zúñiga M, J. Chará, L. Giraldo, A. Chará-Serna y G. Pedraza. 2013. Composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en pequeñas quebradas de la región andina colombiana, con énfasis en la entomofauna. *Universidad de Guadalajara. Dugesiana* 20 (2): 263-277.

L. García-Melo



8.7 COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LA ICTIOFAUNA DE RÍOS Y ARROYOS COSTEROS DE LA SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA, CARIBE COLOMBIANO

Francisco A. Villa-Navarro, Paula Sánchez-Duarte, Arturo Acero-P. y Carlos A. Lasso

Resumen

Se muestreó mediante pesca eléctrica, entre los años 2010 y 2014 al finalizar el periodo de lluvias bajas del segundo semestre (septiembre), los sectores cercanos a la desembocadura de ríos y arroyos que nacen en la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM). Se colectaron 40 especies, distribuidas en 21 familias y 11 órdenes. Los órdenes más abundantes fueron Perciformes, Mugiliformes y Siluriformes y las familias más abundantes fueron Gobiidae, Mugilidae y Trichomycteridae, entre las especies más abundantes destacan *Sicydium salvini*, *Agonostomus monticola* y *Trichomycterus nigromaculatus*. Los sistemas más diversos fueron el río Piedras y la quebrada Valencia; la mayor equitatividad se observó en el río Palomino, seguido por los ríos Ancho y Mendihuaca. Las especies más comunes fueron *Eleotris pisonis*, *Sicydium salvini* y *Agonostomus monticola*, las cuales están en siete de los ríos muestreados. De acuerdo a los muestreos, 22 especies tienen distribución restringida a uno solo de los ríos o arroyos muestreados. Cinco de los sistemas muestreados se ajustan al modelo de

distribución geométrico, dos (ríos Piedras y Ranchería) se ajustaron al modelo de distribución serie logarítmica y el río Jeréz no se ajustó a ningún modelo de distribución de abundancia. El análisis de similaridad de Bray-Curtis muestra a los ríos Ranchería y Gaira (Minca) como los ecosistemas con menor similaridad, uniéndose básicamente al agrupamiento de los demás ríos. Al parecer, la distancia de las estaciones de muestreo, a la desembocadura explica mejor que las características del hábitat, la distribución y estructura de la comunidad íctica de ríos costeros muestreados, sugiriendo que las comunidades se estructuran de acuerdo a la capacidad de colonización de las especies.

Introducción

La Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM) es un macizo montañoso localizado en el norte del país, Costa Atlántica (10° 10' y 10° 20' N y 72° 30' y 74° 15' W), entre los departamentos de Magdalena, Cesar y La Guajira. Tiene forma piramidal con una longitud de 150 km, base de 80 km² y superficie de 17.000 km², aproximadamente.

En la SNSM nacen 34 cuencas hidrográficas principales, las cuales abastecen con aproximadamente 10.000 millones de m³/año, las poblaciones de los departamentos de Magdalena, Cesar y Guajira, tres ciudades principales del norte colombiano, además de todas las actividades mineras, agrícolas, industriales y turísticas que se desarrollan en su área de influencia. Tiene tres vertientes: la vertiente norte (Mar Caribe) a la cual pertenecen 18 cuencas; la vertiente occidente (Ciénaga Grande de Santa Marta) con seis cuencas y la vertiente sur oriental (río Cesar) con diez cuencas (Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta 2012).

El conocimiento sobre la ictiofauna de los ríos que nacen en la SNSM es escaso y se limita a listados de especies (Rangel-Ch. y Garzón-C. 1995, INDERENA-FEN 1996, Galvis 1996, Ardila 1997, Fundación Pro-SNSM 1997, López y Pinto 2002) o a estudios específicos sobre especies de importancia comercial (Silva-Melo y Acero 1990, Acero 2011, Acero y Lasso 2011, Ortega-Lara *et al.* 2011, Sánchez-Garcés *et al.* 2011, Correa-Polo *et al.* 2012). El conocimiento sobre la distribución y estructura de las comunidades ícticas de ríos y arroyos costeros en la costa Caribe colombiana es relativamente pobre y casi no se han desarrollado investigaciones encaminadas a establecer estos patrones. Países de Centro América, como Costa Rica, han realizado investigaciones para evaluar la importancia relativa del tamaño del hábitat y la distancia al mar, para explicar los patrones longitudinales de distribución de las especies de peces y su estructura comunitaria (riqueza de especies, uniformidad y diversidad), así como la relación del gradiente altitudinal en la diversidad de los peces y la prevalencia de la diadromía (Lyons y Schneider 1990, Lorion *et al.* 2011). Teniendo esto como precedente,

el objetivo del estudio fue analizar la estructura de las comunidades de peces que habitan algunos ríos que nacen en la Sierra Nevada de Santa Marta y desembocan directamente al mar, así como comparar la diferencia entre ellas.

Área de estudio

La Sierra Nevada de Santa Marta es un macizo montañoso localizado en el norte del país, en la Costa Atlántica. Tiene un área de 21.158 km², hacia el norte está bordeada por el mar Caribe y las planicies de la península de la Guajira; hacia el occidente limita con la gran planicie aluvial del río Magdalena y la Ciénaga Grande de Santa Marta y hacia el suroriente la enmarcan los cursos de los ríos Rancherías y Cesar. En este macizo se encuentran las máximas alturas del país que son los picos Simón Bolívar y Cristóbal Colón (5.775 m s.n.m.) (Rangel-Ch. y Garzón-C 1995, IGAC 1996, Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta 1997).

Este macizo constituye una de las zonas más complejas desde el punto de vista geológico, con afloramientos rocosos de diferentes tipos: batolitos graníticos, dioríticos y cuarzo monzoíticos del mesozoico y del terciario; rocas volcánicas (riolitas e ignimbritas), al igual que una secuencia variada de sedimentos (calizas, areniscas y limolitas). Las formaciones geológicas comprenden edades que van desde el precámbrico hasta el Cuaternario (IGAC 1996).

El clima de la SNSM se caracteriza por su variabilidad espacial y temporal; en la distribución de la precipitación se observa un régimen de tipo bimodal tetra-estacional, con dos periodos secos, uno de enero a abril y otro corto de julio a agosto, y dos periodos de lluvias, de septiembre a noviembre y de mayo a junio. El comportamiento de las temperaturas medias men-

suales es muy regular a través del año, con una amplitud en promedio menor a 2,5°C. La SNSM presenta todos los pisos térmicos, por lo tanto la vegetación varía tanto en sentido vertical como horizontal.

Además, es una estrella fluvial en cuyos picos nevados nacen numerosos ríos que determinan cuatro vertientes hidrográficas: hacia el norte las corrientes de agua van hacia el mar Caribe, entre las cuales destacan los ríos Buritaca, Don Diego y Palomino; al este el río Ranchería y sus afluentes van a desembocar al mar Caribe; al sureste los ríos Badillo y Guatapuri vierten sus aguas en el río Cesar, afluente del Magdalena; al suroeste y al noreste los ríos Aracataca, Frío, Fundación, Sevilla, Tucurínca y sus afluentes tributan a la Ciénaga Grande de Santa Marta (Rangel-Ch. y Garzón-C 1995, IGAC 1996).

Los ríos de la SNSM que corren por su cara norte y desembocan directamente al mar

Caribe, son Córdoba, Toribío, Gaira, Manzanares, Piedras, Mendihuaca, Guachaca, Buritaca, Don Diego, Palomino, San Salvador, Ancho, Cañas, Maluisa, Jeréz, Tapias, Camarones y Ranchería (http://www.prosierra.org/index.php?option=com_content&view=article&id=173:30-cuencas-principales-banan-a-la-sierra-nevada-de-santa-marta&catid=50:photoslide).

Material y métodos

Se muestrearon los ríos Ranchería, Jeréz, Cañas, Ancho, Palomino, Don Diego, Mendihuaca, Piedras y Gaira (Minca) y la quebrada Valencia, entre 2010 y 2014 al finalizar el periodo de lluvias bajas del segundo semestre (septiembre). En cada estación de muestreo se anotaron las coordenadas geográficas, registro fotográfico y, cuando fue posible, algunos parámetros fisicoquímicos básicos (Tabla 1, Figuras 1 y 2).

Las colectas se llevaron a cabo empleando un equipo de electropesca portátil (Figura



P. Sánchez-D.

Tabla 1. Localidades de muestreo en cuerpos de agua provenientes de la Sierra Nevada de Santa Marta.

Localidad	Coordenadas		Altura (m s.n.m.)	pH	Conductividad (µS)	Sólidos disueltos (ppm)
	Norte	Oeste				
Ranchería	11°30'39,1"	72°51'22,6"	9			
Camarones	11°24'52,1"	73°03'41,2"	2			
Jeréz	11°12'26,1"	73°15'16"	69	7,89	75	39
Cañas	11°12'24,4"	73°24'23,7"	49	7,90	40	20
Ancho	11°12'22,6"	73°27'54,9"	83			
Palomino	11°14'38,8"	73°34'07,3"	7			
Don Diego	11°14'18,2"	73°41'48,9"	25	7,69	24	12
Mendihuaca	11°16'10"	73°51'39,8"	16			
Piedras	11°16'54,9"	73°54'29,3"	22	8,05	131	66
Gaira	11°08'50,8"	74°07'03,3"	663			
Q. Valencia	11°14'32,9"	73°47'59,2"	69	7,70	142	72

ICTIOFAUNA SNSM

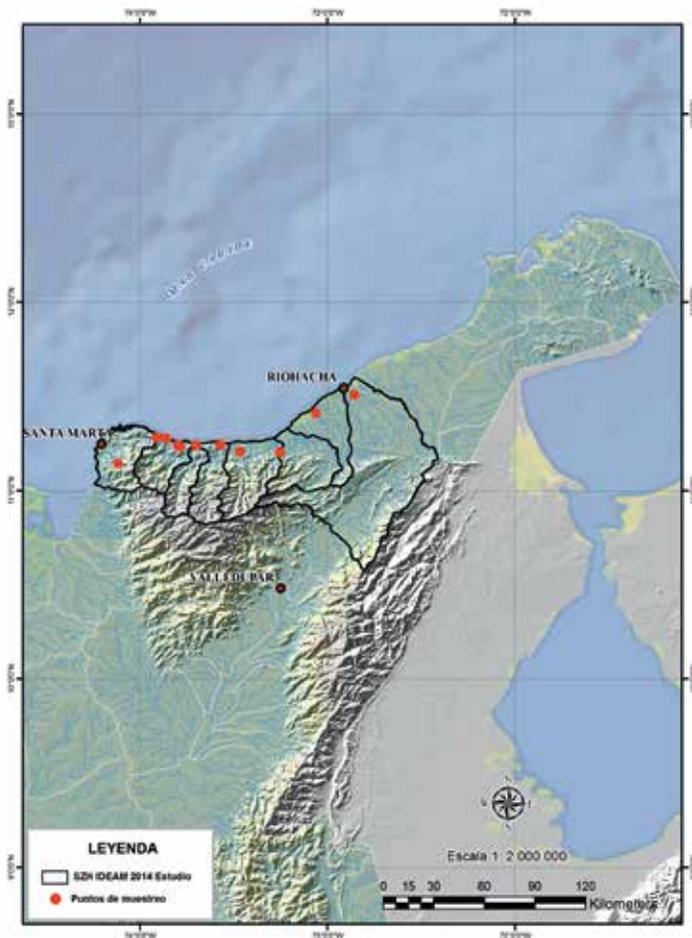


Figura 1. Mapa del área de estudio. Elaboró: Alexi Cusva.

3), debido a que este método representa una ventaja frente a otros métodos convencionales. Aunque la electropesca se encuentra limitada por la baja conductividad, permite su uso en los márgenes y en ríos de baja profundidad, facilitando la estimación de la abundancia y composición de especies en ecosistemas dulceacuícolas (Lobón-Cerviá 1991, Maldonado-Ocampo *et al.* 2005). Adicionalmente, se empleó un chinchorro,

10 m x 1.2 m con ojo de malla de 5 mm, para complementar las colectas en aquellos lugares donde las condiciones topográficas no permitieron el uso de la electropesca.

Los ejemplares colectados se encuentran en la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima – Ictiología (CZUT-IC) y en el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH-P).



P. Sánchez-D.

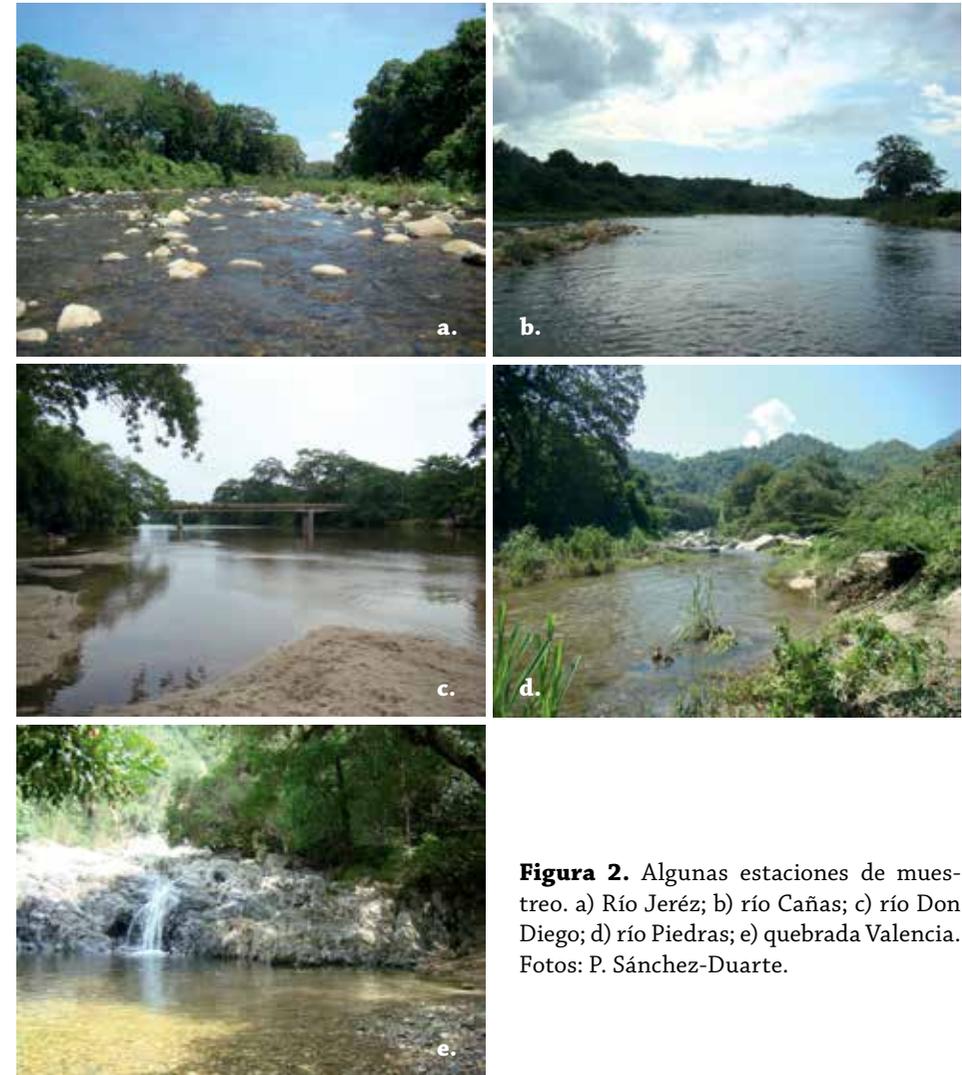


Figura 2. Algunas estaciones de muestreo. a) Río Jeréz; b) río Cañas; c) río Don Diego; d) río Piedras; e) quebrada Valencia. Fotos: P. Sánchez-Duarte.

Se calculó la abundancia relativa para estimar la importancia y proporción de cada una de las especies con respecto a la comunidad íctica de cada cuerpo de agua. Para conocer la estructura de las comunidades ícticas se evaluaron las abundancias proporcionales de las especie mediante los

modelos serie logarítmica, log-normal, geométrica y vara quebrada (Magurran 2004). Se calcularon los valores de diversidad alfa empleando los índices de Shannon-Weaver y equitatividad. Igualmente se analizó la diversidad beta por medio de los índices de Bray-Curtis y Jaccard, para

ICTIOFAUNA SNSM



Figura 3. Captura de peces con pesca eléctrica en el río Jeréz, municipio de Dibulla, departamento de La Guajira. Foto: P. Sánchez-D.

esto se utilizó el programa PAST, versión 2.17 (Hamer *et al.* 2001).

Adicionalmente, se consultaron las bases de datos de estas colecciones en busca de registros de colectas en otros ríos y afluentes que nacen en la SNSM. A esto se sumó la revisión bibliográfica de los principales trabajos desarrollados en la SNSM que incluyeran listas de especies (Galvis 1986, Rangel y Garzón 1995, Ardila 1997, López y Pulido 2002, Mojica *et al.* 2006).

Resultados y discusión

Composición

La ictiofauna de los sectores cercanos a la desembocadura de los ríos incluye 40 especies, distribuidas en 21 familias y 11 órdenes (Anexo 1). Los órdenes más abundantes fueron Perciformes (47.66%), Mugiliformes (22,13%) y Siluriformes (11,42%), seguidos

de Cyprinodontiformes (9,23%) y Characiformes (7,98%), los restantes cinco órdenes no superan el 1%, exceptuando Anguilliformes con 1,10% (Figura 4).

Las familias más abundantes fueron Gobiidae (33,89%), Mugilidae (22,13%) y Trichomycteridae (10,76%), seguidas de Eleotridae (9,94%), Poeciliidae (8,99%) y Characidae (7,93%), las restantes 15 familias no superan el 1%, exceptuando Cichlidae (2,76%) (Figura 5).

De las 40 especies colectadas, las más abundantes fueron *Sicydium salvini* (28,49%) y *Agonostomus monticola* (17,78%), seguidas por *Trichomycterus nigromaculatus* (9,75%), *Eleotris pisonis* (7,07%) y *Poecilia* sp. (6,31%), nueve especies (*Mugil incilis*, *Awaous banana*, *Astyanax* sp., *Creagrutus affinis*, *Evorthodus lyricus*, *Gobiomorus dormitor*, *Andinoacara latifrons*, *Creagrutus* sp.



P. Sánchez-D.

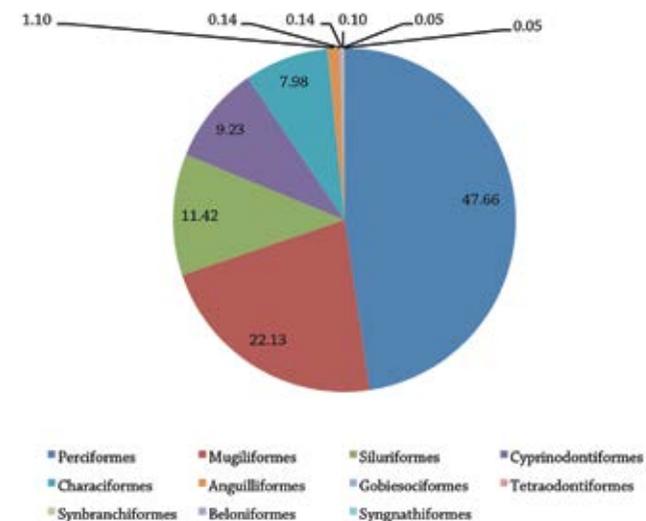


Figura 4. Abundancia relativa (%) de los 11 órdenes presentes en ríos y arroyos costeros de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM).

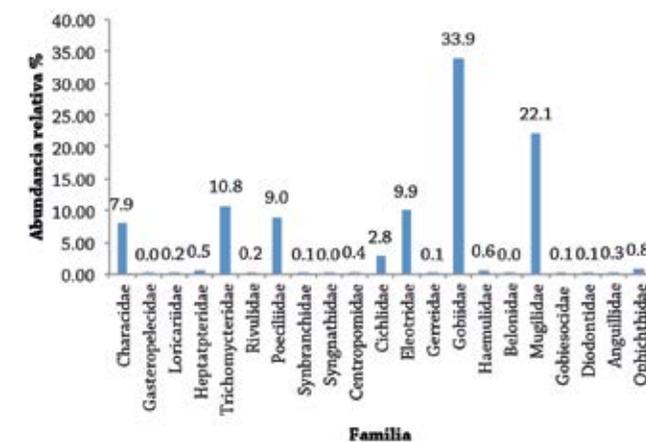


Figura 5. Abundancia relativa (%) de las 21 familias presentes en ríos y arroyos costeros de la SNSM.

y *Trichomycterus* sp.) presentaron abundancias entre 1 y 5%, y las restantes especies no superaron el 1% (Figuras 6 y 7).

El número de especies por ecosistema varió de cuatro, ríos Palomino y Gaira (Minca), a 19 en el río Piedras (Tabla 3). Los

ICTIOFAUNA SNSM

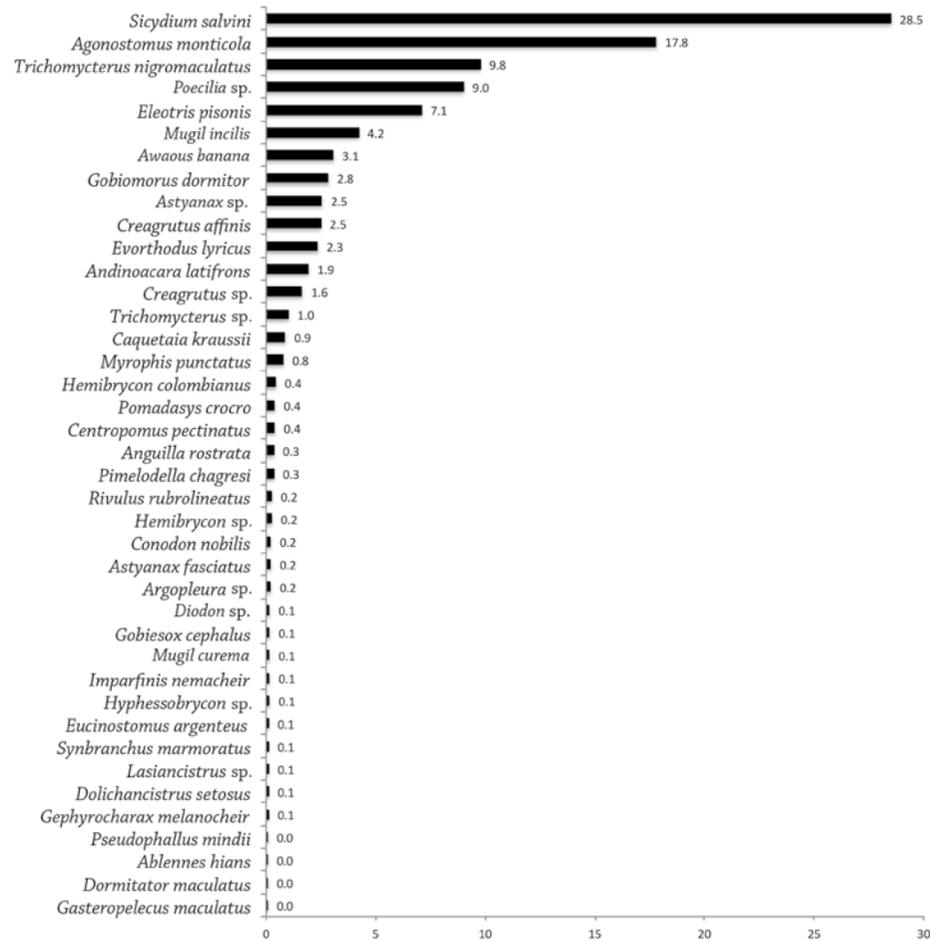


Figura 6. Abundancia relativa de las 40 especies colectadas en ríos y arroyos costeros de la SNSM.

ecosistemas más diversos parecen ser el río Piedras ($H' = 1,86$) y la quebrada Valencia ($H' = 1,80$); con valores medios se presentaron los ríos Cañas y Ranchería ($H' = 1,71$), Mendihuaca ($H' = 1,60$), Don Diego ($H' = 1,47$) y Ancho ($H' = 1,08$), y el menor valor lo presenta el río Gaira ($H' = 0,40$). Sin embargo, la mayor equitatividad la presenta la quebrada Valencia (0,603), seguido del río

Palomino ($E = 0,591$), los ríos Ancho ($E = 0,588$) y Mendihuaca ($E = 0,55$).

Las especies más comunes son *Eleotris pisonis*, *Sicydium salvini* y *Agonostomus monticola*, las cuales están en siete de los ríos muestreados y simultáneamente en los ríos Piedras y Cañas y la quebrada Valencia. *Sicydium salvini* y *Agonostomus monti-*



P. Sánchez-D.

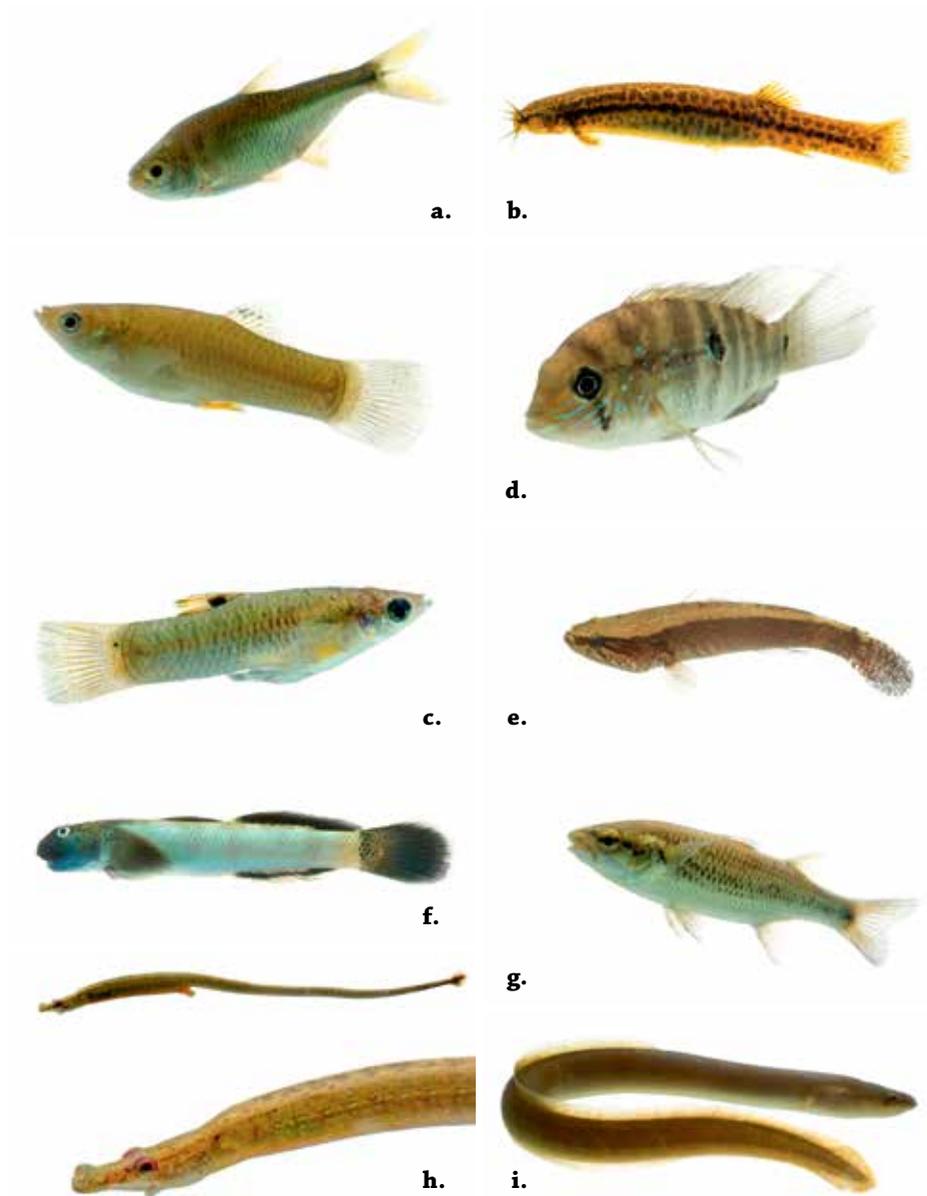


Figura 7. Algunas de las especies capturadas en los ríos y arroyos que nacen en la Sierra Nevada de Santa Marta. a) *Astyanax sp.*; b) *Trichomycterus sp.*; c) *Poecilia sp.*; d) *Andinoacara latifrons*; e) *Eleotris pisonis*; f) *Sicydium salvini*; g) *Agonostomus monticola*; h) *Pseudophallus mindii*; i) *Anguilla rostrata*. Fotos: L. García-Melo.



P. Sánchez-D.

Tabla 2. Riqueza de especies (S), diversidad de Shannon-Weiner (H') y Equitatividad (e^H/S) en ríos y arroyos costeros de la SNSM.

Índice	Ranchería	Jeréz	Ancho	Palomino	Piedras	Minca	Cañas	Don Diego	Mendihuaca	Valencia
S	12	7	5	4	19	4	12	8	9	10
H	1.71	0.43	1.08	0.86	1.86	0.40	1.71	1.47	1.60	1.80
e^H/S	0.461	0.219	0.588	0.591	0.338	0.372	0.462	0.546	0.55	0.603

cola no se registraron en el río Ranchería, *Eleotris pisonis* y *Agonostomus monticola* no se colectaron en el río Gaira (Minca).

Astyanax sp., *Poecilia sphenops* y *Poecilia* sp. se colectaron en cuatro de los ríos, y 22 especies al parecer tienen distribución restringida a uno solo de los ecosistemas muestreados, tal es el caso de *Dolichancistrus setosus* colectada en el río Jerez y *Lasiacistrus* sp. colectada en el río Ranchería. De las 11 especies colectadas en el río Ranchería, ocho de ellas al parecer sólo se distribuyen en esta cuenca; mientras los ríos Gaira (Minca) y Don Diego no presentaron especies exclusivas.

El número de especies (S) colectadas en los ríos costeros del Caribe colombiano prácticamente duplican lo reportado en regiones similares de Costa Rica, 26 especies en el río Sixola y 19 en el río Claro, donde el número de familias fue menor, 11 en el río Sixola y 13 en el río Claro, y la dominancia de ellas varió con respecto a la hallada en el Caribe colombiano, en el río Sixola las familias dominantes fueron Characidae, Poeciliidae y Cichlidae (Lyons y Schneider 1990, Lorion et al. 2011).

Hay poca información relacionada con los ríos costeros del Caribe colombiano, en cuanto a muestreos y colecciones. La Fundación Pro-SNSM (1997) indica que

en la bibliografía, los peces de la SNSM son poco referenciados por encima de los 500 m s.n.m. y no se cuenta con ningún registro confiable por encima de los 1000 m s.n.m. Galvis (1996) registra la presencia de *Sicydium salvini* y *Agonostomus monticola* para el PNN Tayrona y señala la total ausencia de peces dulceacuícolas primarios. Igualmente, INDERENA-FEN (1996) mencionan que en los ríos y arroyos del PNN Sierra Nevada de Santa Marta, parece existir solo *Trichomycterus nigromaculatus* y para el PNN Tayrona mencionan a *Agonostomus monticola*.

Rangel-Ch. y Garzón-C. (1995) registran la presencia de siete especies e indican que son el grupo de vertebrados más pobremente representados en la SNSM, sin embargo, no hacen referencia específica a los cuerpos de agua muestreados. Ardila (1997) presenta una lista sobre los peces de la SNSM, producto del muestreo de 18 cuerpos de agua, entre ríos y quebradas, reportando 97 especies pertenecientes a 34 familias y 11 órdenes; sin embargo, este listado no diferencia entre ríos que desembocan directamente al mar Caribe y aquellos que forman parte de la cuenca del río Magdalena. López y Pinto (2002) reportan como ictiofauna de los ríos Córdoba y Frío, diez especies, pertenecientes a cinco órdenes, ocho familias y nueve géneros.

Mojica (1999) reporta para la cuenca del río Ranchería, la presencia 50 especies dulceacuícolas primarias. Mojica et al. (2006) publican la lista compilada para la cuenca del río Ranchería, compuesta por 67 especies, 49 dulceacuícolas, 17 de origen marino que penetran las aguas dulces y una exótica introducida; agrupadas en 11 órdenes y 38 familias. Finalmente, Román-Valencia et al. (2009) describen a *Hemibrycon santamartae* como nueva especie, con distribución en el río Ranchería.

Lo anterior indica la necesidad de continuar con estudios metódicos que exploren la composición y estructura de la ictiofauna de los ríos y arroyos costeros del Caribe colombiano, explorando sus preferencias de hábitat y relación con gradientes altitudinales y características físico-químicas.

Distribución espacial

El análisis de modelos de distribución de abundancia de especies indica que los ríos Ancho ($D_{\text{calculado}} = 0,086$; $D_{\text{tabulado } 0,05} = 0,22734$), Cañas ($D_{\text{calculado}} = 0,141$; $D_{\text{tabulado } 0,05} = 0,19318$), Don Diego ($D_{\text{calculado}} = 0,017$; $D_{\text{tabulado } 0,05} = 0,2066$), Mendihuaca ($D_{\text{calculado}} = 0,020$; $D_{\text{tabulado } 0,05} = 0,20515$) así como la quebrada Valencia ($D_{\text{calculado}} = 0,176$; $D_{\text{tabulado } 0,05} = 0,20028$) se ajustan al modelo geométrico, sugiriendo que son comunidades con algún nivel de disturbio (Hill y Hamer 2001) y estructuradas en pocas especies dominantes, la mayoría de ellas con abundancias medias y unas pocas con abundancias bajas (Figura 8).

Los ríos Piedras ($D_{\text{calculado}} = 0,020$; $D_{\text{tabulado } 0,05} = 0,1648$) y Ranchería ($D_{\text{calculado}} = 0,099$; $D_{\text{tabulado } 0,05} = 0,19318$) se ajustaron de distribución serie logarítmica, el cual describe comunidades en procesos de sucesión temprana, hábitat pobres y entornos con pocos recursos o con disturbios recién-

tes (Withker 1972, Montoya 2014) (Figura 9). El río Jeréz no se ajustó a ningún modelo de distribución de abundancia.

El análisis de similaridad de Bray-Curtis muestra a los ríos Ranchería y Gaira (Minca) como los ecosistemas con menor similaridad, uniéndose basalmente al agrupamiento de los demás ríos (Figura 10). Se observan dos agrupamientos, el primero se compone por los ríos Mendihuaca, Piedras y Don Diego, donde los dos últimos comparten cerca del 45% de sus especies, aunque entre estos y el río Mendihuaca sólo se comparte un poco más del 25% de las especies. El segundo agrupamiento se subdivide a su vez en dos agrupamientos, el primero conformado por los ríos Ancho y Palomino con más del 40% de las especies en común; y el segundo conformado por los ríos Jeréz y Cañas a los que se une la quebrada Valencia, esta última comparte cerca del 36% de las especies con los ríos y estos comparten el 50% de sus especies.

Sin embargo, cuando el análisis se hace sólo con las especies dulceacuícolas primarias se puede observar que los ríos Palomino y Ancho no comparten ninguna especie con los demás ecosistemas (Figura 11a), esto se debe a que el primero no presenta ninguna especie dulceacuícola primaria y el segundo presenta a *Caquetaia kraussii* como exclusiva de esta cuenca. El río Gaira (Minca) comparte dos de sus especies con varios ríos, *T. nigromaculatus* con el río Cañas y *H. colombianus* con el río Piedras. El siguiente agrupamiento presenta dos unidades definidas, la primera compuesta por la quebrada Valencia y el río Ranchería a los que se une el río Jerez, y la segunda conformada por los ríos Piedras y Don Diego, a los que se unen el río Cañas y básicamente el río Mendihuaca.



P. Sánchez-D.

ICTIOFAUNA SNSM

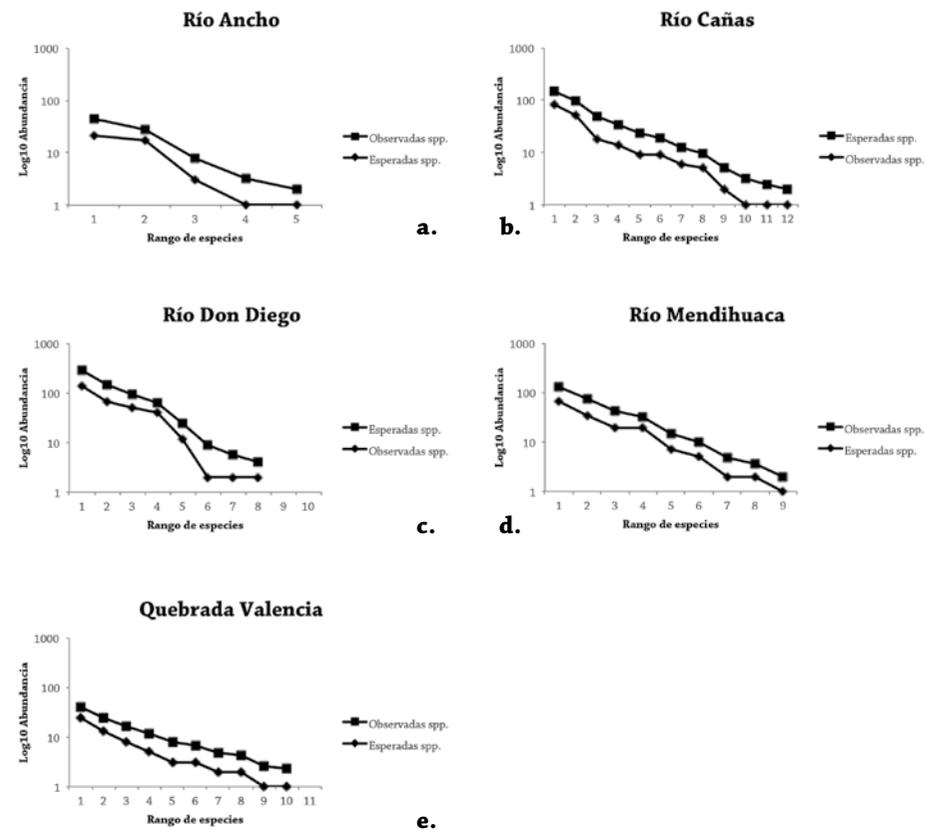


Figura 8. Modelos de distribución de especies para ríos y arroyos costeros de la SNSM que se ajustan a la serie geométrica. a) río Ancho; b) río Cañas; c) río Don Diego; d) río Mendihuaca; e) quebrada Valencia.

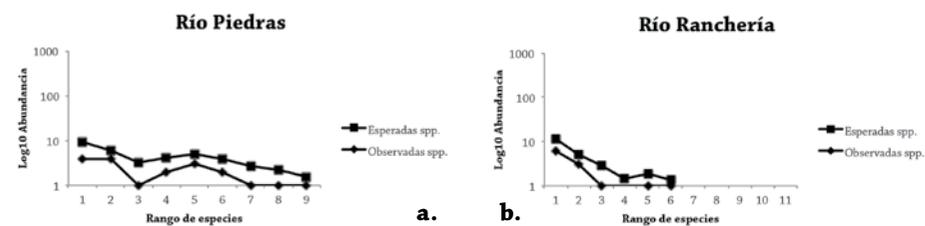


Figura 9. Modelo de distribución de especies para los ríos a) Piedras; b) Ranchería que se ajustan a la serie logarítmica.

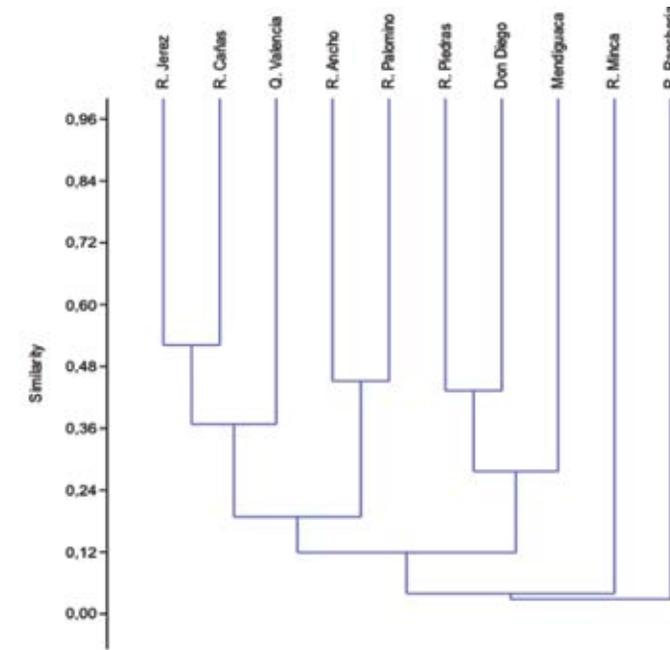


Figura 10. Similaridad de Bray-Curtis para los ríos y arroyos costeros de la SNSM.

Cuando se excluyen las especies dulcea-
cuícolas se observa que el ecosistema
basal es el río Ranchería (Figura 11b), el
cual se une a una agrupación que a su vez
se compone de dos agrupaciones. La pri-
mera es conformada por los ríos Piedras
y Don Diego a los que se une el río Men-
dihuaca, similar a la observada con espe-
cies dulcea-
cuícolas, y la segunda se divide
a su vez en dos; la primera subdivisión
comprende a los ríos Ancho y Palomino, a
los cuales se une el río Gaira (Minca), y la
segunda es conformada por la quebrada
Valencia y el río Cañas, a los cuales se les
une el río Jeréz.

El análisis de similitud de Jaccard mues-
tra variación en los agrupamientos, sigue
siendo basal el río Ranchería, pero el río

Gaira (Minca) se agrupa con el río Palomi-
no compartiendo cerca del 35% de las espe-
cies, aunque comparten menos del 10%
de ellas con los demás ecosistemas (Figura
12). La siguiente agrupación muestra al
río Ancho como basal de las dos agrupa-
ciones subsiguientes, compartiendo con
ellas un poco más del 12% de las especies;
el primer subgrupo está conformado por
los ríos Jeréz y Cañas, quienes comparten
un poco más del 30% de las especies y el
segundo subgrupo presenta a los ríos Pie-
dras y Don Diego compartiendo el 45% de
las especies, a los que se une el río Men-
dihuaca y la quebrada Valencia.

Al realizar el análisis excluyendo las espe-
cies de origen marino se observa prác-
ticamente el mismo agrupamiento que



P. Sánchez-D.

ICTIOFAUNA SNSM

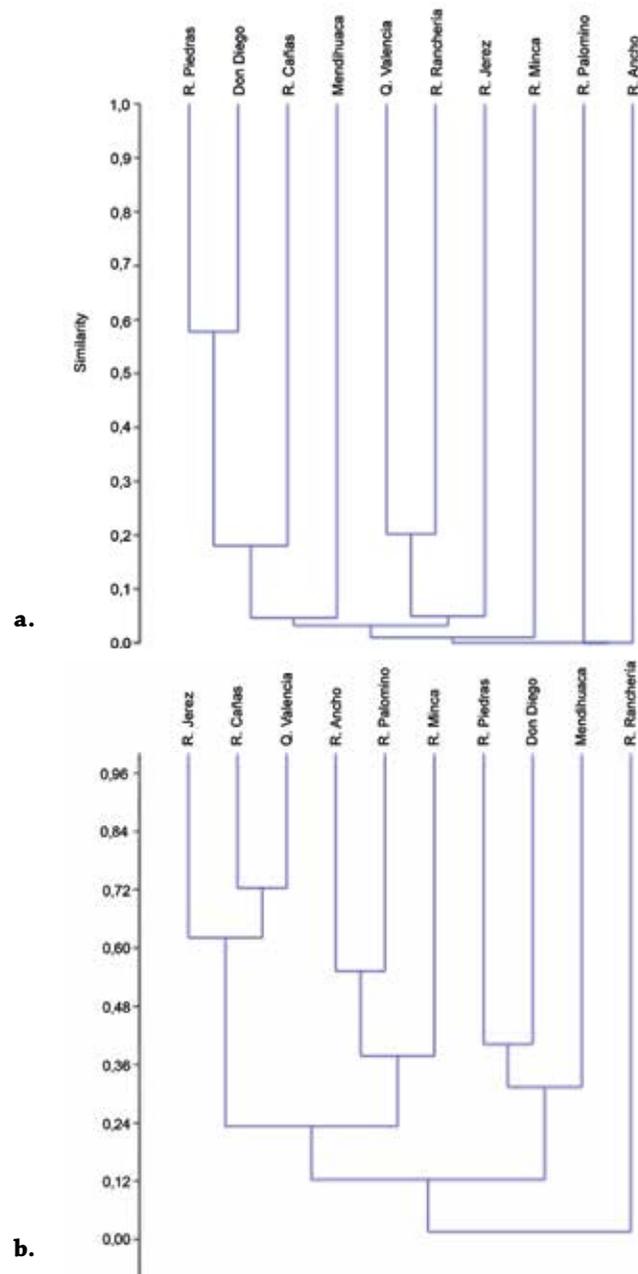


Figura 11. Similaridad de Bray-Curtis para los ríos y arroyos costeros de la SNSM; a) especies dulce- acuícolas primarias; b) especies marinas.

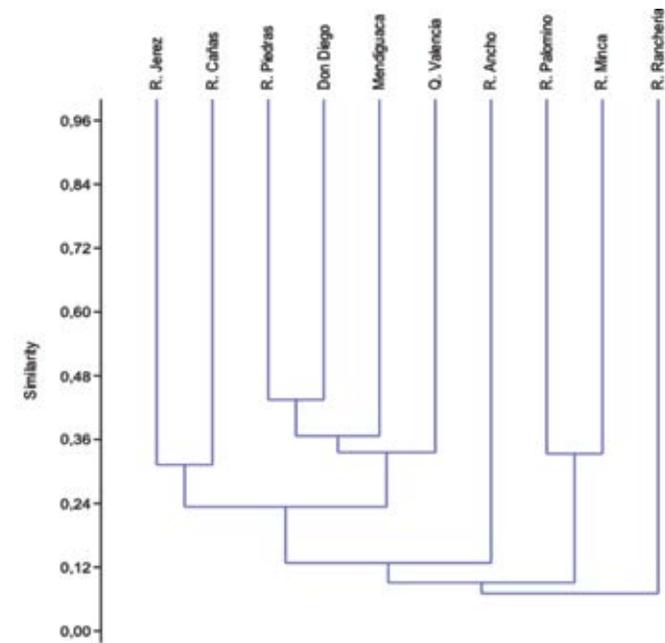


Figura 12. Similaridad de Jaccard para los ríos y arroyos costeros de la SNSM.

con Bray-Curtis, solo se observa una variación en la agrupación (Jeréz – Valencia – Ranchería), el río Ranchería se une a la agrupación río Jeréz – quebrada Valencia. Cuando el análisis solo incluye a las especies de origen marino, la quebrada Valencia se une al río Don Diego, el río Minca al río Palomino y el río Ancho a la agrupación ríos Jeréz – Cañas (Figura 11b).

Al parecer la distancia a la desembocadura explicaría mejor que las características del hábitat la distribución y estructura de la comunidad íctica de ríos costeros (Lyon y Schneider 1990), sugiriendo que las comunidades se estructuran de acuerdo a su capacidad de colonización. Es posible que esto se encuentre relacionado con la abundancia de especies diadromas, como

Sicydium salvini y *Agonostomus monticola* que contribuye a reducir la equitatividad y diversidad de los sectores bajos de los ríos costeros, ya que las distribuciones de las especies diadromas tienden a estar fuertemente influenciadas por barreras físicas de dispersión (Lorion *et al.* 2011).

Uso de las especies

Los estados larvales de *Sicydium* spp son colectados para autoconsumo en los periodos que estos retornan a los ríos (Silva-Melo y Acero 1990). Especie como la lisa boba (*Joturus pichardi*), la lisa de río (*Agonostomus monticola*) y el bocón (*Awaous banana*) son consumidas y comercializada localmente, aunque no hay estadísticas pequeras de los volúmenes capturados

ICTIOFAUNA SNSM

(Acero 2011, Ortega-Lara *et al.* 2011, Sánchez-Garcés *et al.* 2011).

Amenazas

Tomando en cuenta las seis subzonas hidrográficas (SZH) donde se realizaron los muestreos (Figura 1), se consultó la cobertura de la tierra, siguiendo la metodología de CORINE Land Cover escala 1:100.000 (IDEAM 2010). En la tabla 4 se muestran las mayores coberturas (en porcentaje) que presentan los suelos de las SZH.

El bosque denso alto de tierra firme es el que registra el mayor porcentaje de cobertura en cuatro de las seis SZH. Esto corresponde a las áreas con vegetación de tipo arbóreo caracterizada por un estrato más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, con altura del dosel superior a 15 m y que se encuentra localizada en zonas que no presentan pro-

cesos de inundación periódicos (IDEAM 2010). El arbustal denso es la cobertura de mayor porcentaje en las dos SZH restantes y corresponde a una cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbustivos, los cuales forman un dosel irregular, el cual representa más de 70% del área total de la unidad. La unidad puede contener elementos arbóreos dispersos. Esta formación vegetal no ha sido intervenida o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y sus características funcionales (IDEAM 2010).

El mayor conflicto de uso de suelo que se registra en la totalidad de las SZH es la de sobre-utilización severa, que se refiere a tierras en las cuales el uso actual supera en tres o más niveles la clase de vocación de uso principal recomendado, presentándose evidencias de degradación avanzada de los recursos, tales como procesos

erosivos severos, disminución marcada de la productividad de las tierras y procesos de salinización, entre otros (DISCUB 2014). Otras amenazas importantes que se observan en los ríos y arroyos costeros del Caribe colombiano son las relacionadas con el uso del suelo para plantaciones de banano, agricultura mecanizada y ganadería extensiva. A esto hay que sumar la invasión de sus cauces en las zonas aledañas al cruce de vías y puentes, donde se llevan a cabo extracciones de material de arrastre o construcción de infraestructura relacionada con la protección de márgenes y corrección de cauces cerca de estos últimos (Figura 13). A lo anterior se debe agregar la presión que ejerce el turismo sobre algunos ecosistemas, especialmente la quebrada Valencia y los ríos Don Diego, Buritaca, Mendihuaca y Piedras.

Conclusiones y recomendaciones para la conservación

- Los ríos costeros del Caribe colombiano presentan una gran diversidad de peces y aunque la mayoría presentan una estructura comunitaria similar,

algunos como el río Ranchería registran un comportamiento diferente, debido a sus características particulares.

- Se recomienda desarrollar investigaciones encaminadas a conocer la variación en la estructura y composición de las comunidades ícticas de estos ecosistemas, no sólo a escala temporal sino también altitudinal. Igualmente, sería importante desarrollar estudios ecomorfológicos, historias de vida, ecología trófica y estructura genética de las poblaciones de la mayoría de sus especies (p. e. *Trichomycterus* sp, *Poecilia* sp, *Sicydium* sp.), con el fin de proporcionar herramientas válidas para proponer como áreas de alto valor de conservación.
- Proteger los cauces de vertimientos de aguas residuales y de disposición de basuras, así como de explotaciones ilegales pero permanentes de arena y piedras de río. En relación a las especies de interés comercial, llevar estadísticas que permitan tener conocimiento de la tasa de explotación de las mismas.

Tabla 3. Cobertura de los suelos que se registra en las seis subzonas hidrográficas de estudio.

Cobertura de los suelos / Ríos o arroyos	Don Diego	Ancho	Camarones	Mendihuaca	Piedras	Ranchería
Arbustal abierto	1,6	2,40	17,4	0,0	10,7	17,1
Arbustal denso	3,4	3,40	29,7	0,0	6,0	23,6
Bosque denso alto de tierra firme	53,4	29,1	0,00	42,4	16,2	2,9
Herbazal denso de tierra firme no arbolado	7,9	16,4	0,00	0,0	0,0	0,6
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	7,9	10,7	2,10	15,8	15,6	5,0
Mosaico de pastos con espacios naturales	1,9	0,20	5,00	2,8	7,4	1,0
Pastos limpios	2,1	6,40	11,9	4,8	5,2	18,1
Vegetación secundaria o en transición	7,0	11,0	4,60	18,5	5,6	5,7



P. Sánchez-D.

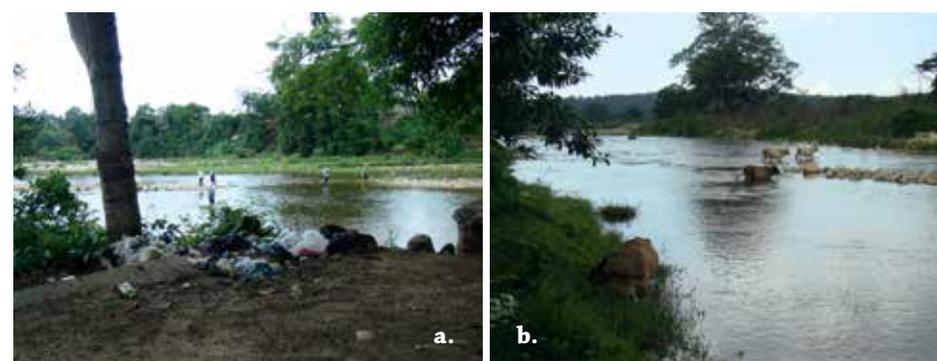


Figura 13. a) Mala disposición de las basuras a la orilla del río Cañas, b) ganadería en el río Cañas. Fotos: P. Sánchez-D.



P. Sánchez-D.

Bibliografía

- Acero P., A. 2011. *Joturus pichardi* (Mugiliformes, Mugilidae). Capítulo 7. Pp. 574-575. 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 Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
- Acero-P., A y C. A. Lasso. 2011. *Scydium plumieri* (Perciformes, Gobiidae). Capítulo 7. Pp. 638-639. 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 Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
- Ardila, C. 1997. Peces de la Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia). Pp. 99-109. En: XXXII Congreso Nacional de Ciencias Biológicas. Memorias. Pamplona, Colombia.
- Correa-Polo, F., P. Eslava, C. Martínez y J. C. Narváez. 2012. Descripción de la morfología dental y del hábito alimentario del besote *Joturus pichardi* (Mugiliformes: Mugilidae). *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* 41: 463-470.
- Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta. 1997. Plan de desarrollo sostenible de la Sierra Nevada de Santa Marta. Estrategia de conservación de la SNSM. Proyecto de cooperación colombo-alemán. Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta- Ministerio del Medio Ambiente-Departamento Nacional de Planeación. Santa Marta, Colombia. 227 pp.
- Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta. 2012. Estrategia de manejo de micro-cuencas y corredores de conservación de la sección noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta. Microcuenca El Congo. The John D. y Catherine T. MacArthur Foundation. Conservación y desarrollo sostenible. Informe final. 71 pp.
- Galvis, G. 1986. Fauna dulceacuícola del parque Tairona. *Caldasia* 15: 71-75.
- Hammer, Ø., D. A. T. Harper y P. D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Education*.
- Hill, K. y K. C. Hammer, K. C. Using species abundance models as indicator of habitat disturbance in tropical forests. *Journal of Applied Ecology* 35: 458 - 460.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 1996. Diccionario Geográfico de Colombia. Bogotá, Colombia. 650 pp.
- IDEAM. 2010. Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C. 72 pp.
- INDERENA-FEN. 1986. Colombia: Parques Nacionales. INDERENA-FEN, Bogotá. 525 pp.
- Lobón-Cervía, J. 1991. Dinámica de poblaciones de peces en ríos, pesca eléctrica y métodos de capturas sucesivas en la estimación de abundancias. Monografías del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Centro de Investigaciones de Agua (C.S.I.C.). Madrid, España. 156 pp.
- López, Y. y P. Pulido. 2002. Estudio de la ictiofauna de los ríos Córdoba y Frío, Sierra Nevada de Santa Marta, departamento del Magdalena. Tesis Profesional, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Biología Marina. 120 pp.
- Lorion, C. M., B. P. Kennedy y J. H. Braatne. 2011. Altitudinal gradients in stream fish diversity and the prevalence of diadromy in the Sixola River basin, Costa Rica. *Environmental Biology of Fishes* 91: 487 - 499.
- Lyon, J. y D. W. Schneider. 1990. Factors influencing fish distribution and community structure in a small coastal river in southwestern Costa Rica. *Hydrobiologia* 203: 1 - 14.
- Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.
- Maldonado-Ocampo, J. A., A. Ortega-Lara, J. S. Usma, G. Galvis, F. Villa-Navarro, L. Vásquez y S. Prada-Pedrerros. 2005. Peces de los Andes de Colombia. Bogotá D.C: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 346 pp.
- Mojica, J. I. 1999. Lista preliminar de las especies de peces dulceacuícolas de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 23: 547 - 566.
- Mojica, J., C. Castellanos, P. Sánchez-Duarte y C. Díaz. 2006. Peces de la cuenca del río Ranchería, La Guajira, Colombia. *Biota Colombiana* 7 (1): 129-142.
- Montoya O., D. C. 2014. Diversidad, estructura y relaciones ecomorfológicas de la ictiofauna en ecosistemas lóticos del bosque seco tropical, Tolima, Colombia. Trabajo de grado. Programa de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima. Ibagué - Tolima. 141 pp.
- Ortega-Lara, A., G. C. Sánchez-Garcés, A. Acero-P. y C. A. Lasso. 2011. *Awaous banana* (Perciformes, Gobiidae). Capítulo 7. Pp. 634-635. 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 Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
- Rangel-Ch., J. O. y A. Garzón-C. 1995. Sierra Nevada de Santa Marta-Colombia (Con énfasis en la parte norte Transecto del río Buritaca-La Cumbre). Pp. 155-170. En: Rangel, J. O. (Ed). Colombia Diversidad Biótica I. Clima, Centros de concentración de especies. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 442 pp.
- Sánchez-Garcés, G. C., A. Acero-P. y A. Ortega-Lara. 2011. *Agonostomus monticola* (Perciformes, Mugilidae). Capítulo 7. Pp. 572-573. 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 Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
- Román-Valencia, C., R. I. Ruiz-C. y D. C. Taphorn. 2009. *Hemibrycon santamartae* a new species from the Ranchería River of Eastern Caribbean Colombia (Characiformes: Characidae). *Revista de Investigaciones Universidad del Quindío* 19: 1-8.
- Silva-Melo, L. y A. Acero. 1990. Sistemática, biología y ecología del tití, *Scydium antillarum* Grant (Pisces: Gobiidae) en la región de Santa Marta, Colombia. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras* 19-20: 153-172.
- Whittaker, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21: (2/3): 213 - 251.

ICTIOFAUNA SNSM

Anexo 1. Lista de especies por sectores ríos y arroyos costeros de la SNSM.

Especie / Localidad	Río Ancho	Río Cañas	Río Don Diego	Río Jerez	Río Mendiaguaca	Río Minca	Río Palomino	Río Piedras	Río Ranchería	Quebrada Valencia
Characiformes										
Characidae										
<i>Argopleura</i> sp.									X	
<i>Astyanax fasciatus</i> (Günther 1860)								X		
<i>Astyanax</i> sp.		X			X				X	X
<i>Creagrutus affinis</i> Steindachner 1880		X								
<i>Creagrutus</i> sp.									X	
<i>Gephyrocharax melanocheir</i> Eigenmann 1912									X	
<i>Hemibrycon colombianus</i> Eigenmann 1914						X		X		
<i>Hemibrycon</i> sp.				X						X
<i>Hyphessobrycon</i> sp.		X		X						
Gasteropelecidae										
<i>Gasteropelecus maculatus</i> Steindachner 1879									X	
Siluriformes										
Loricariidae										
<i>Dolichancistrus setosus</i> Boulenger 1887				X						
<i>Lasiancistrus</i> sp.									X	

Anexo 1. Continuación.

Especie / Localidad	Río Ancho	Río Cañas	Río Don Diego	Río Jerez	Río Mendiaguaca	Río Minca	Río Palomino	Río Piedras	Río Ranchería	Quebrada Valencia
Heptapteridae										
<i>Imparfinis nemacheir</i> (Eigenmann y Fisher 1916)									X	
<i>Pimelodella chagresi</i> (Steindachner 1876)		X		X					X	
Trichomycteridae										
<i>Trichomycterus nigromaculatus</i> Boulenger 1887		X				X				
<i>Trichomycterus</i> sp.		X		X						
Cyprinodontiformes										
Rivulidae										
<i>Anablepsoides rubrolineatus</i> (Fels y de Rham 1981)									X	
Poeciliidae										
<i>Poecilia</i> sp.		X	X		X			X		
Synbranchiiformes										
Synbranchiidae										
<i>Synbranchus marmoratus</i> Bloch 1795										X
Syngnathiformes										
Syngnathidae										
<i>Pseudophallus mindii</i> (Meek y Hildebrand 1923)								X		

P. Sánchez-D.



ICTIOFAUNA SNSM

Anexo 1. Continuación.

Especie / Localidad	Río Ancho	Río Cañas	Río Don Diego	Río Jerez	Río Mendihauca	Río Minca	Río Palomino	Río Piedras	Río Ranchería	Quebrada Valencia
Perciformes										
Centropomidae										
<i>Centropomus pectinatus</i> Poey 1860								X		
Cichlidae										
<i>Andinoacara latifrons</i> (Steindachner 1878)		X						X		
<i>Caquetaia kraussii</i> (Steindachner 1878)					X					
Eleotridae										
<i>Dormitator maculatus</i> (Bloch 1792)							X			
<i>Eleotris pisonis</i> (Gmelin 1789)		X	X		X		X	X	X	X
<i>Gobiomorus dormitor</i> Lacépède 1800			X					X		
Gerreidae										
<i>Eucinostomus argenteus</i> Baird y Girard 1855								X		
Gobiidae										
<i>Awaous banana</i> (Valenciennes 1837)			X	X				X		
<i>Evorthodus lyricus</i> (Girard 1858)						X	X	X		
<i>Sicydium salvini</i> Ogilvie- Grant 1884	X	X		X		X	X	X		
Haemulidae										
<i>Conodon nobilis</i> (Linnaeus 1758)									X	

Anexo 1. Continuación.

Especie / Localidad	Río Ancho	Río Cañas	Río Don Diego	Río Jerez	Río Mendihauca	Río Minca	Río Palomino	Río Piedras	Río Ranchería	Quebrada Valencia
<i>Pomadasys crocro</i> (Cuvier 1830)					X			X		
Beloniformes										
Belonidae										
<i>Ablennes hians</i> (Valenciennes 1846)									X	
Mugiliformes										
Mugilidae										
<i>Agonostomus monticola</i> (Bancroft 1834)	X	X	X	X	X			X		X
<i>Mugil curema</i> Valenciennes 1836								X		
<i>Mugil incilis</i> Hancock 1830			X		X			X		X
Gobiesociformes										
Gobiesocidae										
<i>Gobiesox cephalus</i> Lacépède 1800	X	X								X
Tetraodontiformes										
Diodontidae										
<i>Diodon</i> sp.	X									
Anguilliformes										
Anguillidae										
<i>Anguilla rostrata</i> (Lesueur 1817)								X		X
Ophichthidae										
<i>Myrophis punctatus</i> Lütken 1852					X			X		

P. Sánchez-D.





8.8 PECES DE LOS AFLUENTES DE LA COSTA DEL ECUADOR: composición, biogeografía, aspectos ecológicos, uso y conservación

Ramiro Barriga

Resumen

La distribución de los peces de los afluentes de la costa ecuatoriana se ajusta básicamente a la distribución ictiohidrográfica propuesta por Barriga (2012), fundamentada en la presencia de una ictiofauna endémica para cada cuenca hidrográfica costera, cuya riqueza total asciende a 113 especies. La información de este documento se apoya en la base de datos de la Sección de Ictiología del Instituto de Ciencias Biológicas de la Escuela Politécnica Nacional (EPN). El endemismo íctico se debe a tres factores físicos que determinan el aislamiento de los peces fluviales: 1) las montañas costeras de Mache, Chindul, Chongón y Colonche; 2) la presencia de las estribaciones occidentales de los Andes y 3) la influencia de la Zona Ictiogeográfica Estuarina (antes denominada Intermarreal). Se da a conocer la riqueza de especies presente en los afluentes que conforman los sistemas hidrográficos de la costa, siendo la más diversa la Zona Ictiohidrográfica Estuarina (ZIE), con 120 especies. Le siguen las zonas ictiohidrográficas de agua dulce: Zona Ictiohidrográfica Guayas (ZIG) con 54 sp., la Zona Ictiohidrográfi-

ca Santiago-Cayapas (ZISC) con 48 sp., la Zona Ictiohidrográfica Esmeraldas (ZIE) con 38 sp. y por último la Zona Ictiohidrográfica Catamayo (ZIC), con 29 sp. Se mencionan algunos aspectos ecológicos, incluyendo los hábitos alimenticios de los peces de agua dulce costeros. La población rural costera consume peces fluviales y conjuntamente con la pesca marina, ha sido la principal fuente de proteínas. Se destaca que en la costa se asienta la mayor densidad poblacional del Ecuador, situación que obliga a la ejecución de proyectos de riego, de agua potable, mineros, petroleros, urbanos e hidráulicos. Las acciones humanas citadas se convierten en las principales causas de la alteración de los hábitats fluviales y por ende de las comunidades de peces de agua dulce del litoral ecuatoriano.

Introducción

La orografía y la presencia de una red hidrográfica que nace desde las alturas de los Andes y las cordilleras costeras, han ocasionado la formación de numerosos hábitats. Este entorno montañoso ha contribuido a la formación de las diferentes cuencas hidrográficas que han traído con-

PECES DE ECUADOR



R. Barriga

siglo el aislamiento y el endemismo de la ictiofauna. Por otro lado, el muestreo íctico llevado a cabo años atrás tomando en cuenta la distribución altitudinal, ha permitido ubicar a los peces en las respectivas zonas ictiohidrográficas de la costa ecuatoriana (Barriga 2012).

A fines del siglo XIX y mediados del siglo XX, los ictiólogos norteamericanos y europeos realizaron las primeras colecciones de peces que mostraron la alta diversidad, abundancia y endemismo de la ictiofauna ecuatoriana. Kner (1859), Günther (1864), Steindachner (1880), Boulenger (1887) y Pellegrin (1912), describieron algunas especies de la costa. En la misma región, Carl Eigenman (1922) de la Universidad de Indiana, describió las especies procedentes de las colecciones obtenidas en la expedición Landon. Desde 1946, el Profesor Gustavo Orcés Villagómez, inicia el estudio de las primeras colecciones realizadas por colectores profesionales: Ramón Olalla, Manuel Olalla y Gonzalo Herrera, entre los principales, quienes efectuaron las primeras colectas en las cuencas de los ríos Guayas y Santiago-Cayapas. Entre 1968 y 1971 se publica la primera y segunda lista de peces de agua dulce del Ecuador, por Michael Ovchynick (1968, 1971) quien registró 296 y 306 especies, respectivamente. En la costa, solo de agua dulce, fueron registradas 47 especies.

Las listas mencionadas fueron realizadas con base en las colecciones de la Escuela Politécnica, bajo la orientación del Profesor Gustavo Orcés. El profesor Orcés fue quien inició los primeros estudios de la ictiofauna de la costa del Ecuador, principalmente en la región norte y centro, que comprende los sistemas hidrográficos de los ríos Santiago, Esmeraldas y Guayas. Elaboró así, las primeras listas de peces,

algunas descripciones y colaboró con muchos ictiólogos de importancia internacional entre los que se pueden citar a J. Böhlke y J. Géry.

Desde 1978 hasta 1982 bajo el auspicio de la Subcomisión Ecuatoriana PREDESUR, Myriam Ibarra y Ramiro Barriga, realizan el inventario de la ictiofauna del sur del Ecuador (Ibarra y Barriga 1982). Desde 1984 hasta 1989 se realizó el estudio de la ictiofauna noroccidental del Ecuador que incluyó las cuencas de los ríos Mira, Mataje, Santiago-Cayapas, Esmeraldas y Guayas. Esta investigación fortaleció el conocimiento de la ictiofauna del Ecuador, estudio financiado por el CONACYT (Barriga 1991).

La tercera lista de peces (Barriga 1991), elaborada con base en los estudios de la sistemática y distribución altitudinal de los peces de las cuencas hidrográficas del Ecuador, registró 706 especies. De esta manera se incrementó 400 especies a la de Ovchynnyk (1971). En la Costa se añadieron 56 especies y se contabilizaron 113 especies en los tributarios fluviales que agrupan a las especies endémicas que viven en los cursos de agua de diferente jerarquía de las estribaciones occidentales andinas que riegan la llanura costera.

La cuarta lista de peces de agua dulce del Ecuador (Barriga 2012), aumentó la lista a más de 800 especies, incluyendo nuevos registros de distribución y varias especies nuevas provenientes de los entornos lacustres y lóticos de la Amazonia y la Costa.

El endemismo costero se determinó con base en varias revisiones sistemáticas y distribuciones de las especies de varias familias y géneros realizada por los especia-

listas como Vari (1989) y Román-Valencia *et al.* (2013), entre otros.

En los últimos años se han realizado descripciones de nuevas especies y revisiones de los diferentes géneros y familias de peces neotropicales en los que se incluye al Ecuador. Entre estos se pueden citar a: Vari (1989), Vari y Barriga (1990), Albert y Crampton (2003), Bockmann y Guazzelli (2003), Vari *et al.* (2005), Ferraris (2007), Maldonado-Ocampo *et al.* (2008), Ortega *et al.* (2011), Wijkmark *et al.* (2012) y Arbour *et al.* (2014), entre otros.

El presente caso de estudio va dirigido a las entidades gubernamentales, seccionales, investigadores y estudiantes que deseen conocer la ictiofauna costera ecuatoriana. En especial a las entidades dedicadas a la conservación acuática, ya que la diversidad y abundancia de los peces están siendo amenazadas por la presión humana sobre los recursos, como la sobrepesca, asociado a la alta densidad poblacional rural costera y contaminación.

Área de estudio

La cadena occidental de los Andes conjuntamente con las cordilleras costeras, originan los cursos de agua de diferente jerarquía hídrica, aumentando paulatinamente los caudales de los sistemas hidrográficos que se dirigen hacia el Océano Pacífico.

En el litoral ecuatoriano se aprecian varias cordilleras denominadas primarias que alcanzan los 700 y 800 m s.n.m., y que tienen una dirección norte-sur. La Cordillera de Chongón y Colonche se encuentra en la provincia del Guayas y se prolonga hacia el norte hasta las ciudades de Jipijapa y Portoviejo. Existen también montañas de menor altura como la de Balzar. En la provincia de Manabí se presentan las monta-

ñas de Convento y los Cerros de Coaque. En la provincia de Esmeraldas están ubicadas las montañas de Cojimíes y Atacames que no sobrepasan los 300 m s.n.m. (Terán 1995). Es importante señalar que en dirección este-oeste, las cordilleras secundarias, se prolongan desde los Andes. Al igual que las montañas del norte, se encargan de encauzar a las subcuencas hidrográficas. Entre las principales, de norte a sur se citan, en los flancos de las provincias del Carchi a los ramales Chiltazón y Ostional; en la provincia de Imbabura a los ramales de Lachas, Toisán e Intag; en Cotopaxi a los ramales de Chugchilán y Angamarca; en la provincia de Cañar los ramales de Bulubulu; en Azuay los de Suya y Molleturo y en la provincia del Oro, los ramales de Chilla, Dumari, Tahuín y Taura (Terán op. cit.).

Los ríos costeros pasan por diferentes ecosistemas que corresponden a la prolongación del Chocó de Colombia, en el norte hasta el margen derecho del río Esmeraldas y los flancos andinos, que se caracterizan por ser una región húmeda y de la parte sur, que tiene influencia de la región árida del norte del Perú.

De acuerdo al sistema de clasificación del Ministerio del Ambiente del Ecuador - MAE (2013), los ecosistemas de la costa ecuatoriana se clasifican como sigue a continuación. La parte norte, que corresponde al Chocó ecuatoriano, ha sido dividida en doce clases de bosques de llanura, siendo los principales los bosques de llanura inundable, bosques siempre verdes de llanura y bosque-herbazal inundado. La región centro y sur de la Costa, denominada Pacífico Ecuatorial, alberga a 15 ecosistemas y entre los principales se encuentran: herbazal ripario, herbazal lacustre, bosque deciduo de la cordillera coste-

PECES DE ECUADOR

ra y bosque siempreverde de la cordillera costera. Respecto a la fenología, los cursos de agua en la parte norte de la Costa cruzan los bosques siempre verde y verde estacional. Los afluentes principales de la parte central y sur de la Costa, atraviesan los bosques siempre verde y siempre verde estacional. El bosque deciduo se acerca a la zona intermareal y el semideciduo a la cordillera occidental, cubriendo en la parte sur la provincia de Loja.

Con respecto a las zonas inundables, solo en los afluentes de la zona más costera de la cuenca del río Guayas y cerca a la desembocadura de los ejes fluviales, se encuentran las zonas inundadas. Otro grupo de cuerpos de agua que confluyen al curso de los ríos Guayas, Esmeraldas y cerca al delta del río Santiago-Cayapas, pertenecen a las zonas susceptibles de inundación.

De acuerdo al bioclima, los cursos de agua del norte, riegan el ecosistema pluvial y los ríos de la región central y sur de la costa se encuentran en un ecosistema pluvioestacional. Los cuerpos de agua que bañan áreas cercanas a la cordillera de los Andes, tienen el clima húmedo superior y húmedo inferior. A los cursos medio e inferior de las subcuencas les encierra los climas seco superior y seco inferior

Material y métodos

Los registros de las especies en los afluentes de los cauces principales de la costa, provienen de la recolección de peces realizada hasta la fecha de la presente publicación.

La lista de peces y su clasificación taxonómica fue ordenada de acuerdo a la clasificación de Eschmeyer (1998), CLOFFS-CA (Reis *et al.* 2003) y Nelson (2006). Las referencias para este análisis se hicieron

con base en numerosas colecciones de los peces, dentro de proyectos ictiológicos nacionales, financiados por la Escuela Politécnica Nacional, CONACYT, PREDESUR y SENESCYT. Entre los proyectos internacionales se incluyen los financiados por: National Science Foundation, National Geographic, Field Museum of Natural History-Chicago, Conservation International, Royal Ontario Museum-Canadá. Diferentes científicos extranjeros han obtenido becas de las citadas instituciones. Los estudios fueron ejecutados con la participación de la sección de peces del Instituto de Ciencias Biológicas de la EPN.

Resultados y discusión

Los sistemas hidrográficos de la costa se mantienen aislados ya que su cauce principal se abre paso entre las cadenas montañosas, lo que obliga a los afluentes a converger en un eje fluvial que desemboca en forma aislada en el Océano Pacífico. Las corrientes de los ríos costeros, casi en todo su curso, tienen aguas torrenciales y en gran parte de estos los sustratos están cubiertos de piedras de diferente tamaño. En la época lluviosa, la parte baja de cada cuenca se inunda, mientras que en los cursos altos y medios los ríos se desbordan en distancias cercanas a la orilla. Cabe señalar que la cuenca del río Guayas es la única que se anega e ingresa grandes distancias hacia las áreas agrícolas. En el curso superior de los ríos, el agua es clara y el pH tiende a ser neutro y contiene altas cantidades de oxígeno. En la parte baja del río Guayas y el río Santiago el agua es blanca.

Basado en lo expresado anteriormente, más los análisis que se discutirán a continuación, se puede inferir que la composición de la ictiofauna es propia para cada cuenca hidrográfica a lo largo de la costa ecuatoriana (Figura 1). En la Costa



R. Barriga

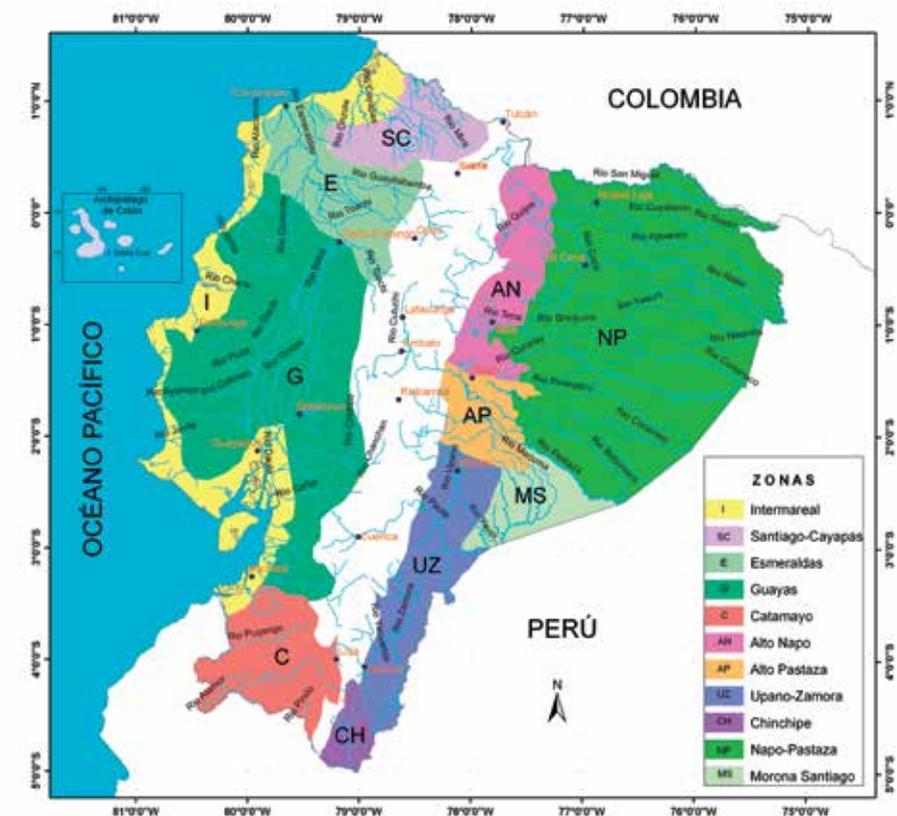


Figura 1. Mapa ictiohidrográfico del Ecuador.

han sido identificadas cinco zonas ictiohidrográficas: (ZIE) Zona Ictiohidrográfica Estuarina (antes llamada Intermareal), entre 0 y 10 m s.n.m.; (ZISC) Zona Ictiohidrográfica Santiago-Cayapas; (ZIE) Zona Ictiohidrográfica Esmeraldas; (ZIG) Zona Ictiohidrográfica Guayas y (ZIC) Zona Ictiohidrográfica Catamayo.

Dado que las cuencas hidrográficas están conformadas por la suma de numerosos riachuelos, quebradas y esteros, aquí se habla de la ictiofauna de los tributarios

principales de la costa ecuatoriana, de acuerdo a las zonas consideradas (Figura 1 y Tabla 1).

La riqueza registrada en las zonas ictiohidrográficas del Ecuador se muestra en la figura 2. Se contabilizaron cerca de 950 especies, agrupadas en 22 órdenes, 72 familias, 17 subfamilias y 393 géneros (Barriga 2012).

En la Costa el mayor número de especies corresponde a la Zona Ictiohidrográfica

PECES DE ECUADOR

Tabla 1. Regiones naturales y zonas ictiohidrográficas del Ecuador.

Región natural	Zonas ictiohidrográficas	Sigla
Costa	Estuarina (antes llamada Intermareal)	I
	Santiago-Cayapas	SC
	Esmeraldas	E
	Guayas	G
	Catamayo	C
Oriente	Alto Napo	AN
	Alto Pastaza	AP
	Upano-Zamora	UZ
	Napo-Pastaza	NP
	Morona-Santiago	MS
	Chinchipe	CH

Estuarina (120 sp.). De las zonas ictiohidrográficas de agua dulce, las que tienen mayor riqueza son la ZISC y ZIG, con 48 y 54 especies, respectivamente. Cabe señalar que la ZIG es la mayor cuenca hidrográfica y a lo largo de su cauce se producen

grandes inundaciones que dan refugio a una mayor diversidad, abundancia y tamaño de los peces de agua dulce de la Costa (Tabla 2).

Tabla 2. Riqueza de especies de las cuencas hidrográficas de la costa ecuatoriana.

Total	ZISC	ZIE	ZIG	ZIC
Familias	25	21	23	17
Géneros	42	32	45	28
Especies	48	38	54	29

Aspectos ecológicos de la ictiofauna costera y riqueza de especies por zona ictiohidrográfica

Zona Ictiohidrográfica Santiago-Cayapas (ZISC)

En esta zona ictiohidrográfica se muestran los tributarios hasta los 1000 m s.n.m. Esta cuenca está formada por dos subcuencas: a) la del río Santiago (Figura 3), cuyo curso medio alto tiene un sus-

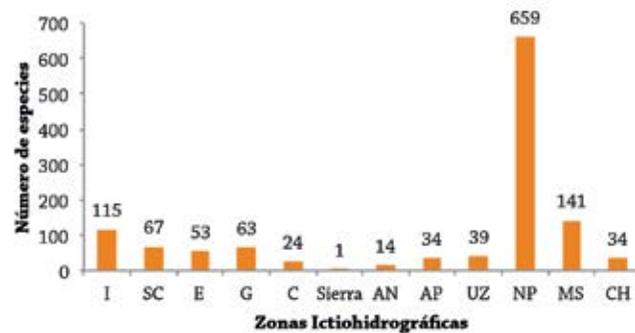


Figura 2. Riqueza de especies por zonas ictiohidrográficas del Ecuador.



R. Barriga



Figura 3. Río Santiago a) cauce principal a nivel de Concepción; b) cuenca media-alta. Fotos: CID-PUCESE.

trato de piedra; b) la del río Cayapas, que tiene el fondo pedregoso en su curso alto mientras que el curso medio y bajo son cenagosos. Los afluentes tienen las mismas características fisicoquímicas como el agua de color claro en el cauce superior y blanca en el medio y bajo. La temperatura del agua varía entre los 22 y 24°C y el pH entre los 6,7 y 7,2. El curso medio y bajo de estos ríos está habitado principalmente por los grupos étnicos Chachis y afroecuatoriano. El curso superior de estos ríos se encuentra en una reserva natural llamada Cotacachi-Cayapas.

En los afluentes de diferente orden (jerarquía) de esta zona ictiohidrográfica se han registrado 48 especies, agrupadas en 42 géneros y 25 familias (Tabla 2, Figura 4).

En la familia de los curimátidos, conocidos como dicas, *Pseudocurimata lineopunctata* habita en la corriente del río y otros hábitats pedregosos con cieno. Son especies detritívoras. Cerca a la parte superior de la columna de agua vive la sardina (*Gasteropelecus maculatus*), que se alimenta de insectos adultos de la superficie del agua. En

este mismo grupo están la sardina redondeada (*Hyphessobrycon ecuadoriensis*) y la sardinita rayada (*Pseudochalceus lineatus*). Estos peces son omnívoros, se alimentan de larvas de insectos acuáticos, anélidos y crustáceos. Los dientoncitos (*Roeboides occidentalis*), son piscívoros e incluyen en su dieta, a peces adultos de tamaño pequeño, larvas, alevines y juveniles de otros peces. Un pez piscívoro por excelencia es el guanchinche (*Hoplias malabaricus*), que habita especialmente en los márgenes de los cauces donde la velocidad de la corriente es lenta, cubierta de algo de vegetación y el fondo está cubierto de lodo. En la mitad de la corriente de los afluentes se encuentra el pez ciego (*Paracetopsis esmeraldas*), especie omnívora. Los peces barbuditos (*Trichomycterus spp*) que son parásitos de los peces grandes. Las preñadillas (*Astroblepus cf. cyclopus*) prefieren alimentarse de insectos acuáticos. Los peces paloseco (*Rineloricaria jubata*), se mimetizan con las macrófitas y entre las piedras pequeñas y adheridas a pequeños troncos sumergidos. En hábitats similares también viven las guañas (*Chaetostoma marginatum*) y el guacuco (*Hemiancistrus annectens*). Los ver-

PECES DE ECUADOR

daderos bagres (*Batrochoglanis transmontanus*), el bagrecito gris (*Pimelodella cf. grisea*), el bagre (*Rhamdia quelen*), viven en el fondo de los tributarios y son omnívoros.

Entre los peces eléctricos (Gymnotiformes), conocidos como bios, está *Sternopygus macrurus* que se encuentra en los hábitats herbáceos marginales. En hábitats que cuentan con sustratos constituidos por arena, cieno y algo de grava, viven los peces llamados “mialdera” (*Gymnotus esmeraldas*). Otra especie de menor tamaño es el “bio” (*Brachyhyppomus occidentalis*), que habita en la vegetación ribereña.

Los cíclidos, conocidos como viejas (*Andinoacara cf. sapayensis*), alcanzan a medir 13 cm, son de un color oscuro sobre los cuales se aprecia pequeñas franjas verticales; el pez macho (*Cichlasoma ornatum*) mide

hasta 40 cm y es una especie apreciada en la alimentación cuando es adulto y ocupa los remansos de los ríos grandes.

Por último y hacia la parte baja de las cuencas incluyendo los estuarios donde hay afluentes menores y pequeños humedales, están las especies de las familias Eleotridae y Gobiidae, como el mongolo (*Eleotris picta*), los “cawas” (*Gobiomorus maculatus*) y los “lameplatos” (*Awaous transandeanus*). Una especie detritívora y no muy abundante es el pez “platija” (*Trinectes fluviatilis*).

Zona Ictiohidrográfica Esmeraldas (ZIE)

El cauce del río Esmeraldas recibe innumerables afluentes y el cauce principal tiene piedras de diferente tamaño. Los tributarios se caracterizan por tener la velocidad

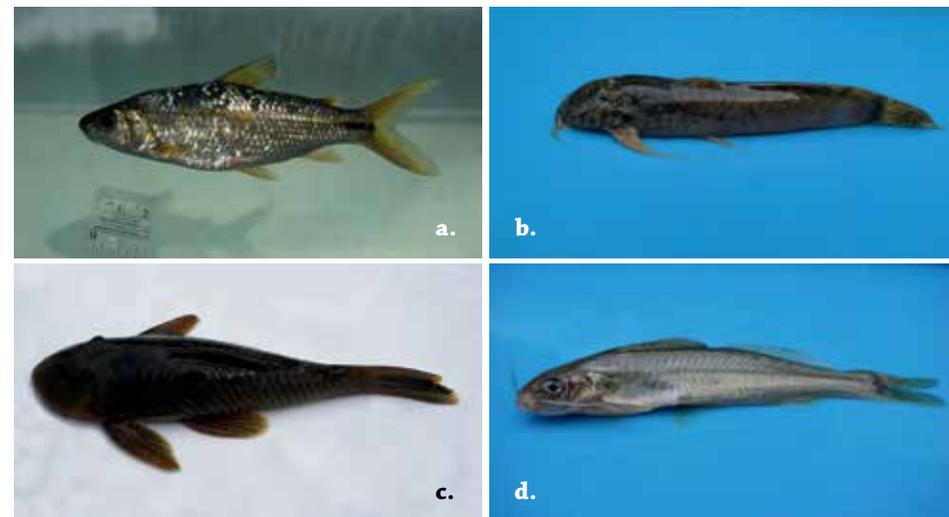


Figura 4. Especies de peces colectadas en la Zona Ictiohidrográfica Santiago-Cayapas (ZISC). a) *Pseudocurimata lineopunctata*; b) *Astroblepus cf. cyclopus*; c) *Chaetostoma marginatum*; d) *Pimelodella cf. grisea*. Fotos: R. Barriga.

de la corriente rápida, el agua clara, el fondo con piedras de diferentes tamaños, arena y grava. Hay poca vegetación acuática. Los afluentes de esta zona ictiohidrográfica cuentan con una riqueza de especies menor a la de la ZISC, se identifican 38 especies agrupadas en 32 géneros y 21 familias (Tabla 2, Figura 5).

Pseudocurimata boulengeri habita en las zonas de corriente y hábitats pedregosos con cieno. Es una especie detritívora. Hacia la parte superior de la columna de agua vive la sardina (*Bryconamericus dahli*), que se alimenta de insectos adultos que vuelan

sobre la superficie del agua. En este mismo grupo se encuentra la sardina (*Pseudochalceus bohlkei*), especie omnívora que se alimenta de larvas de insectos acuáticos, anélidos y crustáceos. Los sábalos (*Brycon dentex*) son piscívoros e incluyen en su dieta tanto los peces pequeños adultos como larvas, alevines y juveniles. Los pámpanos (*Rhoadsia minor*) son omnívoros. También, como en la ZISC está el guachiche (*Hoplias malabaricus*), habitante de los márgenes de los cauces. Entre la vegetación acuática y de poca profundidad es común la guavina (*Lebiasina aureoguttata*), una especie insectívora.



Figura 5. Especies de peces colectadas en la Zona Ictiohidrográfica Esmeraldas (ZIE). a) *Brycon dentex*; b) *Rhoadsia minor*; c) *Bryconamericus dahli*; d) *Lebiasina aureoguttata*; e) *Cichlasoma festae*. Fotos: R. Barriga.



R. Barriga

PECES DE ECUADOR

En la mitad de la corriente del afluente se encuentra el pez ciego (*Paracetopsis esmeraldas*), otra especie omnívora. Los barbuditos (*Trichomycterus cf. taenia*) son omnívoros, mientras que las preñadillas (*Astroblepus mindoensis*), prefieren alimentarse de insectos acuáticos. Los peces palo seco (*Sturisoma panamense*) también se camuflan con las plantas sumergidas y se adhieren a las piedras y a pequeños troncos sumergidos. En hábitats similares viven las guañas (*Chaetostoma aequinoctiale*), especies detritívoras. El bagrecito gris (*Pimelodella cf. elongata*) y el bagre (*Rhamdia quelen*), viven en el fondo de los tributarios y tienen una dieta diversa constituida por peces y macroinvertebrados.

Los bios (*Sternopygus macrurus*) están asociados a los hábitats herbáceos marginales, incluyendo otra especie de menor tamaño (*Brachyhyppomus occidentalis*), asociada a la vegetación acuática ribereña. En sustratos arenosos, cieno y con grava, viven los mialdera (*Gymnotus esmeraldas*). De los cíclidos destaca *Andinoacara blombergi* que alcanza a medir 10 cm. El pez “macho” (*Cichlasoma festae*) mide hasta 40 cm y también es una especie utilizada en la dieta en la fase adulta, ocupa los remansos de los ríos grandes.

Zona Ictiohidrográfica Guayas (ZIG)

Esta zona ictiohidrográfica está formada por la cuenca hidrográfica de la costa ecuatoriana, donde se encuentra la mayor densidad poblacional del Ecuador. En los tributarios de la ZIG han sido identificadas 54 especies, incluidas en 23 familias y 45 géneros (Tabla 2, Figura 6).

Los peces ratones (Parodontidae), como *Saccodon wagneri* viven en los tributarios de tamaño mediano y pequeño con sustra-

to pedregoso, especialmente en agua clara, son peces omnívoros que se desplazan en grupos de 8 a 12 individuos. Los dicas (*Pseudocurimata troschelii* y *Pseudocurimata boulengeri*) viven en los remansos de los ríos. En la parte superior de la columna de agua viven las cachuelas o sardinas de agua viven las cachuelas o sardinas como *Iotabrycon praecox*, *Landonia latidens* y *Phenacobrycon henni*, que prefieren insectos adultos. Otra cachuela que prefiere insectos es la sardina (*Hyphessobrycon ecuadorensis*) mientras que la sardinita coluda (*Pseudochalceus longianalis*) prefiere los peces pequeños y crustáceos. La sardinita *Bryconamericus bucaiyensis* es piscívora y se alimenta de peces pequeños, larvas, alevines y juveniles. Los bocachicos (*Ichthyoelephas humeralis*) son abundantes y viven en los afluentes con fondo pedregoso y cenagoso. Son muy apreciados en la pesca comercial. El guachiche (*Hoplias microlepis*) nuevamente es común en las márgenes de los ríos cubiertas por la vegetación ribereña, con fondos cenagosos.

Otra especie piscívora de fondo es el pez ciego (*Paracetopsis bleekeri*). Las preñadillas (*Astroblepus cf. longifilis*) son insectívoras. El pez raspabalsa (*Isorineloricaria spinosissima*) cuando es alevino y juvenil vive en los riachuelos y los adultos, que alcanzan tamaños de 60 cm, se desplazan a los grandes cauces. Los peces guaña (*Chaetostoma aequinoctiale*) y la raspabalsa barbuda (*Ancistrus clementinae*), se nutren de microorganismos adheridos a sustratos. La raspabalsa de fondo (*Cordylancistrus santarosensis*), que habita al sur del río Guayas se alimenta del detrito que está sobre las piedras y maderas sumergidas. De mayor tamaño son los guacucos (*Hemiancistrus landoni*), frecuentes en el cauce medio de los tributarios. Los bagrecitos (Pseudopimelodidae) como *Microglanis*



Figura 6. Especies de peces colectadas en la Zona Ictiohidrográfica Guayas (ZIG). a) *Ichthyoelephas humeralis*; b) *Pseudochalceus longianalis*; c) *Chaetostoma aequinoctiale*; d) *Cichlasoma ornatum*; e) *Andinoacara rivulatus*; f) *Awaous transandeanus*. Fotos: R. Barriga (a-e), P. Jiménez-Prado (f).

variegatus, el barbudito *Pimelodella cf. elongata* y el bagre *Rhamdia quelen*, viven en el fondo de los diferentes cuerpos de agua, todos son peces omnívoros.

Entre los Gymnotiformes, *Sternopygus arenatus*, se encuentra en los hábitats herbáceos marginales. Estos hábitats cuentan con sustratos de arena y cieno, llega a medir 50 cm.

Los cíclidos o viejas como *Andinoacara rivulatus* alcanza 20 cm. La “vieja colorada” (*Cichlasoma ornatum*) mide hasta 40 cm, es una especie apreciada en la pesca de subsistencia cuando adulto y ocupa los remansos de los ríos grandes, alcanza a medir 20 cm.

En los afluentes de menor orden y en los pequeños humedales de la parte baja de la



R. Barriga

PECES DE ECUADOR

cuenca, en las piedras de pequeño y mediano tamaño, la vegetación marginal y entre la vegetación macrofita hay góbidos como los lameplatos (*Awaous transandeanus*) y eleótridos como el mongolo (*Eleotris picta*) y los cawas (*Gobiomorus maculatus*). Como en la zona ictiohidrográfica anterior, el pez “platija” (*Trinectes fluviatilis*), tampoco es abundante.

Zona Ictiohidrográfica Catamayo (ZIC)

Los afluentes del sur y suroeste del Ecuador nacen en las estribaciones de la cordillera de los Andes. Son cuerpos que tienen una corriente muy rápida, la temperatura del agua es algo fría, clara con mucho oxígeno disuelto y el sustrato es de tamaño variable. En los afluentes de la ZIC han sido registradas 29 especies, agrupadas en 28 géneros y 17 familias (Tabla 2, Figura 7).

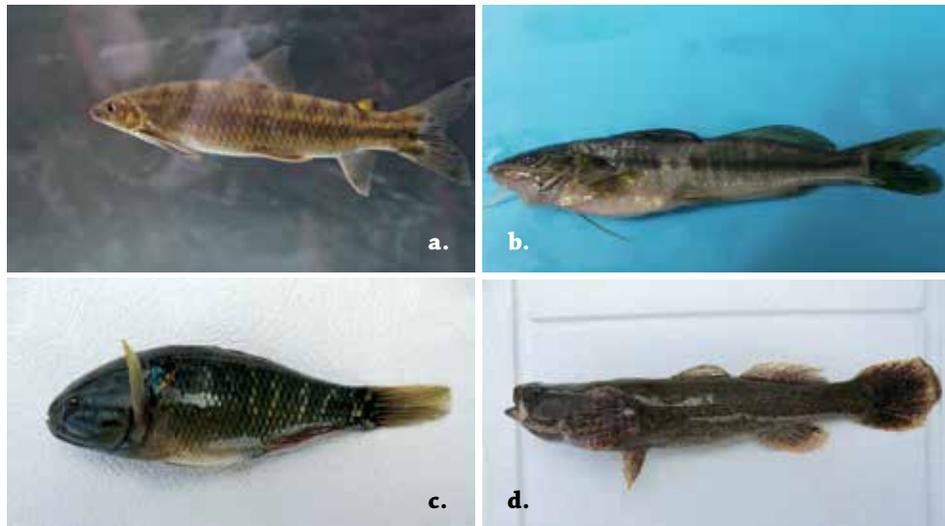


Figura 7. Especies de peces colectadas en la Zona Ictiohidrográfica Catamayo (ZIC). a) *Saccodon wagneri*; b) *Pimelodella cf. modestus*; c) *Dormitator latifrons*; d) *Eleotris picta*. Fotos: R. Barriga (a-b), P. Jiménez-Prado (c-d).

Tanto en las corrientadas como en las aguas más quietas viven los peces ratoncitos (*Saccodon wagneri*), se desplazan en grupos de 4 ó 5 individuos y se alimentan de peces pequeños. Los peces dica (*Pseudocurimata peruana*) forman grupos de 5 a 8 individuos, se alimentan de microorganismos que viven sobre las piedras, troncos y lodo. Hay dos especies de sábalos (*Brycon atrocaudatus*), omnívora y la sabaleta (*Chilobrycon deuterodon*), las dos especies se desplazan en la mitad de la corriente y son muy apreciadas en la alimentación. En el grupo de las sardinias (Characidae), están *Bryconamericus* spp y *Bryconamericus oroensis*, que habitan cerca de las corrientadas; también viven cerca de pequeñas charcas que se unen a los riachuelos a través de la vegetación herbácea sumergida. En el hábitat mencionado también se encuentra el pámpano (*Rhoadsia minor*).

En los riachuelos del interior del bosque habita *Lebiasina bimaculata*, especie insectívora. En el fondo del río viven las guañas (*Chaetostoma cf. marginatum*). Los bagrecitos (*Trichomycterus taczanowskii*), conjuntamente con los peces ciegos (*Paracetopsis atahualpa*), ocupan el fondo de los cuerpos de agua. También están las especies de preñadillas: *Astroblepus cf. eigenmanni* y *Astroblepus cf. longifilis*, que viven en los afluentes de agua clara con corrientes rápidas, se refugian entre las grandes piedras que se distribuyen en los diferentes sustratos. Los bagrecitos (*Pimelodella cf. modestus*) y los bagres (*Rhamdia quelen*), habitan hábitats de preferencia con arena y grava y en algunos casos con cieno, éstas últimas especies omnívoras.

En los Gymnotiformes está el bio *Sternopygus arenatus*, que alcanza los 50 cm de largo, habita en los afluentes cuando juvenil y se traslada hacia los cauces grandes cuando alcanza la madurez reproductiva. La familia Poeciliidae incluye los peces llamados camotillos (*Pseudopoecilia festae*) que no superan los 2,5 cm, son peces vivíparos y muy abundantes. Habitan pequeños arroyos con abundante vegetación acuática. En las playas con cieno es posible observarles a las anguilas (*Synbranchus marmoratus*), que se alimentan de pequeños gasterópodos. Ya al final de la cuenca, cerca al área intermareal, se encuentran los peces caballitos (*Pseudophallus starksi*), que habitan los fondos con arena y grava.

Endemismo

La orografía descrita anteriormente ha determinado el aislamiento geográfico de algunas de las especies registradas en la costa ecuatoriana (Anexo 1). Dicho aislamiento ha sido ocasionado por la presencia de las barreras geográficas (oroográficas) (Figura 1).



R. Barriga

Pesquerías de la costa

La ictiofauna de los afluentes costeros se caracteriza por ser poco diversa pero si abundante. Las especies comerciales en la ZISC no alcanzan tamaños grandes. Debido a las actividades ilícitas, como la pesca indiscriminada, los peces de los cauces principales han ido desapareciendo, buscando refugio entre los tributarios. Las principales especies que son utilizadas en la alimentación (pesca de subsistencia), son el macho (*Cichlasoma ornatum*), la guaña (*Chaetostoma* spp), la dica (*Pseudocurimata lineopunctata*) y el sáballo (*Brycon dentex*) (Figura 8).

En el río Atacames, provincia de Esmeraldas se practica la pesca de subsistencia realizada “con canasta” (Figura 9).

La cuenca del río Guayas tiene especies de mayores tamaños que son utilizadas tradicionalmente en la alimentación de las grandes poblaciones asentadas en las subcuencas de los ríos Babahoyo, Quevedo, Daule, Balzar, Santo Domingo, Maná, Vinces, Samborondon, Salitre y Catarama, fundamentalmente. Entre los peces comerciales empleados en la alimentación se incluyen al ratón (*Leporinus ecuadorensis*), bocachico (*Ichthyoelephas humeralis*), dicas (*Pseudocurimata troschelii* y *Pseudocurimata boehlkei*), bio (*Sternopygus arenatus*), campeche (*Isorineloricaria spinosissima*), ciego (*Paracetopsis bleekeri*) y el sáballo (*Brycon atrocaudatus*). La ictiofauna comercial es abundante y su ciclo reproductivo depende de la época de inundación.

En la ZIC al sur de la costa las especies utilizadas en la alimentación son el sáballo (*Brycon atrocaudatus*), el sáballo dientón (*Chilobrycon deuterodon*), el ciego (*Paracetopsis atahualpa*) y la dica (*Pseudocurimata peruana*). En esta zona ictiohidrográfica

PECES DE ECUADOR



Figura 8. Pesca de guaña (*Chaetostoma* spp) con arrastre de atarraya. Fotos: CID-PUCESE.



Figura 9. a-b) Mujeres de la provincia de Esmeraldas, pescando “con canasta” en el río Atacames; c) peces y camarones capturados en la pesca “con canasta”. Fotos: P. Jiménez-Prado.



R. Barriga



Figura 10. a) Minera agroindustrial; b) piscinas de relaves minera agroindustrial. Fotos: R. Barriga.

casi no hay consumo ya que la abundancia de los peces ha mermado notablemente a causa de los impactos como la contaminación proveniente de la explotación minera, razón por la cual los pobladores no incluyen los peces de agua dulce en su alimentación (Figura 10).

Piscicultura

La introducción de especies exóticas al Ecuador se remonta a fines del siglo XIX. El objetivo de la introducción de estas especies fue contar con un aporte proteico en la dieta del hombre que vivía en las áreas áridas del Ecuador, así como para la pesca deportiva (Barriga obs. pers.).

En la costa ecuatoriana los agricultores están dedicados a la cría de diferentes especies de tilapias (*Oreochromis mossambicus* y *Oreochromis niloticus*, entre otras), que han llegado a vivir en casi en todos los cuerpos de agua. En la actualidad es una de las actividades que presta mayores ingresos al país. No hay que olvidar que la producción de peces exóticos en la Costa es muy alta y convierten al Ecuador, en uno de los principales exportadores de filete de

tilapia a los Estados Unidos y Europa (Barriga obs. pers.). Otro grupo que ha sido introducido son las carpas (*Cyprinus carpio* e *Hypophthalmichthys nobilis*) utilizadas principalmente como peces ornamentales y en los policultivos de peces (Figura 11).

Conservación

La ictiofauna en la costa del Ecuador está afectada por el incremento de la población urbana y rural que avanza en forma presurosa. Así, ha ido dejando muchas áreas deforestadas y cada día se amplía la frontera urbana y agrícola, de tal manera que minimiza el escurrimiento del agua del bosque e impide que se mantenga un caudal adecuado y necesario para la vida de los peces. Diariamente se observa como en las áreas periféricas se destruyen los cinturones verdes de las grandes urbes y los bosques andinos, subtropicales y tropicales y los ríos cercanos a las ciudades se han convertido en receptores de las aguas negras de las mismas. Las aguas negras de la mayor parte de las ciudades que están ubicadas en las riberas de los ríos y el mar, arrojan sus residuos sin recibir un tratamiento previo.

PECES DE ECUADOR



R. Barriga



Figura 11. a) Piscinas o estanques de acuicultura. Hotel Comunitario Albergue Neotropical en El Chontal; b) pesca con atarraya en el poblado de El Chontal; c) pesca con anzuelo en el poblado de El Chontal; d) captura de la pesca, Escuela Fiscal Mixta “Simón Bolívar” en San Roque. Fotos: R. Barriga.

La región de la Costa está cubierta de grandes plantaciones de banano, palma africana, cacao y café. Estos monocultivos requieren periódicamente de actividades de fumigación. El riego en forma de aspersión y las lluvias han hecho que los productos químicos sean arrastrados hacia los cuerpos de agua. En la época de lluvia los residuos de fertilizantes, pesticidas y herbicidas escurren desde los campos agrícolas hacia los sistemas lóticos y lénticos. Este impacto ambiental provoca la alteración de la composición y estructura de la

comunidad de peces. También la producción de aceites está alterando los cursos medio y bajo de los ríos por la presencia de residuos de la industria oleaginoso. Las grandes urbes contaminantes, localizadas en los estuarios de la costa ecuatoriana son Machala, Guayaquil, Babahoyo, Portoviejo, Manta, Esmeraldas y San Lorenzo.

Otras amenazas incluyen la construcción de vías, proyectos hidroeléctricos, la minería informal y tecnificada y la basura que es arrojada a los ríos.

Las desembocaduras de los ríos en el mar se ven alteradas porque el hombre explota el manglar y el estuario. El crecimiento poblacional y el desarrollo turístico presionan de manera progresiva los recursos pesqueros. En este sentido, otro de los graves problemas es la sobreexplotación de los recursos ícticos. Esta se hace de forma indiscriminada utilizando métodos que alteran las comunidades de peces e incluyen el uso de la dinamita, el barbasco y de generadores para la pesca eléctrica, así como insecticidas, herbicidas y pesticidas. Otra de las acciones humanas que inciden en la supervivencia de los peces es la presencia de los oleoductos, las zonas agrícolas y el desbroce que causan el aumento de sedimentos en los ríos.

Por último, la acuariofilia y la piscicultura ha sido la causa principal de la introducción de especies. Entre las principales especies están el pez mosquito (*Gambusia affinis*), el guppi (*Poecilia reticulata*) y el pez espada (*Xiphophorus helleri*). El hábitat de estos peces en el medio natural es el mismo de peces nativos como los lebiasínidos. Todas estas especies se han convertido en los mayores competidores e incluso depredadores de algunas especies.

Bibliografía

- Albert, J. S. y W. G. R. Crampton. 2003. Seven new species of the Neotropical electric fish *Gymnotus* (Teleostei, Gymnotiformes) with a redescription of *G. carapo* (Linnaeus). *Zootaxa* 287:1-54.
- Arbour, J. H., R. E. Barriga Salazar y H. López-Fernández. 2014. A new species of *Bujurquina* (Teleostei: Cichlidae) from the Río Danta, Ecuador, with a key to the species in the genus. *Copeia* 1: 79-86.
- Barriga, R. 1991. Lista de vertebrados del Ecuador. Peces de agua dulce. *Politécnica* 16 (3) *Biología* 3: 5-88.
- Barriga, R. 2012. Las migraciones de los peces de uso alimentario en el Ecuador continental. Instituto de Ciencias Biológicas de la Escuela Politécnica Nacional. Quito – Ecuador. (En preparación).
- Bockman, F. A. y G. M. Guazzelli. 2003. Heptapteridae. Pp. 406-431. *En: Reis, R. E., S. O. Kullander y C. Ferraris, Jr. (Eds.) Check list of the fresh water fishes of South and Central America.* EDIPUCRS, Porto Alegre, Brasil.
- Boulenger, C. A. 1887. Viaggio del Dr. Enrico Festa nell' Ecuador e regioni vicini. Poissons de l' Equateur, le partie. *Bollettino dell'Istituto e Museo di Zoologia ed Anatomia Comparata della Università di Torino* 13 (329): 1-1.
- Böhlke, J. E. 1958. Studies on fishes on the family Characidae. Núm. 14. A report on several extensive recent collections from Ecuador. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 110: 1-121.
- Eigenmann, C. H. 1922. The fishes of western South America, Part I. The fresh-water fishes of northwestern South America, including Colombia, Panama, and the Pacific slopes of Ecuador and Peru, together with an appendix upon the fishes of the Rio Meta in Colombia. *Memories of the Carnegie museum* 9 (1): 1-346.
- Eschmeyer, W. N. 1998. Catalog of Fishes. Vols. 1-3. California Academy of Sciences, San Francisco California, 2905 pp.
- Ferraris, C. 2007. Checklist of catfishes, recent and fossil (Osteichthyes: Siluriformes), and catalogue of siluriform primary types. *Zootaxa* 1418. Magnolia Press. 628 pp.
- Günther, A. 1864. Catalogue of the fishes in the British Museum. Vol. 5. Catalogue of the Physostomi, containing the families Siluridae, Characidae, Haplochromidae, Sternoptychidae, Scopelidae, Stomiidae in the collection of the British Museum. Trustees, London. 455 pp.
- Géry, J. 1972. Corrected and supplemented descriptions of certain characoid fishes described by Henry W. Fowler, with revisions of several of their genera. *Studies on Neotropical Fauna* 7: 1-35.
- Ibarra, M. y R. Barriga. 1982. Los peces del sur del Ecuador. Tesis Doctoral. Universi-

PECES DE ECUADOR



R. Barriga

- dad Central del Ecuador, PREDESUR, Escuela Politécnica Nacional. 275 pp.
- Kner, R. 1859. Zur Familie der Characinen. III. Folge der Ichthyologischen Beiträge. *Denkschriften, Akademie der Wissenschaften in Wien* 17: 137-182.
 - Maldonado-Ocampo, J. A., R. P. Vari y J. S. Usmá. 2008. Checklist of the Freshwater Fishes of Colombia. *Biota Colombiana* 9 (2): 143-237.
 - Ministerio del Ambiente del Ecuador. 2013. Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador Continental. Subsecretaría del Patrimonio Natural. Quito. 136 pp.
 - Nelson, J. 2006. Fishes of the world. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons. 416 pp.
 - Ortega, H., M. Hidalgo, E. Correa, J. Espino, L. Chocano, G. Trevejo, A. M. Cortijo y R. Quishpe. 2011. Lista anotada de los peces de aguas continentales del Perú. Estado Actual del conocimiento, distribución, usos y aspectos de conservación. Universidad Mayor San Marcos de Lima- Ministerio del Ambiente. 37 pp.
 - Ovchynnyk, M. 1968. Annotated list of the freshwater fish of Ecuador. *Zoologistcher Anzeiger* 181:237-268.
 - Ovchynnyk, M. 1971. Annotated list of freshwater fishes of Ecuador. *Sonderdruck us Zoologischer Anzeiger* 181 (3/4), 237-268.
 - Pellegrin, J. 1912. Poissons de l'Equateur recueillis par le Dr. Rivet. *Mission Geodisque de l'Equateur* 9 (2): 1-15.
 - Reis, R. E., S. O. Kullander y C. J. Ferraris, Jr. (Eds.) 2003. Check list of the freshwater fishes of South and Central America. CLOFFSCA. EDIPUCRS, Porto Alegre. 729 pp.
 - Román-Valencia, C., R. I. Ruiz-C., D. C. Taphorn y C. García-A. 2013. Three new species of *Bryconamericus* (Characiformes, Characidae), with keys for species from Ecuador and a discussion on the validity of the genus *Knodus*. *Animal Biodiversity and Conservation* 36 (1): 123-139.
 - Steindachner, F. 1880. Zur Fisch fauna des Gauca und der Flüsse bei Guayaquil. *Denkschriften, Akademie der Wissenschaften in Wien* XLII 55-104.
 - Terán, F. 1995. Geografía del Ecuador. Libresa. Quito, Ecuador. 459 pp.
 - Vari, R. P. 1989. Systematics of the neotropical characiform genus *Pseudocurimata* Fernández-Yépez (Pisces. Ostariophysi). *Smithsonian Contributions to Zoology* 490: 1-28.
 - Vari, R. P. y R. Barriga. 1990. *Cyphocharax pantostictos*, a new species (Pisces, Ostariophysi: Characiformes: Curimatidae) from the western portions of the Amazon Basin. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 103(3): 550-557.
 - Vari, R. P., C. J. Ferraris, Jr. y M. C. C. de Pinna. 2005. The neotropical whale catfishes (Siluriformes: Cetopsidae: Cetopsinae), a revisionary study. *Neotropical Ichthyology* 3 (2): 127-238.
 - Wijkmark, N., S. O. Kullander y R. E. Barriga Salazar. 2012. *Andinoacara blombergi*, a new species from the río Esmeraldas basin in Ecuador and a review of *A. rivulatus* (Teleostei: Cichlidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters* 23 (2): 117-137.

Anexo 1. Ictiofauna de los afluentes costeros del Ecuador. Zonas ictiohidrográficas: ZISC= Zona Ictiohidrográfica Santiago-Cayapas; ZIE= Zona Ictiohidrográfica Esmeraldas; ZIG= Zona Ictiohidrográfica Guayas; ZIC= Zona Ictiohidrográfica Catamayo.

Taxa	Zonas ictiohidrográficas			
	ZISC	ZIE	ZIG	ZIC
Orden Characiformes				
Familia Parodontidae				
<i>Saccodon wagneri</i> Kner 1863			X	X
Familia Curimatidae				
<i>Pseudocurimata boehlkei</i> Vari 1989		X		
<i>Pseudocurimata boulengeri</i> (Eigenmann 1907)			X	
<i>Pseudocurimata lineopunctata</i> (Boulenger 1911)	X			
<i>Pseudocurimata peruana</i> (Eigenmann 1922)				X
<i>Pseudocurimata troschelii</i> (Günther 1860)			X	
Familia Prochilodontidae				
<i>Ichthyoephephas humeralis</i> (Günther 1860)			X	
Familia Anostomidae				
<i>Leporinus ecuadorensis</i> Eigenmann y Henn 1916			X	
Familia Gassteropelecidae				
<i>Gasteropelecus maculatus</i> Steindachner 1879	X			
Familia Characidae				
<i>Astyanax festae</i> (Boulenger 1898)			X	
<i>Astyanax ruberrimus</i> Eigenmann 1913	X			
<i>Brycon alburnus</i> (Günther 1860)	X			
<i>Brycon atrocaudatus</i> (Kner 1863)			X	
<i>Brycon dentex</i> Günther 1860		X		
<i>Brycon oligolepis</i> Regan 1913	X			
<i>Brycon posadae</i> Fowler 1945	X			
<i>Bryconamericus brevirostris</i> (Günther 1860)	X			
<i>Bryconamericus bucayensis</i> Román-Valencia, Ruiz-C., Taphorn y García-A. 2013			X	
<i>Bryconamericus dahli</i> Román-Valencia 2000	X			
<i>Bryconamericus oroensis</i> Román-Valencia, Ruiz-C., Taphorn P. y García-A. 2013				X
<i>Bryconamericus</i> sp. 1		X		
<i>Bryconamericus</i> sp. 2	X			
<i>Bryconamericus</i> sp. 3		X		

PECES DE ECUADOR



R. Barriga

Anexo 1. Continuación.

Taxa	Zonas ictiohidrográficas			
	ZISC	ZIE	ZIG	ZIC
<i>Bryconamericus</i> sp. 4			X	
<i>Bryconamericus</i> sp. 5				X
<i>Bryconamericus</i> sp. 6	X			
<i>Chilobrycon deuterodon</i> Géry y de Rham 1981				X
<i>Hyphessobrycon ecuadorensis</i> Eigenmann y Henn 1914	X			
<i>Iotabrycon praecox</i> Roberts 1973			X	
<i>Landonia latidens</i> Eigenmann y Henn 1914			X	
<i>Phenacobrycon henni</i> (Eigenmann 1914)			X	
<i>Pseudochalceus bohlkei</i> Orcés 1967		X		
<i>Pseudochalceus lineatus</i> Kner 1863	X			
<i>Pseudochalceus longianalis</i> Géry 1972			X	
<i>Roeboides occidentalis</i> Meek y Hildebrand 1916	X			
<i>Rhoadsia altipinna</i> Fowler 1911		X		
<i>Rhoadsia minor</i> Eigenmann y Henn 1914		X	X	X
Familia Erythrinidae				
<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch 1794)	X	X		X
<i>Hoplias microlepis</i> (Günther 1864)			X	
Familia Lebiasinidae				
<i>Lebiasina astrigata</i> (Regan 1903)	X			
<i>Lebiasina aureoguttata</i> (Fowler 1911)		X	X	
<i>Lebiasina bimaculata</i> Valenciennes 1847				X
Orden Siluriformes				
Familia Cetopsidae				
<i>Paracetopsis atahualpa</i> Vari, Ferraris y de Pinna 2005				X
<i>Paracetopsis bleekeri</i> Bleeker 1862			X	
<i>Paracetopsis esmeraldas</i> Vari, Ferraris y de Pinna 2005	X	X		
Familia Trichomycteridae				
<i>Ituglanis laticeps</i> (Kner 1863)			X	
<i>Trichomycterus banneau</i> (Eigenmann 1912)	X		X	X
<i>Trichomycterus taenia</i> Kner 1863		X		
<i>Trichomycterus taczanowskii</i> Steindachner 1882			X	X
Familia Astroblepidae				
<i>Astroblepus brachycephalus</i> (Günther 1859)	X			

Anexo 1. Continuación.

Taxa	Zonas ictiohidrográficas			
	ZISC	ZIE	ZIG	ZIC
<i>Astroblepus caquetae</i> Fowler 1943			X	
<i>Astroblepus cyclopus</i> (Humboldt 1805)			X	
<i>Astroblepus fissidens</i> (Regan 1904)			X	
<i>Astroblepus eigenmanni</i> (Regan 1904)				X
<i>Astroblepus grixalvii</i> Humboldt 1805			X	
<i>Astroblepus longifilis</i> Steindachner 1882			X	
<i>Astroblepus mindoensis</i> (Regan 1916)		X		
<i>Astroblepus regani</i> (Pellegrin 1909)	X			
<i>Astroblepus simonsii</i> (Regan 1904)	X			
<i>Astroblepus theresiae</i> (Steindachner 1907)		X		
<i>Astroblepus ubidiai</i> (Pellegrin 1931)	X			
<i>Astroblepus whympersi</i> (Boulenger 1890)		X		
Familia Loricariidae				
<i>Ancistrus clementinae</i> Rendahl 1937			X	
<i>Chaetostoma aequinoctiale</i> Pellegrin 1909			X	
<i>Chaetostoma leucomelas</i> Eigenmann 1918		X		
<i>Chaetostoma marginatum</i> Regan 1904				X
<i>Chaetostoma patiae</i> Fowler 1945	X			
<i>Cordylancistrus santarosensis</i> Tan y Armbruster 2012				X
<i>Hemiancistrus annectens</i> (Regan 1904)	X			
<i>Hemiancistrus fugleri</i> Ovchynnyk 1971	X			
<i>Hemiancistrus hammarlundi</i> Rendahl 1937			X	
<i>Hemiancistrus landoni</i> Eigenmann 1916			X	X
<i>Isorineloricaria spinosissima</i> (Steindachner 1880)			X	
<i>Rineloricaria jubata</i> (Boulenger 1902)	X			
<i>Sturisoma panamense</i> (Eigenmann y Eigenmann 1889)	X	X		
Familia Pseudopimelodidae				
<i>Batrochoglanis transmontanus</i> (Regan 1913)	X			
<i>Microglanis variegatus</i> Eigenmann y Henn 1914			X	
Familia Heptapteridae				
<i>Pimelodella elongata</i> (Günther 1860)		X		
<i>Pimelodella grisea</i> (Regan 1903)	X			
<i>Pimelodella modestus</i> (Günther 1860)		X	X	X

PECES DE ECUADOR



R. Barriga

Anexo 1. Continuación.

Taxa	Zonas ictiohidrográficas			
	ZISC	ZIE	ZIG	ZIC
<i>Rhamdia quelen</i> (Quoy y Gaimard 1824)	X	X	X	X
Orden Gymnotiformes				
Familia Gymnotidae				
<i>Gymnotus esmeraldas</i> Albert y Crampton 2003	X	X		
Familia Sternopygidae				
<i>Sternopygus arenatus</i> (Eydoux y Souleyet 1850)			X	X
<i>Sternopygus macrurus</i> (Bloch y Schneider 1801)	X	X		
Familia Hypopomidae				
<i>Brachyhypopomus occidentalis</i> (Regan 1914)	X			
Familia Apterodontidae				
<i>Apterodontus rostratus</i> (Meek y Hildebrand 1913)	X	X	X	
Orden Gobiesociformes				
Familia Gobiesocidae				
<i>Gobiesox multitentaculus</i> (Briggs 1951)	X	X		
Orden Cyprinodontiformes				
Familia Poeciliidae				
<i>Gambusia affinis</i> (Baird y Girard 1853)			X	
<i>Poecilia reticulata</i> Peters 1859		X	X	X
<i>Pseudopoecilia festae</i> (Boulenger 1898)	X	X		
<i>Pseudopoecilia fria</i> (Eigenmann y Henn 1914)			X	X
<i>Xiphophorus hellerii</i> Heckel 1848			X	
Familia Profundulidae				
<i>Profundulus punctatus</i> (Günther 1866)			X	
Orden Syngnathiformes				
Familia Syngnathidae				
<i>Pseudophallus starksi</i> (Jordan y Culver 1895)	X	X	X	X
Orden Synbranchiformes				
Familia Synbranchidae				
<i>Synbranchus marmoratus</i> Bloch 1795	X	X	X	X
Orden Perciformes				
Familia Cichlidae				
<i>Andinoacara blombergi</i> Wijkmark, Kullander y Barriga Salazar 2012		X		
<i>Andinoacara rivulatus</i> (Günther 1860)			X	

Anexo 1. Continuación.

Taxa	Zonas ictiohidrográficas			
	ZISC	ZIE	ZIG	ZIC
<i>Andinoacara sapayensis</i> (Regan 1903)	X			
<i>Cichlasoma festae</i> (Boulenger 1899)			X	
<i>Cichlasoma ornatum</i> Regan 1905	X			
<i>Oreochromis aureus</i> (Steindachner 1864)	X	X	X	
<i>Oreochromis mossambicus</i> (Peters 1852)		X		
<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus 1758)			X	
Familia Gobiidae				
<i>Awaous transandeanus</i> (Günther 1861)	X	X	X	X
<i>Gobioides peruanus</i> (Steindachner 1880)	X	X	X	X
<i>Sicydium rosenbergii</i> (Boulenger 1899)	X			
<i>Sicydium salvini</i> Ogilvie-Grant 1884		X	X	X
Familia Eleotridae				
<i>Dormitator latifrons</i> (Richardson 1844)	X	X	X	X
<i>Eleotris picta</i> Kner 1863	X	X	X	X
<i>Gobiomorus maculatus</i> (Günther 1859)	X	X	X	X
<i>Hemieleotris latifasciata</i> (Meek y Hildebrand 1912)	X			
Orden Mugiliformes				
Familia Mugilidae				
<i>Agonostomus monticola</i> (Bancroft 1834)	X	X	X	
Orden Pleuronectiformes				
Familia Achiridae				
<i>Trinectes fluviatilis</i> (Meek y Hildebrand 1928)	X	X	X	X



Recreación en el río Santiago, Ecuador. Foto: P. Jiménez-Prado

P. Jiménez-P.



8.9 LA CUENCA DEL RÍO SANTIAGO-CAYAPAS, PROVINCIA DE ESMERALDAS, NOROCCIDENTE DEL ECUADOR: importancia en las comunidades locales y relación con las actividades industriales

Pedro Jiménez Prado y Eduardo Rebolledo Monsalve

Resumen

Existen numerosas referencias sobre la importancia de la región del Chocó biogeográfico, tanto desde la perspectiva ecosistémica como por su gran biodiversidad. Sin embargo, pocas veces se menciona que el límite sur de ésta región está bajo la subscripción política del Ecuador. Buena parte de la biorregión del Chocó ecuatoriano se encuentra ligada al sistema río Santiago-Cayapas, cuenca bastante bien conservada, al menos hasta mediados del siglo pasado. Sin embargo, dada la poca presencia del estado y la creciente presión extractivista en la región, está ocurriendo una reversión en el uso del suelo y por lo tanto, alterando las condiciones naturales del sistema fluvial. El presente trabajo explora de manera general los principales componentes de afectación (deforestación, minería fluvial de oro y monocultivo intensivo), desde un enfoque social, que actualmente están influyendo en el cambio significativo de la relación y dinámica hombre-ambiente, utilizando además para ello a los peces como un elemento de análisis.

Introducción

Desde hace más de tres décadas, el norte de la provincia de Esmeraldas ha sido escenario de una drástica expansión de actividades económicas de tipo agroindustrial y extractivista (incluyendo la minería fluvial de oro), que se ha caracterizado por una importante transformación en el territorio. Este fenómeno es especialmente notorio en los cantones San Lorenzo y Eloy Alfaro, a nivel de la ribera de los ríos (Lapierre 2011). El 80% de las familias tienen acceso a menos del 20% de la tierra productiva y casi el 40% de las familias subsiste con menos de 1,5 hectáreas de uso productivo del suelo, lo que señala una agricultura sólo de subsistencia (Lapierre *op. cit.*). Una gran parte de la mano de obra en esta región, se ocupa en el sector pesquero de mar (más del 40% de la población (Rebolledo-Monsalve y Jiménez-Prado 2011), aunque se debe tener en cuenta que la mayoría de las familias de pescadores combinan la pesca con la pequeña producción agrícola en meses de temporada baja para la pesca. Así mismo, a lo largo de la cuenca del río Santiago-Cayapas, que atraviesa los mismos dos cantones, muchos

RÍO SANTIAGO-CAYAPAS

pobladores combinan formas de producción tradicionales de caza, recolección y pesca de río, con la producción de cacao. En términos prácticos, los campesinos, aún tienden a adaptar la producción de cacao a la finca tradicional, es decir sin producción intensiva, con poco uso de químicos, en un área de diversidad con frutas y verduras, destinadas al autoabastecimiento o intercambio local (CID-PUCESE 2011).

Particularmente, la cuenca del río Santiago-Cayapas comprende altitudes de entre 0 y 4939 m s.n.m. y una temperatura que varía entre los 15 a 25°C (Martínez 2010). Se trata de un río navegable, en su curso medio y bajo, con embarcaciones livianas y pequeñas, ya que cuenta con 3326 mm de precipitación promedio anual y 403 m³/s de descarga promedio (CIUSA 1998). Tiene una extensión aproximada de 6421 km² y forma parte de un sistema hidrográfico (tipología 04) con tres subcuencas: río Cayapas (tipología 040401), río Santiago (tipología 040402) y afluentes menores (tipología 040403) (CNRH 2002).

Del total de la población que habita esta zona, más del 60% se considera afroecuatoriana, el 25% mestiza y existe una importante población indígena a nivel de río Cayapas (cantón Eloy Alfaro) y en la frontera con Colombia (cantón San Lorenzo) (Minda 2002). Culturalmente, en la zona y en toda la provincia, se han construido relaciones históricas de interculturalidad, en especial, después de las luchas emprendidas por la llegada de afrodescendientes en el siglo XVII, lo que ha generado un contexto de convivencia con otras nacionalidades: los Chachis, los Awás y los Éperas, (estos últimos llegados a fines del siglo XX) (Minda 2002). Las grandes dificultades que ha tenido el estado en hacer pre-

sencia en la región desde la época colonial y las intervenciones tan sólo esporádicas de actividades privadas y extractivistas, fortalecieron estas relaciones de convivencia. Así mismo, desde los años 60, los procesos de reforma agraria y colonización de territorios baldíos y agrestes, estimularon la migración de campesinos blancos y mestizos provenientes de otras zonas del país (Lapierre 2011). Todo este proceso, de una u otra manera, siempre ha estado ligado al río, ya que en la mayoría de las comunidades solo se accedía por ruta fluvial, al menos hasta hace muy pocos años, constituyéndose su cauce en una vía de movilización, comunicación, comercio y fuente de recursos para la supervivencia de la gran mayoría de sus pobladores.

El recurso peces

En este río se han identificado, hasta la fecha, 33 especies pertenecientes a 16 familias (Anexo 1). Las especies más abundantes son las pequeñas sardinitas de la familia Characidae (p. e. *Bryconamericus dalhi*, Figura 1a), seguidas de los Loricariidae, conocidos localmente como guañas (p. e. *Chaetostoma marginatum*, Figura 1b). En la zona, la actividad pesquera es de gran importancia en la alimentación, ya que constituye una fuente de nutrientes de acceso fácil y permanente. En entrevistas realizadas se ha registrado la presencia de especies bien valoradas como la vieja mojarra (*Cichlasoma ornatum*, Figura 1c) o el sábalo (*Brycon dentex*, Figura 1d). Resulta fácil reconocer la importancia de los peces cuando se observa la frecuencia con la que pescaban tradicionalmente. Sin embargo, hoy la realidad ha cambiado y el uso de agroquímicos, la dinamita y algunas actividades de naturaleza industrial, han mermado e incluso eliminado esta actividad en algunas zonas (Tabla 1).



Figura 1. a) Chala (*Bryconamericus dalhi*); b) guaña (*Chaetostoma marginatum*); c) vieja mojarra (*Cichlasoma ornatum*); d) captura de un sábalo (*Brycon dentex*). Fotos: archivos CID-PUCESE-2014 (a - c), archivos CID-PUCESE-2013 (d).

Las actividades industriales

Minda (2013) identifica algunos periodos de intensificación de la actividad forestal en el norte de la provincia, impulsados principalmente por algunos hitos jurídico-legales y de infraestructura, como lo son: 1) la Ley de Concesiones Forestales, de 1966, que estimuló la inmigración de campesinos pobres de otros lugares del país y la extensión de la frontera agrícola como condición de legalización de tierras, 2) la inauguración del ferrocarril Ibarra-San Lorenzo, la apertura de la carretera Borbón-Esmeraldas en 1983 y la entrada en operación de numerosas carreteras menores (Maldonado-Selva Alegre; Ricaurte-Santa Rita; San Lorenzo -Yalaré-Concepción-Wimbicito) entre otras, que promovieron la colonización y la explotación del bosque en las inmediaciones de la estructura vial (Figura 2).

Según datos estimados por Sierra (2013), entre 1983 y 1993 en el noroccidente ecuatoriano se deforestaron 95.675 hectáreas, con una tasa de deforestación anual del 1,9%. Mediante imágenes satelitales se estableció que para el periodo comprendido entre el 1998 y el 2007, se han deforestado 64.716,61 hectáreas, con una tasa de deforestación anual de 1,7%. A pesar de que existe una aparente disminución de esta actividad, la evidencia es clara: con un ritmo tan rápido de deforestación, los recursos madereros se han agotado en casi todas las tierras bajas, especialmente en aquellos lugares de influencia de las comunidades del norte de la provincia de Esmeraldas.

A la deforestación y expansión de la frontera agrícola por parte de comunidades y colonos, y el consecuente cambio de uso



P. Jiménez-Prado



Figura 2. Tráfico de madera en caminos secundarios del norte de Esmeraldas. Foto: archivos CID-PUCESE-2012.

del suelo, le sigue principalmente la implantación de la explotación más intensiva de palmicultoras. En ese sentido, la deforestación ha sido funcional a la expansión de palmicultoras y permite la proyección en el futuro de su crecimiento. Este ciclo es demostrado por los datos de Sierra (2013), donde la expansión de la palmicultora se desarrolla en territorios de pastos, anteriormente ocupados por bosques (Figura 3). De hecho, existen comunidades donde su único medio de ingreso, se da a través de los caminos en medio de grandes plantaciones de palma africana (Figura 4).

En cuanto a la explotación minera para la extracción de oro a lo largo del Santiago-Cayapas, esta no difiere de otros casos registrados por diferentes medios a lo largo de la costa del Pacífico, como es el caso de

la minería aurífera fluvial (Idárraga *et al.* 2010 y González 2013, entre otros). Básicamente, el proceso es muy similar: se realiza el corte hasta acceder a la peña, para luego por medio de una, dos y hasta tres palas mecánicas, depositar la tierra en la clasificadora. La clasificadora es una estructura vertical de madera y metal que posee en su interior una serie de niveles en forma de “zig-zag” descendentes (Figura 5). En esta se pone el material extraído, para luego verter grandes cantidades de agua a presión sobre los diferentes tipos de tierra que la componen, desde lo más alto de la estructura. De este modo, se logran separar las diferentes densidades y entre ellas, seleccionar la que contiene el oro; que por lo general está con la arenilla de color negro. Para lograr este lavado, que se da por gravedad, es necesaria una

gran cantidad de agua, la cual debe ser suministrada mediante bombas con el fin de poder llevarla al tope de la clasificadora. Este proceso explica, en buena medida, la necesidad de los mineros de explotar sectores aledaños a los ríos. Adicionalmente, el uso de lavado por gravedad aumenta la erosión y libera el material tóxico acumulado en las rocas hacia los cauces del río. Lo que explica el hecho de que se encuentren altos niveles de arsénico en los ríos (CID-PUCESE y PRAS-MAE 2012; 2014), a pesar

de no ser un producto artificial incluido en el trabajo de la minería.

En algunos casos, debido a la alta demanda de agua requerida, el proceso puede incluso desviar el cauce de esteros y riachuelos menores. Eso sin contar con que la búsqueda de sitios apropiados trae consigo muchas veces deforestación de sectores para hacerlos útiles a la explotación. Por ejemplo, sobre un camino compuesto por rocas removidas, y que requiere cruzar



P. Jiménez-Prado



Figura 3. Dinámica del uso del suelo, según Lapierre (2011).



Figura 4. Camino secundario que conduce a la comunidad de Wimbí, atravesando la palmicultora de EnrgyPalma en el cantón Eloy Alfaro. Foto: archivos CID-PUCESE-2012.

RÍO SANTIAGO-CAYAPAS



Figura 5. Explotación minera en proceso de trabajo: excavadora y clasificadora. Foto: archivos CID-PUCESE-2011.

en varias ocasiones el río Bogotá (afluente menor del Santiago), es posible divisar una extensión de kilómetros de largo en la que sólo es posible observar tierra removida, campamentos mineros (o restos de ellos) y piscinas que en algún momento fueron cortes mineros. Todo ello ha ocasionado daños, aún no dimensionados completamente, pero que pueden ser estimados (Tabla 2). La flora y la fauna de los ambientes terrestres y acuáticos están amenazadas y a pesar de no existir estudios ecológico-ambientales detallados, el testimonio de habitantes y la observación directa sobre la degradación de los ecosistemas es evidente.

Los testimonios

Algunos de los testimonios recogidos mencionan: *Los ríos están muy contamina-*

dos, hay muerte de peces; el agua llega espesa y el ganado deja de tomar agua; los niños se llenan de sarna en la cabeza cuando se bañan en el río.

La expansión progresiva de la actividad palmicultora, también ha generado un impacto visible, aunque aún no cuantificado, en los ríos y esteros de la zona. Las comunidades coinciden en un descenso ostensible de la población de peces y camarones; existen afectaciones a la piel, náuseas y vómitos, aunque aún falta un estudio que determine esas afectaciones, su magnitud y sus posibles efectos acumulativos. Un testimonio local señala: *las palmeras, cuando ocupan venenos dan aviso de no comer peces muertos del río, seis horas después los peces están descompuestos.*



P. Jiménez-Prado

Tabla 1. Técnicas utilizadas para la pesca. Fuente: CID-PUCESE (2011). * Pesticidas (principalmente Metabín, Palmarol, Malation, DDT). ** Redes (principalmente enmalle y/o atarraya). *** Arpón, trampas, a mano o con canasto.

Localidades ribereñas	Técnicas de pesca					Frecuencia de pesca (veces/semana)	
	Químicos*	Dinamita	Redes**	Anzuelo	Otros***	Tradicional	Actual
Valle de la Virgen	x			x		1-3	0-1
San Francisco	x	x	x	x	x	2-4	0-1
Cachaví		x	x	x	x	2-4	0-1
Wimbí	x	x	x	x		2-4	0-1
San Agustín			x	x		1-3	0-1
Concepción		x	x	x	x	1-3	0-1
Selva Alegre		x	x	x	x	1-3	0-1
La boca	x	x	x	x		2-4	0-2
Playa de Oro			x	x	x	2-4	2-4

RÍO SANTIAGO-CAYAPAS



P. Jiménez-Prado

Tabla 2. Posibles afectaciones a ecosistemas terrestres y acuáticos en el área de explotación minera en el Santiago-Cayapas. Fuente: CID-PUCESE (2011).

ACTIVIDADES	Ecosistemas terrestres		Ecosistemas acuáticos	
	Bosques	Suelos	Arroyos	Ríos
Asentamientos temporales	Aumento de tala y caza, introducción de especies invasoras, contaminación sonora	Contaminación física (basura), contaminación química por pequeños derrames de combustibles, focos de infecciones por carencia de servicios higiénicos	Contaminación orgánica y química por detergentes, cloro, etc.	Igual pero en menor grado producto de una mayor dilución
Tránsito de maquinaria pesada	Tala en apertura de trochas, estrés en animales que migran, degradación de hábitats	Compactación del suelo, pérdida de fauna, alteración de circulación de agua	Alteración de cursos de agua y hábitats acuáticos, disminución de diversidad de peces y macroinvertebrados, potencialidad de derrames de aceites y combustibles	
Transporte de combustible	Fuente potencial de contaminación por derrames	Fuente potencial de contaminación por derrames	Fuente potencial de contaminación por derrames	Fuente potencial de contaminación por derrames
Excavaciones profundas y movimientos de tierra	Tala previa	Perdida de cubierta fértil del suelo, inutilización de terrenos para otras actividades productivas, potencialidad de derrumbes por desestabilización de terrenos y de sectores con pendientes. Formaciones de piscinas de agua con lixiviados.		

Tabla 2. Continuación.

ACTIVIDADES	Ecosistemas terrestres		Ecosistemas acuáticos	
	Bosques	Suelos	Arroyos	Ríos
Succión y bombeo de agua	Alteración de balance hídrico por retiro de agua que podría afectar a los árboles	Alteración de balance hídrico	Succión de grandes volúmenes de caudal, disminución de productividad primaria por cosecha de productores primarios, degradación de hábitats y disminución de diversidad por cosecha de juveniles de peces e invertebrados	Succión de grandes volúmenes de agua
Escorrentía de aguas alteradas y lodos	Arrastre de materia orgánica, inundaciones y acumulación de lodos en bosques	Aumento de procesos erosivos y desestabilización de terrenos con pendientes	Aumento de turbidez, arrastre de sedimentos, disminución de productividad primaria, contaminación química, inutilización de consumo de agua, disminución de diversidad de peces y macroinvertebrados	Aumento de turbidez, arrastre de sedimentos, disminución de productividad primaria, contaminación física y química, inutilización de consumo de agua, disminución de diversidad de peces y química

RÍO SANTIAGO-CAYAPAS

Se nota, a mi manera de entender, de que ya se está observando la pobreza más extremada en nuestras comunidades, ¿por qué razón?, porque anteriormente, nuestra gente se mantenía de lo que daba la naturaleza, el pescado y los animalitos de monte, ahora no. Porque no hay donde cazar nada ni pescar nada, sí? [...] Se cogía guañas, un pescado rico, sabroso, las señoras se metían a coger con su canasto, ya no lo pueden hacer. Entonces, la pobreza más extremada va a ser esa. (Promotor de salud comunitaria).

¿Qué puede estar pasando?

El conocimiento local, de afectaciones a la flora y la fauna, se confirma con el simple análisis de su aspecto físico (Figura 6), en donde se puede inferir que la simple tur-

bidez afecta el funcionamiento de ecosistemas acuáticos debido a factores tales como: 1) al disminuir la penetración lumínica afecta a la comunidad fotosintetizadora (primer nivel trófico de este ecosistema) de la columna del agua (bacterias, micro-algas, algas etc.), que constituyen la base de la cadena trófica acuática; al disminuir ésta en biomasa generada en el tiempo (productividad primaria), disminuye el flujo de energía hacia el segundo nivel trófico (zooplankton y peces herbívoros). 2) Al disminuir la transparencia del agua, disminuye también la eficiencia de los consumidores secundarios y terciarios, peces depredadores, adaptados a la detección visual de presas, lo que estaría generando un refugio espacial (escape) de pre-

sas que, al no ser vistas, no son atrapadas, esto afecta sin duda a los niveles tróficos superiores.

Un terreno donde funcionó una mina, al haber perdido su cubierta fértil, no solo elimina su potencial productivo para actividades agropecuarias, sino que queda con poca oportunidad para resiliencia, es decir si no se invierten considerables recursos para recuperar los horizontes del suelo, estaríamos hablando de zonas con un “suelo perdido”.

Bajo condiciones de impacto como palmicultoras y sobre todo la minería, la probabilidad de encontrar peces con tumoraciones es mucho mayor (Figura 7).

Si bien en Ecuador hay un marco legal para los límites máximos permisibles de metales pesados en aguas superficiales y sedimentos, no existe ningún límite establecido para la presencia de metales pesados en tejido de biota. Esto es importante si se considera que los peces son la principal causa de ingestión de tóxicos en comunidades donde la pesca constituye una fuente común de proteínas. En diagnósticos realizados sobre la presencia de algunos metales en tejido de peces (CID-PUCESE y PRAS-MAE 2012, 2014), se encontraron resultados preocupantes, como el caso de la cagua (*Gobiomorus maculatus*), donde el zinc, el cadmio e incluso el mercurio han sido encontrados (Tabla 3).



Figura 6. Confluencia de dos riachuelos, el de la izquierda con afluentes de la minería y a la derecha un cauce donde no se realiza minería; a nivel del Valle de la Virgen, cantón San Lorenzo. Foto: archivos CID-PUCESE-2011.

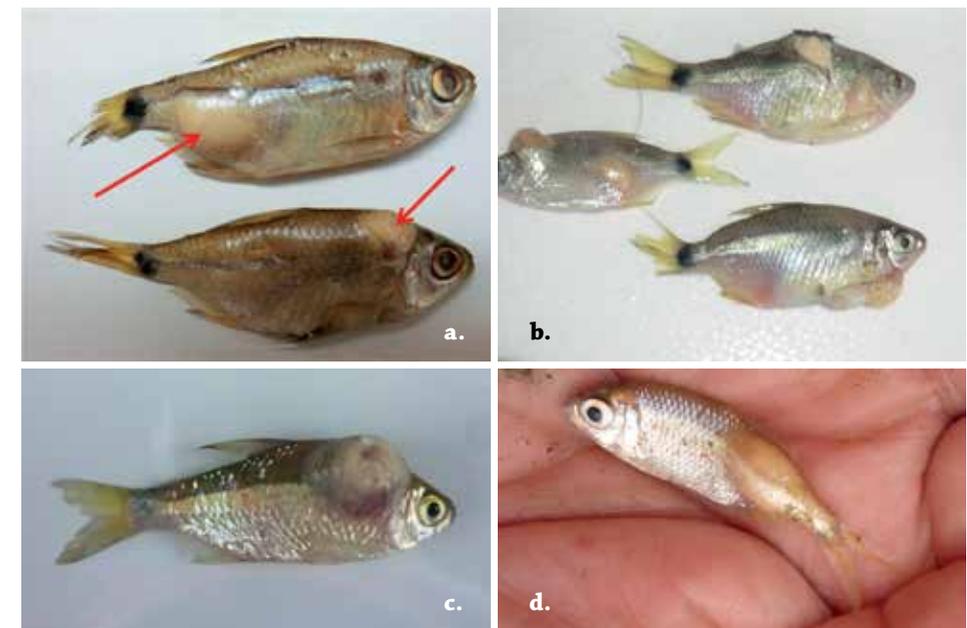


Figura 7. Peces capturados en afluentes del río Santiago-Cayapas. Capturas en a) feb./2011; b) sep./2012; c) jun./2013; d) oct./2013. Fotos: archivos CID-PUCESE-2011, 2012, 2013.



P. Jiménez-Prado

RÍO SANTIAGO-CAYAPAS



P. Jiménez-Prado

Tabla 3. Presencia de metales en tejido de la cagua (*Gobiomorus maculatus*) en la cuenca del Santiago-Cayapas, año 2012. Fuente: CID-PUCESE y PRAS-MAE (2012). V.V. = Valle de la Virgen; S.F. = San Francisco; T. = Tululví; L.A. = Los Ajos; U. = Urbina; C. = Cachaví; W. = Wimbí; S.A. = San Agustín; Con. = Consepcción; M. = Maldonado.

^[1] Criterio para consumo pescados (CCP) Chile; ^[2] CCP Hong Kong; ^[3] CCP Australia y Nueva Zelanda; ^[4] CCP Unión Europea.

Elementos		Sector									
Límite (mg/kg)	Metal	V.V.	S.F.	T.	L.A.	U.	C.	W.	S.A.	Con.	M.
	Al	<100	24	31	<100	30	9,1	4,9	10	9	<100
1 ^[1] ; 1,4 ^[2] ; 2 ^[3]	As	<0,1	0,19	0,15	< 0,1	0,28	0,2	0,55	0,32	<0,1	0,2
0,5 ^[1,3] ; 1 ^[4]	Hg	<0,1	<0,1	0,2	< 0,1	0,2	0,7	0,2	0,1	0,2	<0,1
	Ba	3,6	20	37	5,3	23	14	11	28	18	4,7
1,5 ^[4]	Cd	< 0,1	<0,1	0,1	< 0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,3	<0,1
1 ^[2]	Cr	< 0,2	0,9	0,7	< 0,2	0,3	1,7	0,4	<0,2	0,5	< 0,2
	Co	< 0,1	0,2	0,2	< 0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	< 0,1
0,5 ^[3]	Cu	0,5	9,3	1,8	3,8	4	3,1	5	3,4	5,9	0,6
	Sr	47	253	521	62	296	302	159	239	222	51
	Fe		56	88	<500	52	180	18	41	197	<500
	Mg	468	2126	3043	537	2474	2509	1901	2007	2008	555
	Mn	7,5	29	25	7,4	39	29	13	20	23	20
	Ni	< 0,1	0,3	<0,1	< 0,1	0,1	0,9	<0,1	<0,1	0,2	< 0,1
	V	< 0,1	0,6	0,6	0,2	0,7	0,6	<0,1	0,2	0,1	< 0,1
100 ^[1] ; 5 ^[3]	Zn	12	119	100	18	126	102	60	86	92	18

Las comunidades asentadas aguas abajo del Santiago, han sufrido las peores consecuencias de la contaminación, lo que se suma al poco o nulo beneficio económico que estas comunidades han recibido de las actividades industriales. Básicamente, el conflicto mayor se ha originado entre las comunidades que se benefician de la actividad económica y aquellas que sólo han recibido contaminación. Desde el punto de vista de la contaminación, las afectaciones también se han extendido a la zona

de manglares y a la ciudad de San Lorenzo (capital cantonal, ubicada en la desembocadura del Santiago), aunque en estos casos todavía no ha ido acompañada de oposición social.

En todo esto, para la resolución de los conflictos y por supuesto para la conservación de los recursos, es necesario no sólo la suspensión de la actividad minera, de la deforestación y del crecimiento descontrolado de monocultivos, sino que es indispensable

la generación de alternativas económicas concretas y factibles, que permitan dar respuesta a la carencia diaria que tiene la población, la cual hasta ahora ha facilitado el acceso y ha sido tolerante frente a una actividad extractivista destructiva y contaminante, a cambio de pequeños beneficios temporales.

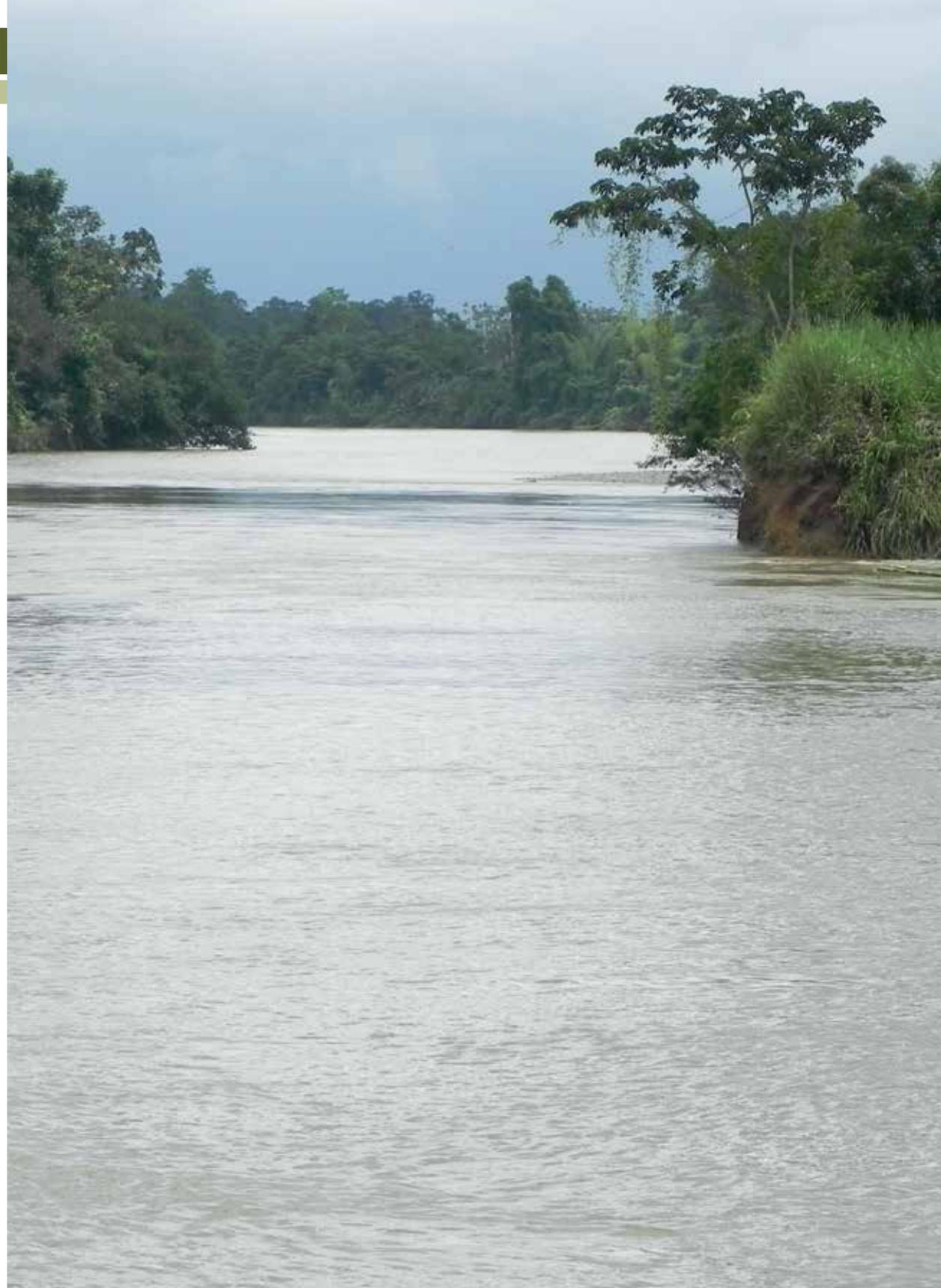
Bibliografía

- CID-PUCESE y PRAS-MAE (Centro de Investigación y Desarrollo de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas; Programa de Reparación Ambiental y Social del Ministerio del Ambiente). 2012. Informe final de monitoreo de calidad ambiental de ríos de la cuenca del Santiago afectados por la actividad minera aurífera entre el periodo noviembre del 2011 a noviembre del 2012. 261 pp.
- CID-PUCESE y PRAS-MAE (Centro de Investigación y Desarrollo de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas; Programa de Reparación Ambiental y Social del Ministerio del Ambiente). 2014. Consultoría para la continuación de análisis de impactos de la minería aurífera en los cantones Eloy Alfaro y San Lorenzo de la Provincia de Esmeraldas. Producto 8.7 Informe Final de observación de calidad de agua en los cantones Eloy Alfaro y San Lorenzo, Esmeraldas. 185 pp.
- CID-PUCESE (Centro de Investigación y Desarrollo de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas). 2011. Análisis de los impactos y conflictos provenientes de la actividad aurífera en la zona norte de la provincia de Esmeraldas para la construcción de paz en las comunidades afectadas. Informe final del proyecto de cooperación entre el Programa de las Naciones Unidas para la Paz y la PUCESE. Esmeraldas, Ecuador. 358pp.
- CIUSA (Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de América). 1998. Evaluación de los recursos de agua del Ecuador. Agencia Americana para la Cooperación Internacional, USAID. Quito, Ecuador. 90 pp.
- CNRH, Consejo Nacional de Recursos Hídricos del Ministerio del Ambiente. 2002. División Hidrográfica del Ecuador. Ministerio del Ambiente. Quito, Ecuador. 29 pp.
- González, L. 2013. Impacto de la minería de hecho en Colombia. Estudios de caso: Quibdó, Istmina, Timbiquí, López de Micay, Guapi, El Charco y Santa Bárbara. Instituto de Estudios para el Desarrollo y la Paz- INDEPAZ. Bogotá, Colombia. 141 pp.
- Idárraga, A., D. Muñoz y H. Vélez. 2010. Conflictos socio-ambientales por la extracción minera en Colombia: casos de la inversión británica. Amigos de la Tierra. 193 pp.
- Lapierre-Robles, M. 2011. Mineras, palmicultoras y forestales. Efectos socio ambientales en zonas etnobiológicas, el caso del norte de la provincia de Esmeraldas, Ecuador. Anuario de Investigación y Desarrollo, 2010-2011. Pp. 44-50. Centro de Investigación y Desarrollo de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas, CID-PUCESE. Esmeraldas, Ecuador.
- Martínez, M. 2010. Plan de marketing turístico de la Reserva Ecológica Cotacachi-Cayapas, zona de Cuicocha, provincia de Imbabura. Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniera en Empresas Turísticas y Áreas Naturales. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador. 219 pp.
- Minda, P. 2002. Identidad y conflicto: la lucha por la tierra en la zona norte de la provincia de Esmeraldas. Quito, Ecuador. Editorial Universitaria Abya Yala. Quito, Ecuador. 188 pp.
- Minda, P. 2013. La deforestación en el norte de Esmeraldas. Los actores y sus prácticas. Editorial Universitaria Abya Yala. Quito, Ecuador. 183 pp.
- Rebolledo-Monsalve, E. y P. Jiménez-Prado. 2011. Evolución del sector pesquero artesanal en el norte de la provincia de Esmeraldas en el periodo 1998-2010. Anuario de Investigación y Desarrollo, 2010-2011. Pp. 51-68. Centro de Investigación y Desarrollo de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas, CID-PUCESE. Esmeraldas, Ecuador.
- Sierra, R. 2013. Patrones y factores de deforestación en el Ecuador continental, 1990-2010. Y un acercamiento a los próximos 10 años. Conservación Internacional Ecuador y Forest Trends. Quito, Ecuador. 51 pp.

RÍO SANTIAGO-CAYAPAS

Anexo 1. Peces de agua dulce capturados en la cuenca del río Santiago-Cayapas. Fuente: CID-PUCESE y PRAS-MAE 2014.

Familia	Especie	Nombre común
Curimatidae	<i>Pseudocurimata lineopunctatus</i> (Boulenger 1911)	Dica
Erythrinidae	<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch 1794)	Guanchiche, chicherro
Lebiasinidae	<i>Lebiasina astrigata</i> (Regan 1903)	Guabina
Gasteropelecidae	<i>Gasteropelecus maculatus</i> Steindachner 1879	Chanchito
Characidae	<i>Astyanax ruberrimus</i> Eigenmann 1913	Chala
	<i>Astyanax festae</i> (Boulenger 1898)	Chala
	<i>Bryconamericus dahli</i> Román-Valencia 2000	Chala
	<i>Bryconamericus simus</i> (Boulenger 1898)	Chala
	<i>Pseudochalceus longianalis</i> Géry 1972	Chala
	<i>Roeboides occidentalis</i> Meek y Hildebrand 1916	Jorobado, espalda de vieja
Bryconidae	<i>Brycon dentex</i> Günther 1860	Sabalo, sabaleta
	<i>Brycon posadae</i> Fowler 1945	Sabaleta
Loricariidae	<i>Chaetostoma marginatum</i> Regan 1904	Guaña
	<i>Chaetostoma fischeri</i> Steindachner 1879	Guaña
	<i>Hemiancistrus annectens</i> (Regan 1904)	Currucó, guacuco
	<i>Rineloricaria jubata</i> (Boulenger 1902)	Mantequero
	<i>Sturisoma frenatum</i> (Boulenger 1902)	Palo seco
Heptapteridae	<i>Pimelodella grisea</i> (Regan 1903)	Barbudo
	<i>Pimelodella modestus</i> (Günther 1860)	Micuro
Sternopygidae	<i>Sternopygus arenatus</i> (Eydoux y Souleyet 1850)	Viringo, machete, mierdero
Poeciliidae	<i>Pseudopoecilia fria</i> (Eigenmann y Henn 1914)	Millonaria
Belontiidae	<i>Strongylura fluviatilis</i> (Regan 1903)	Cherre
Syngnathidae	<i>Pseudophallus starksi</i> (Jordan y Culver 1895)	Pipa
Cichlidae	<i>Andinoacara blombergi</i> Wijkmark, Kullander y Barriga Salazar 2012	Pema
	<i>Andinoacara rivulata</i> (Günther 1860)	Vieja
	<i>Cichlasoma ornatum</i> Regan 1905	Vieja mojarra
	<i>Cichlasoma festae</i> (Boulenger 1899)	Pema-macho
Mugilidae	<i>Agonostomus monticola</i> (Bancroft 1834)	Lisa montanera
Gobiidae	<i>Awaous transandeanus</i> (Günther 1861)	Baboso
	<i>Sicydium rosenbergii</i> (Boulenger 1899)	Ñeme
Eleotridae	<i>Hemieleotris latifasciata</i> (Meek y Hildebrand 1912)	Nayo, caminapensando
	<i>Gobiomorus maculatus</i> (Bloch 1792)	Cagua
	<i>Eleotris picta</i> Kner 1863	Mongolo





8.10 RÍOS Y ARROYOS COSTEROS REPRESENTATIVOS DEL PERÚ: caracterización, diversidad de la biota acuática y amenazas a la conservación

Hernán Ortega, Jessica Espino, Silvia Valenzuela, Lisveth Valenzuela, Maricell Armas y José Marchena

Resumen

La zona costera peruana comprende una franja de aproximadamente 2.200 km, que limita al norte con Ecuador, al sur con Chile y al oeste con Los Andes; comprende 62 ríos que drenan al Océano Pacífico y muestra un clima tropical al norte y árido al sur. Los ríos son fuente de agua para poblados y ciudades y son objeto de usos diversos (agrícola, industrial, etc.). Reciben influencias del Fenómeno del Niño y de la Corriente de Humboldt. Se describen seis ríos representativos del norte, centro y sur del país, la diversidad de la biota acuática y las principales amenazas. La ictiofauna registrada incluye 43 especies, de las cuales, 40 especies habitan entre los ríos Tumbes y Chira. Los ríos Chillón y Cañete (centro), Tambo y Acarí (sur) presentan una diversidad menor y decreciente. Destacan como peces endémicos y en riqueza los órdenes Siluriformes y Characiformes. Algunas especies constituyen recursos para subsistencia de poblaciones ribereñas. Actualmente, los ríos costeros enfrentan una degradación intensiva, pérdida de hábitats y niveles graves de contaminación, produc-

to de actividades humanas que modifican los ambientes acuáticos y ponen en riesgo la biota presente y a los pobladores. Se recomienda un monitoreo de calidad del agua y conocer la biología de las especies de consumo para sustentar planes de manejo y de conservación adecuados.

Introducción

Los ecosistemas acuáticos continentales poseen una gran complejidad y diversidad de especies. La ictiofauna demuestra esta característica y en Perú se encuentran distribuidos en tres grandes ecosistemas: andinos, amazónicos y costeros. Los ríos costeros, que drenan sus aguas al océano Pacífico, son 62 y presentan un gradiente marcado en cuanto a la diversidad y composición de especies, siendo mayor la riqueza al norte -Tumbes - y menor en el extremo sur -Tacna (Ortega *et al.* 2012). Esta diferencia responde a las condiciones naturales del medio pero también se ve afectada por actividades antropogénicas, cada vez más impactantes en la región más poblada del Perú y por lo mismo más vulnerable. De ahí parte la importancia de

RÍOS Y ARROYOS COSTEROS DEL PERÚ



J. M. Marchena

conocer la diversidad de este ecosistema, para proponer y aplicar medidas que ayuden a su conservación.

Área de estudio

La zona costera del Perú incluye una franja que se extiende desde la parte norte en el departamento de Tumbes, hasta el extremo sur en el departamento de Tacna (Figura 1). Toda la costa peruana se caracteriza por un clima subtropical muy árido, presenta una fuerte influencia por el Fenómeno del Niño y la Corriente de Humboldt (Peisa 2003). La costa centro y sur muestra un clima templado, con pocas precipitaciones y alta humedad, mientras que la costa norte tiene clima subtropical que varía desde el clima desértico en toda la franja de la costa, al semiárido en las zonas montañosas con leves precipitaciones y altas temperaturas. Así mismo, presenta influencia por la zona de convergencia intertropical (ZCIT). Los relieves costeros presentan valles grandes, desiertos y lomas, que son irrigados por ríos grandes y medianos que se originan en la cordillera andina.

Costa norte, ríos Tumbes y Chira

El primero comprende la cuenca internacional Puyango-Tumbes (Ecuador-Perú), se origina en la cordillera de Zaruma, provincia de El Oro. Esta cuenca mide 230 km (80 km en Perú), cubre una extensión de 4.800 km² (40% territorio peruano) (Lazarte 2002). El río Tumbes tiene un régimen permanente de agua, con caudales promedios mensuales que fluctúan entre 18,1 m³ m³/s a 220,5 m³ m³/s, para el periodo 2012-2013 (Autoridad Nacional del Agua 2014; <http://www.ana.gob.pe/servicios-al-usuario/informaci%C3%B3n-hidrom%C3%A9trica/estaci%C3%B3n-el-tigre.aspx>). Tumbes presenta matorrales desérticos, que dan paso a bosques secos

(Cerros de Amotape) y bosques pre-montanos tropicales que corresponden al bosque tropical del Pacífico como zonas de vida (Peisa 2003). La cuenca del río Tumbes forma parte de tres áreas naturales protegidas diferentes: el Parque Nacional Cerros de Amotape, la Reserva Nacional de Tumbes y el Santuario Nacional Manglares de Tumbes.

El río Chira forma parte de la cuenca binacional Catamayo-Chira, también con nacientes en Ecuador en las lagunas Mamayocos y Huaringas; en los deshielos del Nudo de Loja, en su trayecto recibe tributarios: río Catamayo y el río Macará, al ingresar a Perú toma el nombre Chira (Proyecto Especial Chira-Piura 2011). Esta cuenca binacional abarca 17 550 km², del cual 10 630 km² (61%) en territorio peruano, en las provincias Sullana y Paita - región Piura.

Costa central, ríos Chillón y Cañete

Ubicados en Lima, el primero tiene su origen en el flanco occidental de la cordillera La Viuda, en las lagunas Pucracocha, Aguascocha y Chunchón, a 4.500 m s.n.m.; sus afluentes importantes son los ríos Yamacoto, Huanchico, Ucaña y Quisquichaca. Presenta una extensión aproximada de 2.444 km² (Rivera 2007).

El río Cañete, ubicado a 150 km al sur de Lima, presenta un fuerte gradiente altitudinal que se origina del nevado Ticlla, en la vertiente occidental de los Andes Centrales del Perú a 4.830 m.s.n.m., hasta su desembocadura en el Océano Pacífico en 260 km. A lo largo de este gradiente, el río discurre por tres grandes ecorregiones, según Brack (1986): el desierto del Pacífico desde el nivel del mar hasta los 1.000 m s.n.m., la serranía esteparia, entre los 1.000 y los 3.500 m s.n.m. y la puna, por encima de los 3.500-3.800 m s.n.m.

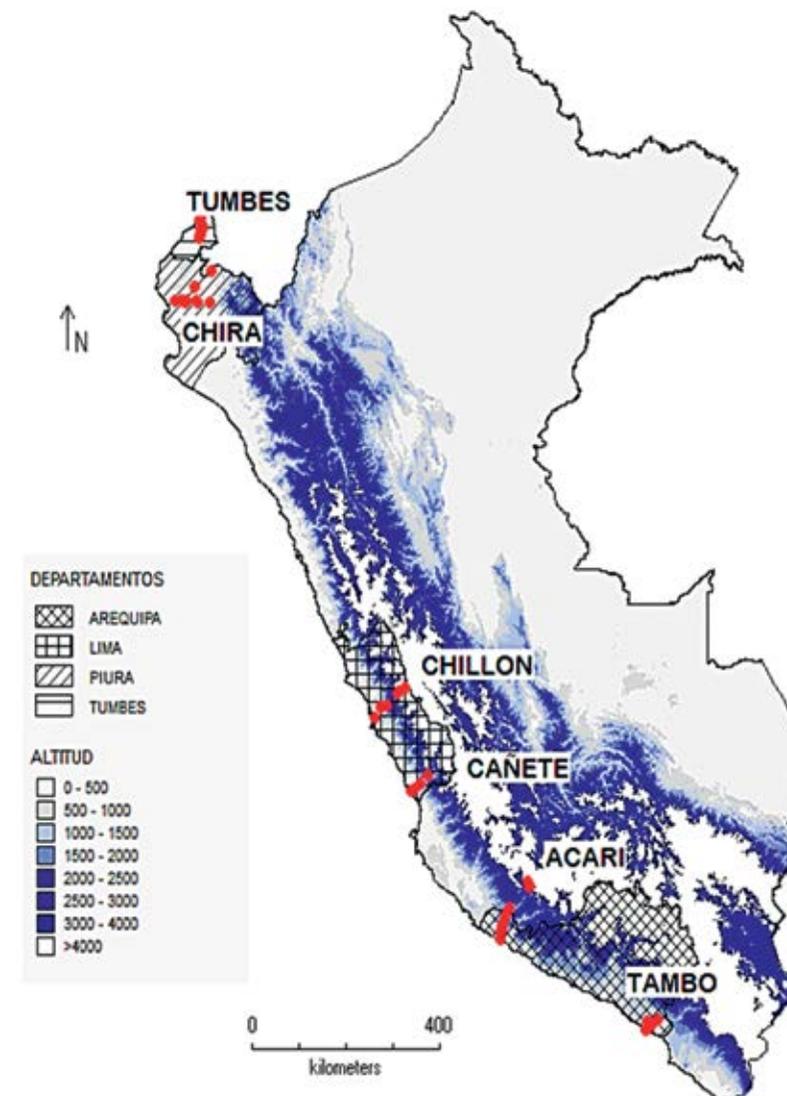


Figura 1. Mapa del Perú destacando la costa con los seis ríos considerados.

Costa sur, ríos Acarí y Tambo

Ubicados en Arequipa, el primero nace en la laguna Huancacocha, adoptando diferentes nombres en su recorrido: río In-

toncca, río San José luego de la confluencia con el río Pallpo, finalmente, río Acarí a partir de su unión con el río Chilques (INRENA 1994), presenta cinco tributa-

RÍOS Y ARROYOS COSTEROS DEL PERÚ



J. M. Marchena

rios permanentes en la parte alta y cuatro tributarios temporales en la parte media y otro en la zona baja.

El río Tambo ubicado más al sur, cerca al límite con Moquegua, nace en la provincia de Sánchez Cerro, de la unión de los ríos Paltiture e Ichuña, presenta un recorrido de 276 km. Sus principales afluentes son: Carumas, Coralaque, Ichuña, Paltiture, Ubinas, Omate y Puquina. Esta cuenca se encuentra relacionada cerca de la desembocadura a un humedal costero (Lagunas

de Mejía), considerado en el sistema nacional de áreas protegidas (SINANPE).

Caudal histórico de las principales cuencas

El caudal de los ríos seleccionados es muy variable, entre ellos, por años y por temporadas (seca y húmeda). Destacan los ríos Chira y Tumbes, entre otros, por sus mayores caudales registrados. Especialmente influenciados por el Fenómeno del Niño (2001). Un resumen de referencia se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Registros de descargas entre 2001 y 2003 (m³/s). El 2001 está asociado al efecto del Fenómeno del Niño. Fuente: Cepes Perú. (http://www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/diagnostico_calidad_agua-tomo2/diagnostico_calidad_agua_cuenca_rio_tambo.pdf).

Cuencas / años	2001	2002	2003
Río Tumbes	3494,1	1567,7	681,3
Río Chira	4 581	1950,9	388,9
Río Chillón	353,6	70,5	93,4
Río Cañete	2 245	699	724,8
Río Acari	1 046,5	232,6	205,9
Río Tambo	2 675	690,3	256,5

Parámetros físicoquímicos

Los parámetros limnológicos representativos tienen que ver con los registros básicos que incluyen: temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad, sólidos totales disueltos (STD) y transparencia, para cada río mencionado. Un resumen de datos promedios se presentan en la tabla 2.

Zonificación y caracterización

Longitudinalmente en el río Tumbes, se diferencian dos sectores según la composición del sustrato; areno-fangoso en los

sectores cercanos a la desembocadura, y areno-pedregoso representativo de zonas ubicadas a más altura; el tipo de agua es blanca color marrón por el elevado arrastre de sedimentos. La velocidad de la corriente es rápida en los sectores altos y lenta o moderada en el sector bajo. La vegetación ribereña dominante es herbácea y arbustiva, representada por "mangle" (vegetación característica del manglar), gramíneas y sembradíos de arroz en la zona baja, en la zona media destaca la presencia de platanales y algarrobos y en la zona alta, tam-

Tabla 2. Parámetros físicoquímicos en los ríos costeros representativos del Perú.

Parámetros / ríos	Tumbes	Chira	Chillón	Cañete	Acari	Tambo
Temperatura (°C)	24-29	24 - 30	11.2-25.5	15.1-19.3	12.5-28.2	24 - 25
Valores de pH	6.9-7.5	7.5 - 8.5	7.36-8.8	7.2-8.4	6.38-11.1	6.5 - 6.8
Oxígeno disuelto (ppm)	4.8 - 7.5	5.1 - 6.7	4.9-9.7	6.7-7.8	5.8 - 7.5	5.6 - 8.2
Conductividad (µS/cm)	134-1548	225-3800	777-837	125- 290	97-3999	956-1252
Sólidos Totales Disueltos (ppm)	67 - 870	113-1340	394-419	158-450	49-2000	130-871
Transparencia (cm)	15 -90	50 - 70	15 - 90	15 - 80	20-80	30 - 50

bién los bosques de algarrobo y caña brava son abundantes.

El río Chira presenta un curso con mínima pendiente del nivel del mar hasta los 150 m s.n.m.; sin embargo, se distinguen cuatro zonas: 1) de frontera: cauce estrecho, con superficie de inundación amplia y sin vegetación ribereña, sustrato arenoso con piedras y corriente constante. Agua transparente y vegetación sumergida. 2) Reservorio Poechos, agua ligeramente turbia, de mayor profundidad, con vegetación sumergida y predominancia de algarrobos (*Prosopis pallida*), y sustrato fangoso/arcilloso, después del reservorio Poechos, desde el caserío Martínez hasta el Salitral. 3) Presa Sullana: sector de curso lento regulado por la presa de derivación de Sullana. 4) Miramar: zona inferior, entre La Huaca y el anexo San Luis. Cauce ancho, con superficie de inundación muy amplia con playas de arena y zonas rocosas.

El río Chillón muestra un relieve profundo y quebrado, con fuerte pendiente. Se diferencian tres sectores: la cuenca baja (0 - 800 m s.n.m.), con vegetación escasa, en algunos cerros predomina la vegetación herbácea, típica de las lomas; la cuenca media (800 - 2.500 m s.n.m.), donde mien-

tras se asciende predominan arbustos y cactáceas columnares, también existe una alta producción agrícola (tubérculos, hortalizas, maíz amarillo, algodón y frutales); por último, en la cuenca alta (2.500 - 4.850 m s.n.m.), está el paisaje de puna, con suelo más ondulado, llanura con pastos de altura como vegetación dominante y algunos bosques residuales en laderas de montaña (Olarde 2012).

El río Cañete nace en lagunas andinas y conforma un sector alto en las proximidades de Yauyos y Magdalena (2.500 - 3.500 m). Un sector medio con cauce estrecho, laderas con escasa vegetación y fuerte pendiente entre Platanal y Zúñiga (960 - 1600 m s.n.m.) y una zona inferior de menor declive y cauce de mediano a mayor amplitud desde Pacarán (750 m) hasta la desembocadura, destacando localidades como Lunahuaná, Socsi y Fortaleza, con grandes áreas de cultivo y derivaciones del agua del río para las áreas de cultivo.

El río Tambo tiene un sector alto en los alrededores de Omate (2.690 m), relieve con pequeños valles y profundos declives con tributarios menores hasta 1.860 m. Un sector medio colinoso con vegetación xerofítica entre 800 y 1.820 m. Finalmente,

RÍOS Y ARROYOS COSTEROS DEL PERÚ



J. M. Marchena



Figura 2. Ecosistemas acuáticos y metodología de colecta de comunidades biológicas. Puntos de muestreo en los ríos costeros representativos del Perú. a) río Tumbes, estación San Juan de la Virgen (época lluviosa); b) río Tumbes, estación Rica Playa (época seca); c) río Tumbes, estación quebrada Honda (época lluviosa); d) río Tumbes, caserío Santa María (época lluviosa); e) río Chira, estación Alamor; f) río Chira, estación Jibito; g) río Acarí, zona alta (época lluviosa); h) río Acarí, zona media (época lluviosa).

Figura 2. Continuación. i) río Acarí, zona media (época seca); j) río Acarí, zona baja (época seca); k) río Acarí, colecta del macrobentos; l) río Chira, colecta de peces. m) río Tambo, zona alta; n) río Tambo, zona media; o) río Tambo, zona baja; p) río Cañete, zona alta.

RÍOS Y ARROYOS COSTEROS DEL PERÚ



J. M. Marchena

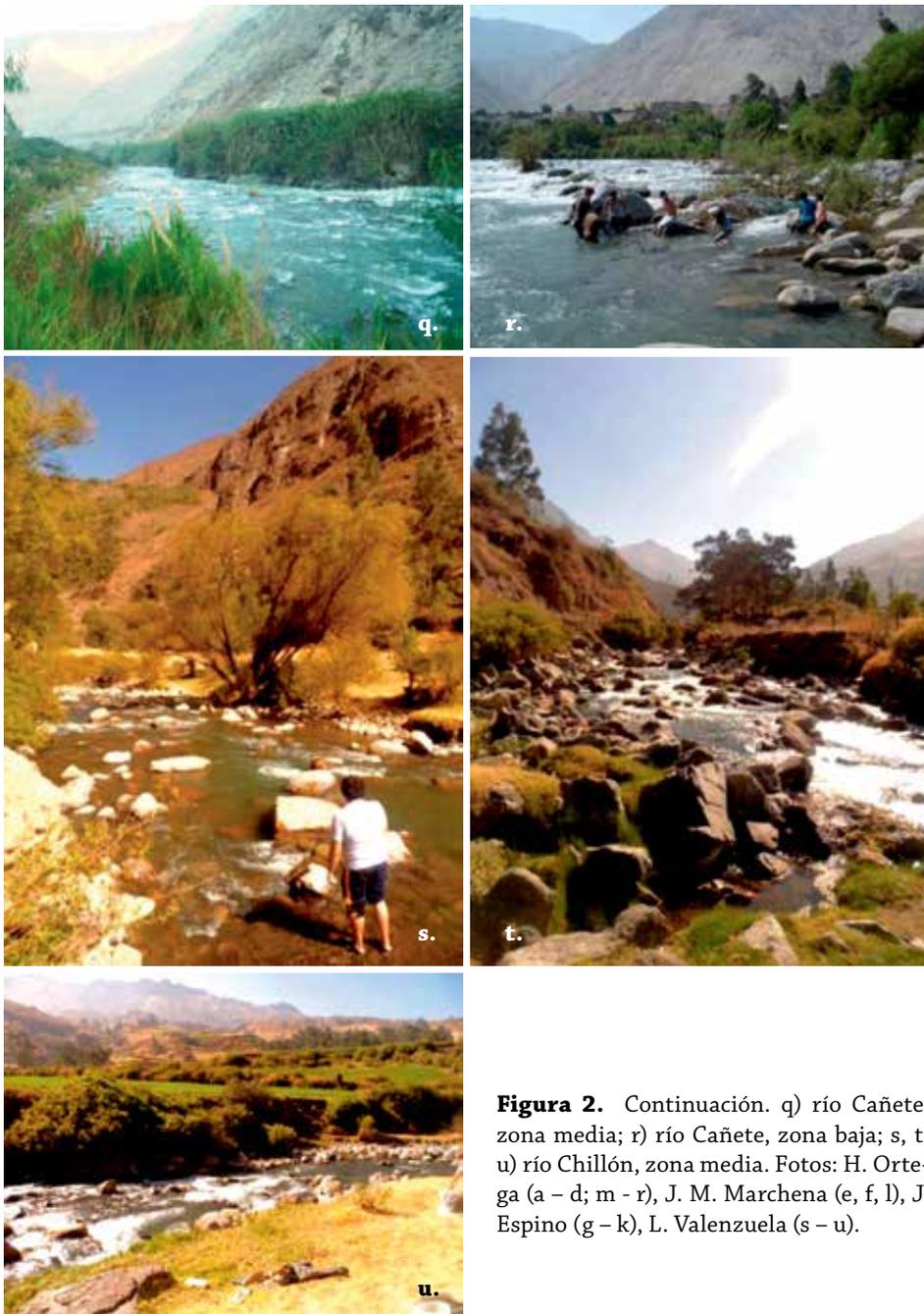


Figura 2. Continuación. q) río Cañete, zona media; r) río Cañete, zona baja; s, t, u) río Chillón, zona media. Fotos: H. Ortega (a - d; m - r), J. M. Marchena (e, f, l), J. Espino (g - k), L. Valenzuela (s - u).

una sección inferior con tributarios como quebradas temporales, presenta un cauce amplio y suave declive donde existe actividad agrícola intensiva. El río se conecta con un humedal en área de la desembocadura que constituye una zona protegida: Lagunas de Mejía, parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINANPE). En la figura 2 se muestran algunos de los ríos y corrientes acuáticas costeras del Perú.

Componentes biológicos

Se registran 43 especies de peces, de las cuales la gran mayoría (40 sp.) se encuentran entre los ríos Tumbes y Chira. Representan a 22 familias y 11 órdenes. Destacan los componente de peces Siluriformes (5 familias) y Characiformes (4 familias), ambos primarios, de agua dulce y los Perciformes (5 familias), de origen marino. Hay 38 especies nativas y cinco introducidas. (Tabla 3). En la figura 3 se ilustran

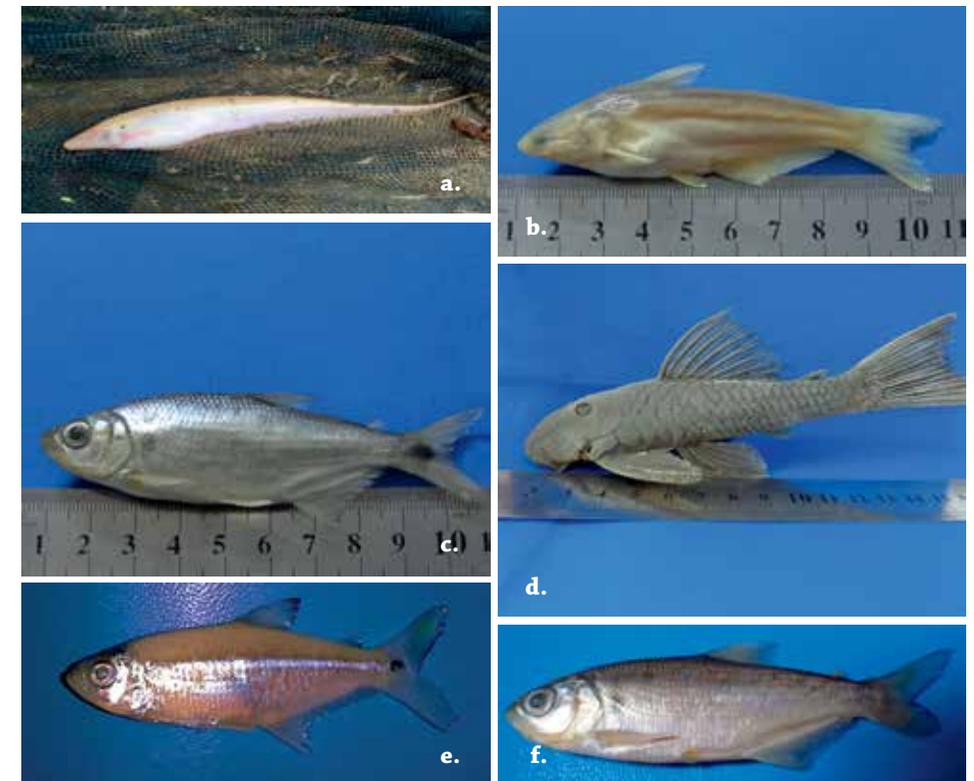


Figura 3. Especies representativas de los ríos costeros. a) *Sternopygus* sp.; b) *Paracetopsis atahualpa*; c) *Chilobrycon deuterodon*; d) *Chaetostoma microps*; e) *Rhoadsia altipinna* (macho); f) *Brycon atrocaudatus*. Fotos: S. Valenzuela (a - d, g), J. M. Marchena (e, f, h, i, k), H. Ortega (j, l, m).

RÍOS Y ARROYOS COSTEROS DEL PERÚ

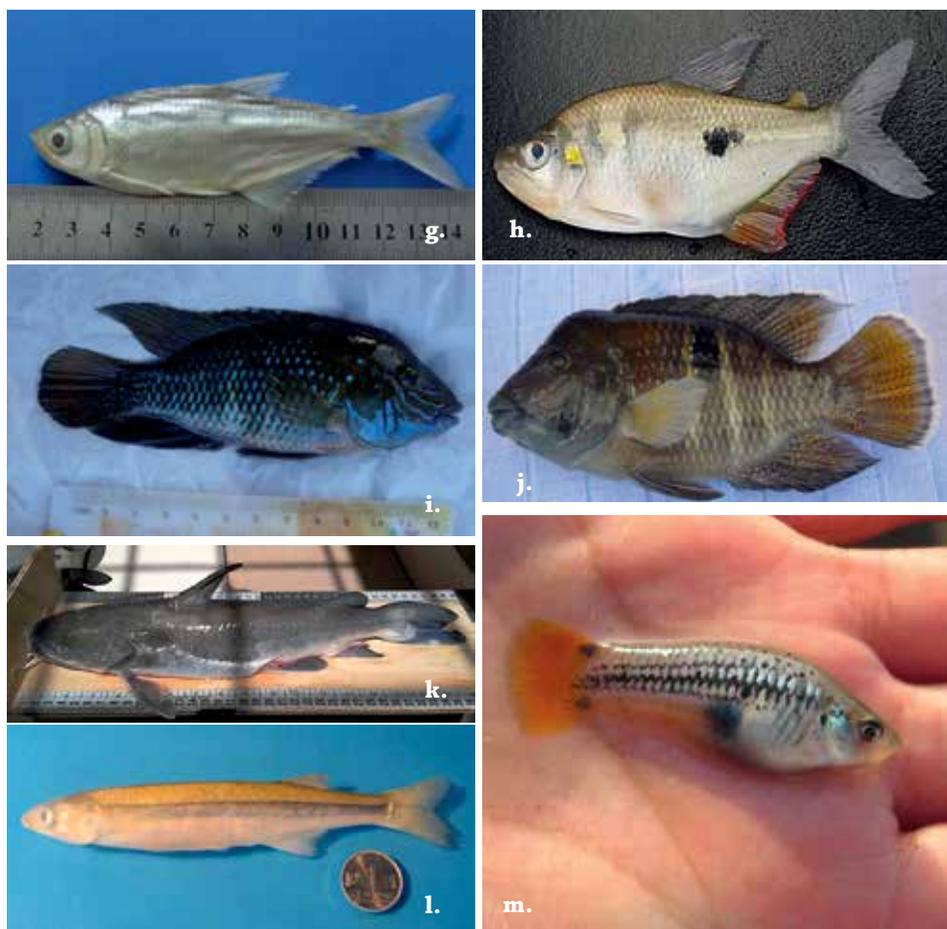


Figura 3. Continuación. Especies representativas de los ríos costeros. g) *Brycon dentex*; h) *Landonia latidens* i) *Andinoacara stalsbergi* (hembra); j) *Andinoacara stalsbergi* (macho); k) *Ariopsis* sp.; l) *Basilichthys semotilus*; m) *Poecilia veligera*. Fotos: S. Valenzuela (a – d, g), J. M. Marchena (e, f, h, i, k), H. Ortega (j, l, m).

algunas de las especies de peces representativos de los ríos costeros del Perú.

Macroinvertebrados

En el río Tambo, se han identificado 17 especies en la época seca y nueve en la húmeda. Destaca Arthropoda con la Clase

Insecta. En Crustacea: el langostino blanco (*Litopenaeus vannamei*), habita el río Tumbes, mientras que en los ríos Chillón, Cañete, Acarí y Tambo, habita y se aprovecha bastante otra especie de camarón (*Cryphiops caementarius*).



J. M. Marchena

Tabla 3. Relación de las especies de peces registrados en algunos ríos costeros: Perú 2014. Usos: (C) Consumo, (O) Ornamental, (*) Especie endémica, (**) Especie introducida.

Orden	Familias	Especies	Tumbes	Chirra	Chillón	Cañete	Acarí	Tambo	Usos	
Clupeiformes	Engraulidae	<i>Lycengraulis poeyi</i> (Kner 1863)	x							
	Cyprinidae	<i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus 1758**		x					C	
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax festae</i> (Boulenger 1898)	x							
		<i>Brycon atrocaudatus</i> (Kner 1863)	x	x					C	
		<i>Brycon dentex</i> Günther 1860	x							C
		<i>Bryconamericus brevirostris</i> (Günther 1860)	x							
		<i>Bryconamericus peruanus</i> (Müller y Troschel 1845)	x	x	x					
		<i>Chilobrycon deuterodon</i> Géry y de Rham 1981*	x	x						C
		<i>Landonia latidens</i> Eigenmann y Henn 1914*		x						
		<i>Rhoadsia altipinna</i> Fowler 1911		x	x					
		<i>Pseudocurimata troschelii</i> (Günther 1860)		x	x					C
		<i>Lebiasina bimaculata</i> Valenciennes 1847		x	x	x				
		<i>Saccodon wagneri</i> Kner 1863		x						
		<i>Ariopsis</i> sp.				x				C
			Cetopsidae	<i>Paracetopsis atahualpa</i> Vari, Ferraris y de Pinna 2005*	x					
Siluriformes	Heptapteridae	<i>Pimelodella elongata</i> (Günther 1860)	x							
		<i>Pimelodella yuncensis</i> Steindachner 1902		x						
	Loricariidae	<i>Chaetostoma microps</i> Günther 1864	x						C	
		<i>Hypostomus</i> sp.		x						
Gymnotiformes	Trichomycteridae	<i>Trichomycterus punctulatus</i> Valenciennes 1846	x		x					
	Sternopygidae	<i>Sternopygus</i> sp.	x							
	Atherinopsidae	<i>Basilichthys semotilus</i> (Cope 1874)		x	x				C	

RÍOS Y ARROYOS COSTEROS DEL PERÚ



J. M. Marchena

Tabla 3. Continuación.

Orden	Familias	Especies	Tumbes	Chira	Chillón	Cañete	Acari	Tambo	Usos	
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Gambusia affinis</i> (Baird y Girard 1853)**	x	x					O	
		<i>Poecilia reticulata</i> Peters 1859**			x	x	x	x	O	
Synbranchiformes	Synbranchidae	<i>Poecilia velifera</i> (Regan 1914)**						x	O	
		<i>Syngnathus auliscus</i> (Swain 1882)	x							
	Carangidae	<i>Caranx caninus</i> Günther 1867			x					
		<i>Dormitator latifrons</i> (Richardson 1844)	x						C	
	Eleotridae	<i>Gobiomorus maculatus</i> (Günther 1859)	x	x					C	
		<i>Awaous banana</i> (Valenciennes 1837)	x	x					C	
	Perciformes	Gobiidae	<i>Ctenogobius sagittula</i> (Günther 1862)		x					
			<i>Evorthodus minutus</i> Meek y Hildebrand 1928	x						
			<i>Gobionellus</i> sp.	x						
			<i>Centropomus unionensis</i> Bocourt 1868	x	x					C
Cichlidae	Cichlidae	<i>Andinoacara rivulatus</i> (Günther 1860)	x	x					C/O	
		<i>Andinoacara stalsbergi</i> Musilová, Schindler y Staack 2009		x	x	x			C/O	
		<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus 1758)**	x	x					C	
Mugiliformes	Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i> Linnaeus 1758	x	x				x	C	
		<i>Mugil curema</i> Valenciennes 1836	x	x					C	
Pleuronectiformes	Achiroidae	<i>Achirus fluviatilis</i> (Meek y Hildebrand 1928)	x							
		<i>Achirus klunzingeri</i> (Steindachner 1880)	x							
		<i>Trinectes fluviatilis</i> (Meek y Hildebrand 1928)	x							
11	22	<i>Trinectes fonsecensis</i> (Günther 1862)	x							
			32	20	6	7	3	4	21	
		43								

Uso y conservación de las especies

En la Tabla 3 se registra el uso que tienen algunas especies de peces continentales en la costa peruana.

En la mayoría de ríos, los recursos ícticos son empleados por los pobladores ribereños principalmente para subsistencia, entre los que se reconocen 20 especies. Las principales especies son peces de los géneros *Brycon*, *Chilobrycon*, *Pseudocurimata* (medianos), seguidos de los Siluriformes (*Ariopsis*, *Chaetostoma* y *Trichomycterus*).

Los peces registrados en los ríos de costa casi no son explotados comercialmente. En el río Tumbes, peces como cascafe y raspa (*Brycon atrocaudatus* y *Chaetostoma microps*) son capturados como subsistencia por los ribereños. También existe pesca local para *B. atrocaudatus* y pequeños bagres (*Astroblepus*, *Rhamdia* y *Trichomycterus*), en el río Jequetepeque (Lambayeque), principalmente en la represa Gallito Ciego (Ortega et al. 2012). Como excepción, en el río Chira se explotan comercialmente el cascafe, *B. atrocaudatus*, lisa *Mugil cephalus* y *Ariopsis* sp. El tercero puede alcanzar 10 kg, al igual que *Cyprinus carpio* (carpa o amarillo). Entre los cíclidos, *Oreochromis niloticus* (tilapia o cherala), son vendidos en la ciudad de Sullana y en caseríos cerca al Reservorio de Poechos, así como en centros poblados ribereños, pero en pequeña escala (Marchena 2013).

En las aguas continentales del Perú, las especies exóticas se han adaptado tanto a las aguas frías (*Oncorhynchus mykiss* y *Odontesthes bonariensis*), como a las aguas cálidas (*Oreochromis niloticus*, *Gambusia affinis* y *Poecilia reticulata*) (Ortega y Chang 1998). Estas especies exóticas han sido

introducidas en aguas peruanas para diferentes propósitos (pesca, piscicultura, salud pública y acuarismo). La especie más frecuente en las capturas en ríos costeros son *P. reticulata* (Ancash, Lima e Ica) (Sifuentes 1992) y *G. affinis* en el río Tumbes (MacDonald 1991). En el río Chira se reporta la presencia de *C. carpio*, *O. niloticus* y *G. affinis* (Marchena 2013) y *Poecilia velifera* en el río Tambo (Water Management Consultants 2009).

En algunos casos, estas especies han reducido la abundancia y el área de distribución de las especies nativas, debido a la fuerte competencia por alimento, hábitats, depredación de los juveniles nativos y otras por desplazamiento de sus hábitats naturales (Ortega et al. 2012).

Algunos de los ríos del Perú han sido represados, principalmente con el fin de crear reservorios o embalses que permitan incrementar las actividades agrícolas, en particular en el norte del país (Poechos y Gallito Ciego), lo que genera cambios irreversibles de sus condiciones naturales y genera a menudo, efectos negativos en la cuenca, a lo que se suma la introducción de especies exóticas para acuicultura (tilapia, trucha o pejerrey argentino) (Ortega et al. 2012).

Actualmente, los ecosistemas acuáticos en el Perú enfrentan una degradación intensiva, especialmente en la costa. Esto se debe a la contaminación y destrucción de hábitats, los cuales son producto de actividades humanas como la deforestación, la minería, la extracción petrolera y el tráfico ilícito de drogas (Ortega y Chang 1998).

El desarrollo urbano también ha modificado los ambientes de agua dulce. Estas

RÍOS Y ARROYOS COSTEROS DEL PERÚ

alteraciones de hábitats naturales pueden favorecer a las especies exóticas sobre las nativas (Ortega *et al.* 2007).

Las comunidades bióticas ribereñas o fluviales conforme ha incrementado la población, han ido disminuyendo en su amplitud, luego de cubrir franjas que alcanzaban de 100 a 200 m, a uno y a otro lado de cada ribera de un río. Así, actualmente la vegetación autóctona de estas comunidades ha sido destruida o modificada por el hombre, debido al avance de la agricultura sobre todo, a tal grado que en algunos ríos, solo quedan restringidas a la ribera escarpada y zonas rocosas (Mostacero *et al.* 1996).

Las especies de amplia tolerancia a cambios en salinidad, se pueden encontrar tanto en agua dulce como salobre y en ocasiones extremas en aguas hipersalinas. A este grupo corresponden las familias periféricas. Estas son esencialmente marinas e incluyen especies que son residentes permanentes o esporádicas de las aguas dulces. Tal es el caso de las familias Elopidae, Anguillidae, Ariidae, Gerreidae, Gobiidae y Achiriidae, entre otras (Lasso *et al.* 2004).

Usos del río / servicios ecosistémicos

Básicamente se conocen siete usos con sus servicios ecosistémicos derivados.

1. Aprovechamiento: agua para uso agrícola (principal uso que tienen todos los ríos costeros), agua potable, alimentación (pescado y crustáceos), materiales e insumos.
2. Regulación del entorno ambiental: aire, clima, agua, suelo, control biológico, etc.

3. Hábitat para la biota acuática: área de reproducción, protección del acervo genético.
4. Cultural y recreativo para la sociedad humana: turismo, recreación, educación, etc.
5. Uso acuícola: basado principalmente en el cultivo de langostinos en el norte.
6. Uso minero: artesanal e ilegal, como también de grandes proyectos e inversiones mineras.
7. Uso como colector industrial y de desechos domésticos cerca de las grandes ciudades.

Estado de conservación: amenazas, indicadores y posibles soluciones

Amenazas (Figura 4)

La amenaza más preocupante es el vertimiento proveniente de actividades mineras y agrícolas rurales (restos de fertilizantes y plaguicidas). Le siguen la contaminación por descarga directa de efluentes industriales y domésticos de las ciudades; degradación de hábitats por contaminación por efluentes de origen agrícola y acuícola.

Particularmente, *Chaetostoma microps*, se encuentra bajo una seria amenaza en esta región desde el aumento de la contaminación del río Tumbes. Las especies introducidas como la tilapia y el guppy se han adaptado en las aguas alteradas. Por último, está la erosión de los suelos por la deforestación, que aumenta los sedimentos en las corrientes de agua.

Indicadores

Para determinar la calidad de agua se puede hacer el registro y cuantificación de los órdenes de Insecta (Efemeroptera,

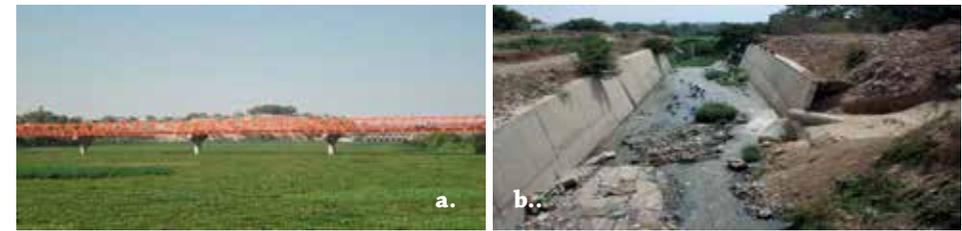


Figura 4. Amenazas a los ecosistemas acuáticos costeros del Perú. a) Proliferación de lirio acuático y totora, las cuales no permiten la penetración de la luz solar provocando la eutrofización del río Chira; b) vertimiento de las aguas residuales de la Provincia de Sullana; llegan al río Chira sin ningún tratamiento previo. Fotos J. M. Marchena.

Plecoptera y Trichoptera), en términos de porcentaje (%EPT) y aplicar otro índice utilizado en Colombia (BMWP), que trabajan con base en la presencia de algunas familias de macro invertebrados.

Medidas y posibles soluciones

Se recomiendan las siguientes medidas y soluciones alternativas.

1. Monitoreo constante de la calidad de agua de los ríos de la costa peruana.
2. Instalación de una planta adecuada de tratamiento de aguas residuales en cada río.
3. Establecer políticas de Estado y regionales para erradicar la minería informal.
4. Uso de técnicas de riego tecnificado y capacitaciones a usuarios agrícolas.
5. Estudios ecológicos periódicos de los ríos de la costa peruana y zonificar su extensión.
6. Control y multas sobre las descargas directas de desechos domésticos e industriales a los ríos.
7. Sobrepastoreo y deforestación que generan una mayor erosión.

8. Realizar programas de educación ambiental desde la escuela primaria.
9. Incentivar pequeñas empresas recicladoras; con el respaldo de instituciones gubernamentales.
10. Recuperar y proteger el bosque ribereño a lo largo de todas las cuencas evaluadas.
11. Fiscalizar el uso de la normatividad ambiental vigente en el sector industrial y agrícola.
12. Elaborar planes de gestión y ordenamiento territorial para los gobiernos locales.
13. Estructurar un eje turístico que articule las áreas de paisaje natural, el patrimonio histórico-monumental y la infraestructura turística de recreación.
14. En el sector agrícola minimizar el uso de químicos, evitando su manejo incorrecto usando productos no convenientes para sus fines y en cantidades excesivas.
15. Por último, entre las grandes empresas como la minería y otras industrias, deberían invertir en tratar los residuos generados antes de ser vertidos directamente al río.

J. M. Marchena

RÍOS Y ARROYOS COSTEROS DEL PERÚ



J. M. Marchena

Discusión

Los ríos costeros tienen en común un clima casi desértico, con la particularidad de que en el Perú varía bastante de norte a sur, en gran parte debido a la proximidad a la línea Ecuatorial y que hacia el sur es modificado por la Corriente Fría de Humboldt y los valles, especialmente en los tramos inferiores de cada río. Así, la ictiofauna presenta alta diversidad en los ríos del norte (Tumbes y Chira), 40 especies entre ambos, cifra superior a la consignada en la lista más reciente (Ortega *et al.* 2012). La riqueza puede estar relacionada con la alta pluviosidad y porque mantienen curso amplios y de baja altitud en el norte, pero se reduce drásticamente hacia el centro y mucho más hacia el sur del país, en los ríos de Acarí y Tambo, con tres especies. La zona costera presenta un alto grado de endemismo: dos especies endémicas para el río Tumbes y una para la cuenca del río Chira.

Los ríos costeros atraviesan una variedad de relieves, irrigan grandes valles de cultivo y desembocan finalmente en el Océano Pacífico. Muchas ciudades se desarrollan en las orillas de los ríos, ejerciendo cada vez una presión de uso muy alta y alterando gravemente el equilibrio del hábitat por la contaminación.

El río Tumbes presenta la mayor riqueza ictica en la costa peruana, con 32 especies válidas, destacándose como un área importante de conservación por su endemismo y por el manejo inadecuado de su cuenca. La estructura de la comunidad está sustentada por peces de la familia Characidae que conforman cardúmenes y por bagres (Siluriformes), además de un grupo de especies de origen marino que pasan parte de su ciclo de vida en agua dulce.

Conclusiones y recomendaciones

Es notable la falta de conocimiento, tanto de la hidrología como de la hidrobiología de los ríos costeros lo que constituye la base para su conservación.

Se debería impulsar las investigaciones de los ríos costeros, en los distintos estratos o secciones, épocas diferentes (seca y húmeda), para explicar las variaciones en la composición de la biota acuática.

Es de gran importancia el conocimiento de la biología de las especies que son empleadas para la alimentación y otros fines, a objeto de sustentar planes de manejo y de conservación.

Se debe tener en cuenta que la mejor solución ante los problemas de contaminación es generar conciencia ambiental en los pobladores y hacer que estos sean los protagonistas del cambio.

Por último, las instituciones deben promover esta clase de cultura participativa desde la educación primaria. Divulgando los valores de los ecosistemas acuáticos y la importancia de sus servicios.

Bibliografía

- Brack, A. 1986. Ecología de un país complejo. Pp: 175-319. *En: Gran geografía del Perú. Naturaleza y Hombre. Volumen II.* Manfer-Juan Mejía Baca, Barcelona, España.
- INRENA. 1994. Diagnóstico de la calidad del agua de la Vertiente del Pacífico - Cuenca del Río Chira.
- Lasso, C. A., D. Lew, D. Taphorn, C. DoNascimento, O. M. Lasso-Alcalá, F. Provenzano, A. Machado-Allison. 2004. Biodiversidad ictiológica continental de Venezuela. Parte I. Lista de especies y distribución por cuencas. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales* 159-160: 105-195.

- Lazarte, D. 2002. SIG de la cuenca del río Puyango - Tumbes para la gestión de los recursos hídricos. Tesis de grado, Universidad de Piura, Piura. 153 pp.
- MacDonald, A. 1991. Estudio taxonómico de la ictiofauna de la cuenca del río Tumbes. Tumbes (Perú). Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma. Lima. 150 pp.
- Marchena, J. 2013. Ictiofauna del río Chira y descripción de micro hábitats. Tesis de título de Biólogo. Universidad Nacional de Piura. Perú. 82 pp.
- Mostacero, J, F. Mejía y F. Peláez. 1996. Fitogeografía del norte del Perú. CONCYTEC. Lima-Perú. 406 pp.
- Olarte, B. 2012. La cuenca del río Chillón: problemática y potencial productivo. *Calidad y medio ambiente. Ingeniería Industrial* 25: 53-68.
- Ortega, H. y F. Chang. 1998. Peces de aguas continentales del Perú. Pp: 151-160. *En: Halfter, G. (Ed.). Diversidad Biológica de Iberoamerica III. Volumen Especial. Acta Zoológica Mexicana, Nueva serie.* Instituto de Ecología, Asociación Civil, Xalapa, Veracruz, México.
- 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.
- PEISA. 2003. Atlas Departamental del Perú. Madre de Dios / Ucayali. Ediciones Peisa. S.A.C. 168 pp.
- Proyecto Especial Chira-Piura, 2011. Diagnóstico de la gestión de la oferta de agua en las cuencas Chira-Piura plan de calidad ambiental Perú- Ecuador: Catamayo -Chira y Puyango -Tumbes.
- Rivera, H., J. Chira, K. Zambrano y P. Petersen. 2007. Dispersión secundaria de los metales pesados en sedimentos de los ríos Chillón, Rímac y Lurín Departamento de Lima. *Revista del Instituto de Investigaciones de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas.* Vol. 10: 20:19-25
- Sifuentes, M. 1992. Ictiología básica y aplicada en la cuenca del río Santa (Ancash) - Perú. EDITEC del Perú S.R. Ltda. Lima - Perú. 56 pp.
- Water Management Consultants S. A. 2009. Estudio de impacto ambiental. Proyecto Tía María. Islay, Arequipa. Resumen Ejecutivo para Southern Peru Copper Corporation Lima, Perú. 78 pp.



8.11

ICTIOFAUNA DULCEACUÍCOLA DE LA CUENCA DEL RÍO TUY, VERTIENTE CARIBE, VENEZUELA: composición, uso y conservación

Katiusca Del Valle González-Oropeza, Carlos A. Lasso y Oscar M. Lasso-Alcalá

Resumen

La cuenca del río Tuy se encuentra en la región centro norte de Venezuela y es poco lo que se conoce sobre la biodiversidad íctica dulceacuícola. Para generar y actualizar la información existente, se realizó un inventario donde se identificaron 55 especies agrupadas en siete órdenes, 19 familias y 44 géneros. Characiformes fue el orden más representativo. Se registraron ocho nuevas especies para la cuenca. Se reconocieron especies comunes entre los ríos Tuy y Orinoco, lo que reforzaría la hipótesis de la conexión entre ambas cuencas, interrumpida por el levantamiento de la cordillera de la Costa. La pesca de subsistencia se concentra fundamentalmente en 12 especies. Se identificaron cinco especies endémicas, incluidas entre las ocho especies amenazadas según el Libro Rojo de la Fauna Venezolana. Las especies exóticas son la tilapia (*Oreochromis mossambicus*) y la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). En la actualidad la principal amenaza que presentan las poblaciones de peces, se relaciona con actividades antrópicas, siendo necesario establecer prioridades en cuanto a su manejo y conservación.

Introducción

La cuenca del río Tuy se encuentra en la región centro-norte costera de Venezuela entre los estados Miranda y Aragua. La hidrografía del área se caracteriza por presentar corrientes de poco recorrido y caudal, a excepción del río Tuy, que constituye el cauce principal y designa el nombre a toda esta importante cuenca (Bosque-Sendra y García 2000).

Son muy pocos los estudios que se han realizado sobre las poblaciones de peces dulceacuícolas del río Tuy, aunque diferentes investigadores han realizado contribuciones al conocimiento de la ictiofauna de algunos ríos de la cuenca. Destacan los trabajos de Eigenmann (1920) con los peces del Lago de Valencia, Caracas y río Tuy; Mago (1968) sobre los peces del río Guaire y Mago (1970), con la lista de los peces de Venezuela; Marrero y Machado-Allison (1990) estudiaron los peces de los ríos Panaquire, Urba y Yaguapa; Rodríguez-Olarte (1996) los peces del río Merecure; Lasso-Alcalá y Ponte (1997) con algunos aspectos ecológicos de peces de la vertiente sur del P.N. El Ávila y finalmente, Lasso



K. González-O.

CUENCA DEL RÍO TUY

y Rojas (2005), presentaron una evaluación del estado actual de conservación de ocho especies de peces amenazadas en la cuenca del río Tuy, junto con un listado preliminar de la ictiofauna.

A pesar de tener una ubicación próxima al área metropolitana de Caracas, las especies de peces dulceacuícolas de la cuenca del río Tuy no han sido objeto de evaluaciones recientes, salvo el trabajo citado anteriormente. El desarrollo acelerado de las actividades antrópicas es la principal amenaza para la biodiversidad acuática. En esta cuenca se encuentran ocho especies de peces amenazadas según el Libro Rojo de la Fauna Venezolana (Lasso 2008), cinco de ellas endémicas. Dada la escasez de información referente a la situación actual de los peces, es necesario obtener conocimientos sobre la biología, ecología,

distribución geográfica y amenazas, información sobre la cual será posible diagnosticar las condiciones en que se encuentran los peces en la cuenca y definir estrategias de manejo y conservación.

Área de estudio

La cuenca del río Tuy se encuentra en la región centro-norte costera de Venezuela en los estados Miranda y Aragua, entre las coordenadas 10° 00' y 10° 33' N y 66° 30' y 67° 20' O (MARNR 1992). El río Tuy nace a los 2.429 m s.n.m. en el Monumento Natural Pico Codazzi, al oeste del estado Aragua. Ocupa una superficie de 442.821 ha y constituye una de las siete principales subcuencas de la cuenca del Caribe (Lasso *et al.* 2004). Limita por el norte con el Distrito Federal, al este con el Mar Caribe, al oeste con el estado Aragua y al sur con los estados Guárico y Aragua (Figura 1).



Figura 1. Ubicación geográfica de la cuenca del río Tuy, estados Miranda y Aragua, Venezuela.

Comprende tres áreas fisiográficas: 1) el área montañosa, 2) los valles del interior y 3) la llanura de Barlovento (Figura 2). La

temperatura media anual varía entre 18° y 26° C y la precipitación entre 1300 y 2800 mm anuales.



Figura 2. Cuenca del río Tuy: a) área montañosa, zona metropolitana de Caracas; b) sector El Conde, parte alta cuenca del río Tuy; c) cuenca media del río Tuy, cerca de la población de Tacata; d) cuenca media, sector Oumare del Tuy, río Suapure; e) cuenca baja del río Tuy, río Merecure; f) cuenca baja del río Tuy, río Urba. Fotos: K. González-Oropeza.

CUENCA DEL RÍO TUY

Debido a que esta cuenca se ubica en una de las regiones más pobladas de Venezuela, la principal amenaza que presenta es el crecimiento acelerado de las actividades antrópicas (de origen agrícola, industrial, etc.) que contaminan, modifican y/o destruyen en gran medida el hábitat. No obstante, la región tiene numerosas Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE), que se caracterizan por su biodiversidad y potencial hídrico incluyendo cuatro parques nacionales: Henry Pittier (estados Aragua y Carabobo), Guatopo (estados Guárico y Miranda), El Ávila (estados Vargas, Miranda y Distrito Capital) y Macarao (estados Aragua y Miranda); dos monumentos naturales: cueva de Alfredo Jahn (estado Miranda) y Pico Co-dazzi (estado Aragua); zonas protectoras: Área Metropolitana de Caracas y de Los Teques, Litoral Central (Vargas-Miranda), río Chuspita (Miranda); áreas de aprovechamiento y protección agrícola: zona ribereña del Lago de Valencia y Área de Aprovechamiento Agrícola de Barlovento; áreas críticas con prioridad de tratamiento: cuenca del Lago de Valencia y cuenca media y baja del río Tuy; y los parques metropolitanos: La Pereza, El Bosque de La Virgen y Vicente Emilio Sojo (Distrito Capital).

Material y métodos

Los muestreos se concentraron a lo largo de la cuenca del río Tuy. Acorde a la información obtenida de las bases de datos de diferentes museos nacionales (MHNLS, MBUCV, EBRG) y la revisión bibliográfica, se realizó un análisis de vacíos y una selección de localidades en función del número de especies (riqueza específica), obteniendo así los lugares de colecta más importantes. Se colectó en 19 municipios de los estados Miranda y Aragua y se realizaron 20 salidas de campo dentro de los muni-

cipios Acevedo, Andrés Bello, Baruta, Carrizal, Chacao, Cristóbal Rojas, El Hatillo, Guaicaipuro, Independencia, Lander, Los Salias, Paz Castillo, Plaza, Simón Bolívar, Sucre, Urdaneta, Zamora (Edo. Miranda) y en los municipios José Rafael Revenga, Santos Michelena (Edo. Aragua), para un total de 31 localidades evaluadas. Se colectaron ejemplares en todos los ambientes acuáticos y micro-hábitats presentes, empleando artes de pesca convencionales (anzuelos, redes de playa, chinchorros y salabardos de malla fina). Los ejemplares fueron identificados con claves especializadas y revisiones taxonómicas. La información bioecológica preliminar de las especies procede del análisis de las observaciones y muestras provenientes del campo y literatura. Se realizaron reconocimientos visuales de las actividades antrópicas en desarrollo en las localidades evaluadas y áreas aledañas.

En vista a la alta inseguridad, dificultad de acceso, insalubridad, sequía presente en varias quebradas y caños en algunos municipios (Baruta, Carrizal, Chacao, Independencia, Los Salias, Plaza, Simón Bolívar, Sucre, Urdaneta y Zamora, estado Miranda), no fue posible realizar colectas.

Resultados y discusión

Composición

Se identificaron 55 especies, agrupadas en siete órdenes, 19 familias y 44 géneros. Se encontraron 19 especies en la parte alta, 17 especies en la parte media y 17 especies en la zona baja y baja inundable. El orden con mayor número de especies fue Characiformes (5 familias, 17 géneros, 26 especies), seguido por los Siluriformes (7 familias, 16 géneros, 17 especies), Perciformes (2 familias, 6 géneros, 7 especies), Cyprinodontiformes (2 familias, 2 géneros, 2 es-



K. González-O.



Figura 3. Especies representativas de los diferentes órdenes de peces presentes en la cuenca del río Tuy, vertiente Caribe, Venezuela. a) *Astyanax bimaculatus*; b) *Crenicichla geayi*; c) *Bunocephalus amaurus*; d) *Microglanis iheringi*; e) *Synbranchus marmoratus*; f) *Ancistrus brevifilis*; g) *Trachelyopterus galeatus*; h) *Steindachnerina argentea*. Fotos: K. González-Oropeza.

CUENCA DEL RÍO TUY



Figura 3. Continuación. Especies representativas de los diferentes órdenes de peces presentes en la cuenca del río Tuy, vertiente Caribe, Venezuela. i) *Awaous banana*; j) *Characidium chupa*; k) *Hoplias malabaricus*, especie de consumo; l) *Anablepsoides hartii*. Fotos: K. González-Oropeza.

peces), Gymnotiformes, Salmoniformes y Synbranchiformes (1 familia, 1 género, 1 especie cada uno) (Anexo 1) (Figura 3).

Según los inventarios y listados previos, así como otros trabajos donde se registran especies para la cuenca del río Tuy (Eigenmann 1920, Mago 1968-1970, Marrero y Machado-Allison 1990, Rodríguez-Olarte 1996, Lasso-Alcalá y Ponte 1997, Lasso y Rojas 2005), ocho especies son nuevos registros para la cuenca del río Tuy: *Astyanax* sp. 1, *Astyanax* sp. 2, *Astyanax* sp. 3, *Bryconamericus yokiaie*, *Pimelodella cristata*, *Farlowella vittata*, *Hypostomus* cf. *plecostomoides* e *Hyphessobrycon tuyensis* descrita por García-Alzate *et al.* (2008).

Se identificaron cinco especies endémicas en la cuenca: el tetradiamante (*Moenkhaus*

pittieri), el corroncho del Guaire (*Chaetostoma guairense*), el corroncho del Tuy (*Cordylancistrus nephelion*), la paleta de la cuenca del río Tuy (*Rineloricaria caracasensis*) y el bagre de Chacaito (*Trichomycterus mondolfi*), las cuales solo se encuentran en ambientes de corrientes rápidas, aguas claras bien oxigenadas y sustrato rocoso.

Las dos especies exóticas han sido registradas para el embalse de Agua Fría y afluentes (trucha arcoíris) y cauce principal del río Tuy (tilapia).

Distribución espacial

La distribución de las especies obedeció a las características y requerimientos de cada grupo taxonómico y funcional en particular. De acuerdo a la posición de los peces en la columna de agua, se observa-

ron cinco especies en el estrato superficial (especies pelágicas), 25 especies distribuidas en el estrato medio, 15 especies asociadas a fondos rocosos y aguas rápidas y por último, ocho especies en fondos fango-arenosos con aguas más bien lénticas (especies bentónicas).

Las especies reconocidas en el estrato superficial corresponden a especies de las familias Characidae (*Corynopoma riseii*, *Gephyrocharax valencia*, *Gephyrocharax venezuelae*); Poeciliidae (*Poecilia reticulata*) y Rivulidae (*Anablepsoides hartii*). Todas esas especies son de hábitos carnívoros (entomófagas) y son consideradas controladores de insectos. Suelen alimentarse de larvas de insectos, tanto acuáticos como terrestres, incluyendo algunos microcrustáceos (Taphorn 1992).

En el estrato medio se observó una mayor riqueza de especies (25 sp.). Hay dos especies depredadoras carnívoras-ictiofagas: la guabina (*Hoplias malabaricus*), fisiológicamente adaptada a vivir en lugares anóxicos, con altas temperaturas y contaminación (Barbarino y Taphorn 1995) y el caribe (*Serrasalminus neveriensis*), que suelen incluir camarones y microcrustáceos a su dieta (Machado-Allison *et al.* 1993).

Los Characaciformes son peces omnívoros con una alimentación basada en algas filamentosas, pequeñas semillas, ostrácodos y gastrópodos, plantas acuáticas, flores, insectos terrestres y acuáticos, aunque existen ciertas preferencias entre algunos de los géneros por uno u otro ítem alimenticio. El anostómido *Leporinus friderici* muestra preferencia por plantas acuáticas (Fernández-Yépez 1969, Taphorn 1992).

Los Perciformes que se encuentran en este estrato (*Andinoacara pulcher*, *Caquetaia kraussii* y *Cichlasoma taenia*), incluyen en

su dieta pequeños camarones y peces, insectos acuáticos, hormigas, vegetales, flores, frutos, semillas (Señaris y Lasso 1993, Barbarino y Taphorn 1995).

El sustrato rocoso ubicado en la parte alta y media (piedemonte) de la cuenca, está asociado a cascadas y zonas ritrónicas en donde las características del medio, las cuales operan como una barrera en la distribución de las especies. Aquí se encuentran especies de la familia Loricariidae (*Ancistrus brevifilis*, *Hypostomus* cf. *plecostomoides*, *Chaetostoma pearsei*, *Chaetostoma guairense*, *Cordylancistrus nephelion*, *Farlowella vittata*, *Loricariichthys brunneus* y *Rineloricaria caracasensis*); se alimentan y ocultan entre troncos y piedras. Las familias Crenuchidae (*Characidium chupa*), Pseudopimelodidae (*Microglanis iheringi*) y Trichomycteridae (*Trichomycterus mondolfi*), también habitan estos hábitats y suelen alimentarse de insectos acuáticos (Mago 1968, Román 1992). Acerca de los representantes del orden Perciformes (*Crenicichla saxatilis* y *Crenicichla geayi*), es muy poco lo que se conoce sobre la biología de estas especies. Se refugian entre las raíces sumergidas de los árboles, son especies carnívoras que consumen principalmente peces, insectos acuáticos, camarones y caracoles. El chupatierra (*Awaous banana*) incluye en su dieta insectos acuáticos, camarones y peces que consume tanto en la parte alta del río como en la zona estuarina (Lasso-Alcalá y Lasso 2007).

En el sustrato fango-arenoso, con aguas lénticas y una alta degradación de material vegetal en descomposición proveniente de la parte alta y media del río producto tanto de las actividades antrópicas (deforestación, erosión, etc.) como naturales, se encuentran especies de las familias Aspredinidae (*Bunocephalus amaurus*),



K. González-O.



K. González-O.

CUENCA DEL RÍO TUY



Figura 4. Hábitats representativos de la cuenca del río Tuy, vertiente Caribe, Venezuela. a) río Tuy (El Concejo); b) río Urba, Panaquire; c) caño Canoa; d) río Urape; e) embalse Agua Fría, Colonia Tovar, estado Aragua; f) caño Merecurote. Fotos: K. González-Oropeza.

Sternopygidae (*Stenopygus macrurus*), Synbranchidae (*Synbranchus marmoratus*) y Heptapteridae (*Pimelodella* sp. y *Rhamdia humilis*), que se alimentan de organismos del bentos como efemerópteros, camarones, larvas, gusanos, etc., así como de pequeños peces (Fernández-Yépez 1969, Lasso 2004). Las familias Auchenipteridae (*Trachelyopterus galeatus*) y Curimatidae (*Steindachnerina argentea*) son considerados detritívoros por lo que suelen encontrarse en los remansos de los ríos, generalmente con fondos fangosos (Román 1992). El curito (*Hoplosternum littorale*), familia Callichthyidae, es omnívoro (Barbarino y Taphorn 1995). En estos sustratos se encuentra un bagre perteneciente a la familia Trichomycteridae (*Ochmacanthus alternus*) que se alimenta de mucus de otros peces (Román 1992).

La mayoría de las especies presentaron una distribución restringida, lo cual puede deberse a los gradientes altitudinales existentes, donde ciertas barreras actúan como limitantes para la distribución y dispersión de los peces (cascadas, saltos, aguas rápidas, etc.) y a la presente intervención antrópica. Los cursos de aguas han sido rellenados por una gran cantidad de sedimentos y cantos rodados provenientes de las zonas montañosas, lo que reduce la disponibilidad de hábitat. Lasso y Rojas (2005) detectaron un enorme cambio ocurrido en la geomorfología del cauce y lechos de los ríos, caños y quebradas, posterior al desastre y la tragedia del estado Vargas y el Guapo en 1999. La gran cantidad de sedimentos depositados en los cauces de los ríos afecta principalmente a especies de media agua (p. e. *Moenkhausia pittieri*) y la disminución de profundidad del río y velocidad de la corriente afecta a aquellas especies adaptadas a vivir en aguas corrientes (p. e. *Chaetostoma* spp.).

En la figura 4 se muestran algunos de los hábitats representativos.

Uso de las especies

Los peces en el río Tuy no alcanzan grandes tallas cuando llegan a adultos, por lo que solo algunas especies se aprovechan como alimento en la pesca de subsistencia y son consumidas localmente (Marrero y Machado-Allison 1990, González-Oropeza, Lasso obs. pers.). Las principales especies aprovechadas como alimento de subsistencia son la guabina (*Hoplias malabaricus*), las viejitas (*Andinoacara pulcher*), mochorocas (*Cichlasoma taenia*), mataguaros (*Crenicichla cf. saxatilis* y *Crenicichla geayi*), el chupatierra o guabina hoyera (*Awaous banana*), los corronchos o petoras (*Chaetostoma guairense*, *Chaetostoma pearsei*, *Ancistrus brevifilis*), el curito (*Hoplosternum littorale*), los bagres (*Pimelodella* sp., *Rhamdia humilis*) y la anguila de río (*Synbranchus marmoratus*) (Marrero y Machado-Allison 1990, Lasso obs. pers.).

Existe una especie que presenta una mayor presión sobre sus poblaciones naturales para el comercio de peces ornamentales, el “tetra diamante” (*Moenkhausia pittieri*). Los loricáridos (*Chaetostoma guairense* y *Chaetostoma pearsei*), a pesar de no ser tan aprovechadas, aparecen frecuentemente en el mercado nacional y comienzan a ser comercializadas internacionalmente. Otros carácidos que comienzan a verse en tiendas locales son las sardinitas (género *Bryconamericus*), el diente frío (género *Creagrutus*) y las mordelonas (género *Aphyocharax*). En la figura 5 se muestran algunas especies ornamentales y actividades relacionadas con la pesca de subsistencia y ornamental.

CUENCA DEL RÍO TUY



K. González-O.



Figura 5. Especies ornamentales representativas y pesca de subsistencia. a) *Moenkhausia pittieri*, especie ornamental; b) *Aphyocharax erythrurus*, especie ornamental; c) *Chaetostoma guairensis*, especie de consumo y ornamental; d) *Pimelodella* sp., especie de consumo; e) pesca de subsistencia, río Tuy sector El Conde. Fotos: K. González-Oropeza (a, b, c, d, f), C. A. Lasso (e).

En esta cuenca se encuentran ocho especies amenazadas y registradas en el Libro Rojo de la Fauna Venezolana (Lasso 2008). Bajo la categoría de En Peligro, el corroncho de la cuenca del río Tuy y Lago de Valencia, *Chaetostoma pearsi* (Lasso *et al.* 2008a), el corroncho del Tuy, *Cordylancistrus nepheleon* (Provenzano y Milani 2008), la paleta de la cuenca del río Tuy, *Rineloricaria caracasensis* (Lasso *et al.* 2008b) y el bagre de Chacaíto, *Trichomycterus mondolfi* (Lasso *et al.* 2008c). Bajo la categoría Vulnerable el corroncho del río Guaire, *Chaetostoma guaiense* (Lasso *et al.* 2008d), el tetradiamante, *Moenkhausia pittieri* (Campo *et al.* 2008a) y el caribe o piraña de los ríos Tuy y Neverí, *Serrasalmus neveriensis*, (Campo *et al.* 2008b). Bajo la categoría de Casi Amenazado el bagre del río Guaire, *Rhamdia humilis* (Rodríguez y Rojas-Suárez 2008).

Amenazas

Tras el análisis de los registros ictiofaunísticos disponibles desde la década de los 40 en la cuenca del río Tuy, muchas especies parecen haber desaparecido de gran parte de sus tributarios. La causa principal es la intervención de la cuenca por el acelerado desarrollo tanto industrial, pecuario y agrícola (fábricas, cochineras, etc.), como habitacional (expansión urbana y residencial) en la región. La presión sobre las fuentes de agua tanto subterráneas como superficiales y la deforestación de los bosques húmedos que permite un mayor arrastre de sedimentos hacia las corrientes de agua, genera cambios en la físico-química de las aguas y por consiguiente desestabiliza las estructuras comunitarias de los peces que habitan estos ecosistemas (Rodríguez-Olarte 1996). A nivel de la cuenca baja uno de los grandes problemas del río Tuy es la gran cantidad de sólidos suspendidos y desechos provenientes de las aguas servidas de las principales áreas urbanas.

las aguas servidas de las principales áreas urbanas.

En la cuenca se localizan algunos embalses: Agua Fría, Ocumarito y Lagartijo, Quebrada Seca, La Mariposa, La Pereza y Taguaza (MARNR 1992), así como algunos embalses privados (ej. Santa Elena), que se encuentran en período de evaluación. A pesar de la existencia de estos embalses, la disponibilidad hídrica en la región es baja en relación a la gran demanda. Estos sistemas podrían beneficiar a especies que habitan en el estrato medio de la columna de agua (p. e. *Astyanax bimaculatus*, *Moenkhausia pittieri*, *Andinoacara pulcher*, etc.), los cuales son capaces de soportar las condiciones lénticas. Los peces carnívoros como la guabina (*Hoplias malabaricus*), se verían beneficiados por hallar presas comunes de su dieta. Sin embargo, los loricáridos, desaparecen de aquellas zonas que quedan por debajo de las aguas de los embalses, ya que están habituados a aguas rápidas y bien oxigenadas. Es de esperar que las especies ligadas a condiciones lólicas queden confinadas a las partes alta y media de las quebradas. A nivel de la cuenca baja, uno de los grandes problemas del río Tuy es la gran cantidad de sólidos suspendidos y desechos provenientes de las aguas servidas del área metropolitana. Se ha demostrado la influencia de la pluma del río Tuy sobre la calidad de agua en las zonas costeras (el mar Caribe es receptor de todos los contaminantes transportados por el río), particularmente en la zona oeste de la boca del río (Audemard 2002, Herrera y Suárez 2005). Se desconoce el impacto generado por la introducción de la trucha y la tilapia sobre los peces autóctonos (Lasso obs. pers.). En la figura 6 se ilustran algunas de las amenazas presentes en la cuenca.



K. González-O.

CUENCA DEL RÍO TUY



Figura 6. Algunas de las amenazas presentes en la cuenca del río Tuy, vertiente Caribe, Venezuela. a) agricultura extensiva, sector El Jarillo (cuenca alta); b) aliviadero de la presa Ing. Pedro Pablo Azpurua, en Taguaza (cuenca baja); c) minas de níquel, Tiara; d) extracción de arena en el cauce del río Tuy (Caucagua); e) expansión urbana residencial, zona metropolitana de Caracas; f) desechos sólidos, Valles del Tuy, margen del río Suapure. Fotos: K. González-Oropeza.

Recomendaciones para la conservación

La situación actual de la cuenca del río Tuy sólo podría revertirse o al menos reducirse, por una acción conjunta que implique grandes inversiones, tanto del sector público como del privado, desarrollando programas ambientales donde se diera a conocer a la comunidad en general la problemática de la cuenca y de ciertas especies de peces amenazados. Así mismo, iniciar la reducción y control de la contaminación de los cursos de agua, la conservación de los bosques ripiarios de quebradas y ríos, controlar la erosión de los valles y restringir todas aquellas actividades que puedan alterar las condiciones ambientales en la parte alta y media de las quebradas y ríos tributarios del río Tuy, lo cual repercutirá en una protección para el hábitat de las especies y por supuesto, las poblaciones humanas.

Existe una necesidad urgente de realizar estudios sobre las poblaciones naturales de los peces dulceacuícolas del río Tuy. Se recomienda realizar nuevos inventarios en las subcuencas de esta vertiente y sobre todo en el cauce principal del río Tuy (muy poco prospectado), para poder conocer y determinar el estado actual de las poblaciones remanentes, así como su distribución. Esta información constituye una herramienta que permitirá acelerar planes de conservación y manejo de la fauna acuática tanto de las especies amenazadas, como de otras especies que habitan en la cuenca.

Se puede evaluar la posibilidad de realizar ensayos de reproducción en cautiverio (conservación *ex situ*), de aquellas especies que han sido objeto de explotación desmedida o que se encuentran amenazadas (p. e. *Mohenkausia pittieri*, *Trichomycterus*

mondolfi), con objeto de repoblar los cursos de agua donde han desaparecido o sus poblaciones están muy reducidas. Así mismo, se debe regular el comercio de especies de importancia ornamental.

La creación de un mayor número de áreas bajo régimen de administración especial (ABRAE), es una muy buena medida a tomar. Esta debe hacerse siguiendo con el plan de ordenamiento y reglamento de uso de dichas áreas, con una protección total, una mayor vigilancia y control por parte de los organismos competentes.

Por otra parte, es necesario emplear sistemas más eficientes para la recolección de las aguas servidas, formular planes de reciclaje y el aprovechamiento del material orgánico para la producción de abonos, lo cual contribuirá a disminuir el volumen de desechos.

Finalmente, prohibir las invasiones y subsiguiente deforestación de terrenos en zonas protectoras, parques nacionales y embalses, exigiendo a las autoridades competentes a tomar acciones respectivas, informar y sensibilizar a la población sobre el uso y conservación de los parques nacionales.

Bibliografía

- Audemard, F. 2002. Syn-sedimentary extensional tectonics in the River Tuy Basin, northern Venezuela: implications on basin genesis and southern Caribbean Geodynamics. Memorias XI Congreso Venezolano de Geofísica, Caracas. 6 pp.
- Barbarino, A. y D. Taphorn. 1995. Especies de la pesca deportiva. Una guía de identificación y reglamentación de los peces de agua dulce de Venezuela. Editorial Arte, C. A. Caracas, Venezuela. 155 pp.
- Bosque-Sendra, J. y R. C. García. 2000. El uso de los sistemas de información geográ-



K. González-O.

CUENCA DEL RÍO TUY

- fica en la planificación territorial. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense* 20: 49-67.
- Campo, M. A., M. Ortaz, C. A. Lasso y J. C. Rodríguez. 2008a. Tetradiamante, *Moenkhausia pittieri*. Pp: 229. En: Rodríguez, J. P. y F. Rojas-Suárez (Eds.). Libro Rojo de la Fauna Venezolana. Tercera Edición. Provita y Shell Venezuela, S.A., Caracas, Venezuela.
 - Campo, M. A., A. Machado-Allison y C. A. Lasso. 2008b. Caribe del Tuy y Neverí, *Serrasalmus neveriensis*. Pp: 231. En: Rodríguez, J. P. y F. Rojas-Suárez (Eds.). Libro Rojo de la Fauna Venezolana. Tercera Edición. Provita y Shell Venezuela, S.A., Caracas, Venezuela.
 - Eigenmann, C. 1920. The fishes of Lake Valencia, Caracas and the Río Tuy at El Concejo, Venezuela. Indiana University Studies, Vol. VII. 16 pp.
 - Fernández-Yépez, A. 1969. Venezuela y sus peces. Álbum ictiológico. Primera entrega. Estación de Investigaciones Piscícolas. Ministerio de Agricultura y Cría. Oficina Nacional de Pesca. 58 pp.
 - García-Alzate, C. A., C. Román-Valencia y D. C. Taphorn. 2008. Revision of the *Hyphessobrycon heterorhabdus* - group (Teleostei: Characiformes: Characidae), with description of two new species from Venezuela. *Vertebrate Zoology* 58 (2): 139-157.
 - Herrera, A. y P. Suárez. 2005. Indicadores bacterianos como herramientas para medir la calidad ambiental del agua costera, Caracas, Venezuela. *Interciencia* 30 (3): 171-176.
 - 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. Sevilla. 458 pp.
 - Lasso, C. A. 2008. Peces. Pp. 220-263. En: Rodríguez, J. P. y F. Rojas Suárez (Eds.). Libro Rojo de la Fauna Venezolana. Tercera Edición. Provita y Shell de Venezuela, S. A., Caracas, Venezuela.
 - Lasso, C. A., D. Lew, D. Taphorn, C. DoNascimento, O. Lasso-Alcalá, F. Provenzano y A. Machado-Allison. 2004. Biodiversidad ictiológica continental de Venezuela. Parte I. Lista de especies y distribución por cuencas. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales* 159-160: 105-195.
 - Lasso, C. A. y H. Rojas. 2005. Evaluación del estado actual de conservación de siete especies de peces amenazadas en la cuenca del río Tuy, estados Aragua y Miranda. Informe Técnico final-Julio 2005. FLASA-PROVITA. Caracas.
 - Lasso-Alacala, O. y V. Ponte. 1997. III- Ictiofauna. Pp: 60-86. En: Aspectos ecológicos y biodiversidad de los escenarios naturales de Parque Nacional "El Ávila", vertiente sur. Volumen II (Vertebrados). Informe Técnico Final. MHNLS-FLASA-CONICT. (Proyecto N R p VII 240058). INPARQUES.
 - Lasso-Alcalá, O. y C. A. Lasso. 2007. Revisión taxonómica del genero *Awaous Valenciennes* 1837 (Pisces: Perciformes, Gobiidae) en Venezuela, con notas sobre su distribución y hábitat. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales* 168: 117-140.
 - Lasso, C. A., C. DoNascimento y J. C. Rodríguez. 2008a. Corroncho del lago de Valencia, *Chaetostoma pearsi*. Pp: 239. En: Rodríguez, J. P. y F. Rojas-Suárez (Eds.). Libro Rojo de la Fauna Venezolana. Tercera Edición. Provita y Shell Venezuela, S.A., Caracas, Venezuela.
 - Lasso, C. A., H. Rojas, O. M. Lasso-Alcalá y F. Provenzano. 2008b. Paleta de la cuenca del Tuy, *Rineloricaria caracasensis*. Pp: 245. En: Rodríguez, J. P. y F. Rojas-Suárez (Eds.). Libro Rojo de la Fauna Venezolana. Tercera Edición. Provita y Shell Venezuela, S.A., Caracas, Venezuela.
 - Lasso, C. A., O. M. Lasso-Alcalá, J. C. Rodríguez y C. DoNascimento. 2008c. Bagre de Chacaíto, *Trichomycterus mondolfi*. Pp: 255. En: Rodríguez, J. P. y F. Rojas-Suárez (Eds.) Libro Rojo de la Fauna Venezolana. Tercera Edición. Provita y Shell Venezuela, S.A., Caracas, Venezuela.
 - Lasso, C. A., H. Rojas, O. M. Lasso-Alcalá, J. C. Rodríguez y F. Provenzano. 2008d. Corroncho del Guaire, *Chaetostoma guai- rense*. Pp: 238. En: Rodríguez, J. P. y F. Rojas-Suárez (Eds.). Libro Rojo de la Fauna Venezolana. Tercera Edición. Provita y Shell Venezuela, S.A., Caracas, Venezuela.
 - Machado-Allison, A., W. Fink., H. López-Rojas y R. Ródenas. 1993. *Serrasalmus neveriensis* una nueva especie del Caribe de Venezuela y redescipción de *Serrasalmus medinai* Ramírez, 1965. *Acta Biológica Venezolánica* 14 (4): 45-60.
 - Mago, F. 1968. Notas sobre los peces del río Guaire. Pp. 227-256. En: Estudio de Caracas. Ecología vegetal y fauna. Vol. 1. Ediciones de la Biblioteca Universidad Central de Venezuela, Caracas.
 - Mago, F. 1970. Lista preliminar de los peces de Venezuela; incluyendo un listado preliminar sobre la ictiofauna del país. Ministerio de Agricultura y Cría, Caracas. 281 pp.
 - Marrero, C. y A. Machado-Allison. 1990. Inventario y notas ecológicas de los peces de los ríos Panaquire, Urba y Yaguapa (cuenca del río Tuy) estado Miranda, Venezuela. *Biollania* 7: 55-82.
 - Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR). 1992. Sistema de Información Ambiental de la Cuenca del Río Tuy. MARNR/FII/FP. Caracas-Venezuela. 218 pp.
 - Provenzano, F. y N. Milani. 2008. Corroncho del Tuy, *Cordylancistrus nephelion*. Pp: 240. En: Rodríguez, J. P. y F. Rojas-Suárez (Eds.). Libro Rojo de la Fauna Venezolana. Tercera Edición. Provita y Shell Venezuela, S.A., Caracas, Venezuela.
 - Rodríguez-Olarte, D. 1996. Notas sobre los peces del río Merecure, cuenca del río Tuy. estado Miranda. Nuevos reportes, aspectos sobre su ecología y situación actual. *Biollania* 12: 49-62.
 - Rodríguez, J. P. y F. Rojas-Suárez (Eds.). 2008. Libro Rojo de la Fauna Venezolana. Tercera Edición. Provita y Shell Venezuela, S.A., Caracas, Venezuela. 364 pp.
 - Román, B. 1992. Peces ornamentales de Venezuela. Fundación La Salle de Ciencias Naturales, Sociedad de Ciencias Naturales La Salle. Monografía N° 39, 223 pp.
 - Señaris, J. y C. A. Lasso. 1993. Ecología alimentaria y reproductiva de la mojarra de río *Caquetaia kraussii* (Steindachner 1878) (Cichlidae) en los Llanos inundable de Venezuela. *Publicaciones Ocasionales de la Asociación de Amigos de Doñana* 2: 1-58.
 - Taphorn, D. 1992. The characiform fishes of the Apure river drainage, Venezuela. *Biollania* 4, Edición especial: 1-537.



K. González-O.

CUENCA DEL RÍO TUY

Anexo 1. Lista de especies: nombre común y distribución altitudinal de las especies de peces dulceacuícolas registradas en la cuenca del río Tuy, vertiente Caribe, Venezuela. (*) especie introducida.

Taxa	Nombre común	Distribución altitudinal (m s.n.m.)
Orden Characiformes		
Familia Anostomidae		
<i>Leporinus friderici</i> (Bloch 1794)	Mije	30
Familia Characidae		
<i>Aphyocharax erythrurus</i> Eigenmann 1912	Mordelona	100
<i>Astyanax bimaculatus</i> (Linnaeus 1758)	Sardinita	100-30
<i>Astyanax fasciatus</i> (Cuvier 1819)	Sardinita	100-30
<i>Astyanax metae</i> Eigenmann 1914	Sardinita	100-30
<i>Astyanax</i> sp. 1	Sardinita	100-30
<i>Astyanax</i> sp. 2	Sardinita	100-30
<i>Astyanax</i> sp. 3	Sardinita	100-30
<i>Bryconamericus alpha</i> Eigenmann 1914	Sardinita	60-30
<i>Bryconamericus cismontanus</i> Eigenmann 1914	Sardinita	900-30
<i>Bryconamericus yokiae</i> Román-Valencia 2003	Sardinita	200-80
<i>Corynopoma riisei</i> Gill 1858	Sadinita cacheta de espada	100-20
<i>Creagrutus melasma</i> Vari, Harold y Taphorn 1994	Diente frío pintada	600-50
<i>Creagrutus taphorni</i> Vari y Harold 2001	Diente frío	600-50
<i>Ctenobrycon spilurus</i> (Valenciennes 1850)	Sardinita	900
<i>Gephyrocharax valencia</i> Eigenmann 1920	Sardinita	80-30
<i>Gephyrocharax venezuelae</i> Schultz 1944	Sardinita	80-30
<i>Hemibrycon metae</i> Myers 1930	Sardina de montaña	150-60
<i>Hyphessobrycon cf. fernandesi</i> Fernández-Yépez 1972	Sardinita	300
<i>Moenkhausia pittieri</i> Eigenmann 1920	Tetra diamante	400-30
<i>Odontostilbe pulchra</i> (Gill 1858)	Sardinita	300-30
<i>Roeboides dientonito</i> Schultz 1944	Jibao	150-30
<i>Serrasalmus neveriensis</i> Machado-Allison <i>et al.</i> 1993	Caribe	300
Familia Crenuchidae		
<i>Characidium chupa</i> Schultz 1944	Voladorita	300
Familia Curimatidae		
<i>Steindachnerina argentea</i> (Gill 1858)	Coporito	500-70

Anexo 1. Continuación.

Taxa	Nombre común	Distribución altitudinal (m s.n.m.)
Familia Erythrinidae		
<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch 1794)	Guavina	700-80
Orden Siluriformes		
Familia Aspredinidae		
<i>Bunocephalus amaurus</i> Eigenmann 1912	Guitarrita	90-30
Familia Auchenipteridae		
<i>Trachelyopterus galeatus</i> (Linnaeus 1766)	Bagre sapo	900-70
Familia Callichthyidae		
<i>Corydoras aeneus</i> (Gill 1858)	Cochinito	90-60
<i>Hoplosternum littorale</i> (Hancock 1828)	Curito	800
Familia Heptapteridae		
<i>Pimelodella cristata</i> (Müller y Troschel 1849)	Bagre	200-70
<i>Rhamdia humilis</i> (Günther 1864)	Bagre	400-30
Familia Loricariidae		
<i>Ancistrus brevifilis</i> Eigenmann 1920	Corroncho	500-90
<i>Chaetostoma guairensis</i> Steindachner 1881	Corroncho del Guaire	1000-100
<i>Chaetostoma pearsei</i> Eigenmann 1920	Corroncho	600-200
<i>Cordylancistrus nephelion</i> Provenzano y Milani 2006	Corroncho	800
<i>Farlowella vittata</i> Myers 1942	Aguja	350
<i>Hypostomus cf. plecostomoides</i> (Eigenmann 1922)	Corroncho	500-250
<i>Loricariichthys brunneus</i> (Hancock 1828)	Guaraguara	700
<i>Rineloricaria caracasensis</i> (Bleeker 1862)	Paleta	400
Familia Pseudopimelodidae		
<i>Microglanis iheringi</i> Gomes 1946	Barbudito, arlequin	600
Familia Trichomycteridae		
<i>Ochmacanthus alternus</i> Myers 1927	Bagre	300-70
<i>Trichomycterus mondolfi</i> (Schultz 1945)	Bagre de Chacaito	900-250
Orden Gymnotiformes		
Familia Sternopygidae		
<i>Stenopygus macrurus</i> (Bloch y Schneider 1801)	Cuchillo	40
Orden Salmoniformes		
Familia Salmonidae		

CUENCA DEL RÍO TUY

Anexo 1. Continuación.

Taxa	Nombre común	Distribución altitudinal (m s.n.m.)
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Walbaum 1792)*	Trucha	1720
Orden Cyprinodontiformes		
Familia Poeciliidae		
<i>Poecilia reticulata</i> Peters 1859	Gupi	1000-30
Familia Rivulidae		
<i>Anablepsoides hartii</i> (Boulenger 1890)	Pez anual	800-30
Orden Synbranchiformes		
Familia Synbranchidae		
<i>Synbranchus marmoratus</i> Bloch 1795	Anguila	400-90
Orden Perciformes		
Familia Cichlidae		
<i>Andinoacara pulcher</i> (Gill 1858)	Viejita	700-300
<i>Caquetaia kraussii</i> (Steindachner 1878)	Petenia, San Pedro	90-20
<i>Cichlasoma taenia</i> (Bennett 1831)	Mochoroca	300-100
<i>Crenicichla geayi</i> Pellegrin 1903	Matagüaro	400-40
<i>Crenicichla cf. saxatilis</i> (Linnaeus 1758)	Matagüaro	400-40
<i>Oreochromis mossambicus</i> (Peters 1852)*	Tilapia	190
Familia Gobiidae		
<i>Awaous banana</i> (Valenciennes 1837)	Chupatierra	300-0

K. González-O.



8.12 RÍOS COSTEROS Y SUS ICTIOFAUNAS EN EL OCCIDENTE DE VENEZUELA: biogeografía y conservación

Douglas Rodríguez-Olarte, Margenny Barrios,
Jorge Coronel y Crispulo Marrero

Resumen

Los ríos costeros del occidente de Venezuela representan una franja de transición biogeográfica para las ictiofaunas dulcea-cuícolas entre el Lago de Maracaibo y el mar Caribe. Principalmente los ríos Mitare, Coro, Ricoa, Hueque, Tucurere, Tocu-yo, Aroa, Yaracuy y Urama, conforman la provincia Caribe occidental, una entidad biogeográfica en la que convergen las orografías y las ictiofaunas de los Andes, el Sistema Coriano y la Cordillera de la Costa. En la provincia se registran 137 especies (14 familias, 48 órdenes), destacando los peces de agua dulce (63 sp., ~30% de endemismo), donde predominan las familias Characidae y Loricariidae. A esta cifra se añaden ocho especies introducidas. La mayoría de las especies son aprovechadas en la pesca de subsistencia, excepto en las desembocaduras, donde los peces marinos y estuarinos predominan y varios tienen importancia en la pesca artesanal. Alrededor del 10% de las especies de agua dulce se encuentra en alguna categoría de amenaza. Las áreas protegidas regionales no son efectivas para la conservación de las

comunidades de peces en donde estas presentan una mayor riqueza de especies. La mayoría de los ríos en la región se encuentran intervenidos por represas, extracción de agua, contaminación por efluentes y residuos urbanos, agrícolas e industriales, lo que en combinación con el clima semiárido predominante, potencia el efecto negativo sobre los recursos hidrobiológicos.

Introducción

Diferentes procesos geológicos han contribuido a la conformación de las biotas en los ríos costeros de Venezuela, distinguiéndose dos grandes grupos de ictiofaunas: uno transandino en las costas occidentales (cuenca de Maracaibo, drenajes de la Guajira y del occidente del estado Falcón) y otro cisandino que agrupa al resto de los drenajes al mar Caribe (Lasso *et al.* 2004); además, también se distinguen variaciones en la riqueza de especies que son atribuidas a una combinación de la orografía y la humedad. Tales ictiofaunas conforman provincias con baja similitud entre las mismas, que pueden ser asociadas con la historia geológica y

RÍOS COSTEROS E ICTIOFAUNAS

climática de los grandes drenajes al norte de Suramérica (Rodríguez-Olarte *et al.* 2009). Aquí se describen los aspectos relevantes de la provincia zoogeográfica Caribe Occidental, que destaca por su elevada riqueza de especies y endemismo y donde convergen orografías de los Andes, Sistema Coriano y Cordillera de la Costa. Aun cuando varias áreas protegidas están en la provincia, los centros urbanos y el paisaje agropecuario han generado una combinación de efectos nocivos sobre muchos de los ríos, colocando en riesgo a sus peces (Rodríguez y Rojas-Suárez 2008), por lo que es de mucha importancia generar y divulgar información sobre los atributos de los recursos hidrobiológicos regionales para contribuir con el manejo adecuado de los mismos.

Área de estudio

Ríos costeros en los Andes

El río Tocuyo (17854 km²) representa el único drenaje con origen andino y nace en el páramo del Cendé, 3585 m s.n.m. (Figura 1). La precipitación varía notablemente: en el Alto Tocuyo el promedio anual es de 1212 mm (2016 mm en el Parque Nacional Yacambú, Figura 2), al norte de la cuenca media se ubica alrededor de los 800 mm y en las planicies costeras se eleva a 1471 mm. Por debajo de los 2500 m s.n.m. se reconoce una franja de bosques nublados y húmedos, pero en la cuenca media predomina la vegetación xerofítica, mientras que en la cuenca baja existen remanentes de bosques altos (Alvarado 2010). Así, el cauce principal se extiende por 440 km y surca paisajes variados: páramos, valles de montaña, depresiones semidesérticas y planicies fluviomarinas costeras (Figura 3). La actividad agropecuaria se extiende por toda la cuenca y destacan los cultivos de café en las montañas, hortalizas y cría

de cabras en la cuenca media y ganado vacuno en la cuenca baja. La intervención también se expresa por muchos embalses, ya sea en el cauce principal (Dos Cerritos, Atarigua) o en sus tributarios (Quediches, Ermitaño, Játira, etc.). La derivación y desecación de cauces y la extracción de agua es extendida e intensa. Varios parques nacionales se ubican en la cuenca: Dinira (45.328 ha) en los páramos, Yacambú (29.580 ha) en las selvas nubladas, Cerro Saroche (32.294 ha), entre lomeríos y depresiones desérticas y Cueva de la Quebrada del Toro (4.885 ha), en un sistema kárstico de la Sierra de Churuguara.

Ríos costeros en el Sistema Coriano

El Sistema Coriano representa un conjunto de serranías (Baragua, Churuguara, San Luis, etc.) usualmente orientadas de este a oeste y que cubren todo el estado Falcón. Varios ríos tienen sus origen en la Sierra de San Luis (Figura 1): los ríos Hueque (4272 km², 1224 m s.n.m., 131 km) y Ricoa (813 km², 1264 m s.n.m., 62 km) nacen al sur y al este de esta sierra, mientras que el río Coro (248 km², 1425 m s.n.m., 52 km) se origina al norte y el Mitare al sur (4866 km², 1422 m s.n.m., 151 km), este último se considera fuera de la provincia. En las estribaciones orientales de la Sierra de Churuguara nace el río Tucurere (602 km², 1224 m s.n.m., 64 km). Varios ríos tienen condición estuarina al final de su curso y muy pocos presentan anastomosis en sus desembocaduras al mar. En las tierras bajas el régimen de precipitaciones es bimodal (777 mm anuales, 405 mm cerca de la ciudad de Coro, Figura 2), con lluvias concentradas al final del año, y la temperatura media anual es cercana a los 27 °C (Cartaya y Méndez 2005). En la alta montaña destacan bosques densos, pero más abajo la vegetación es decidua y luego es xerofítica, principalmente al norte. Las represas

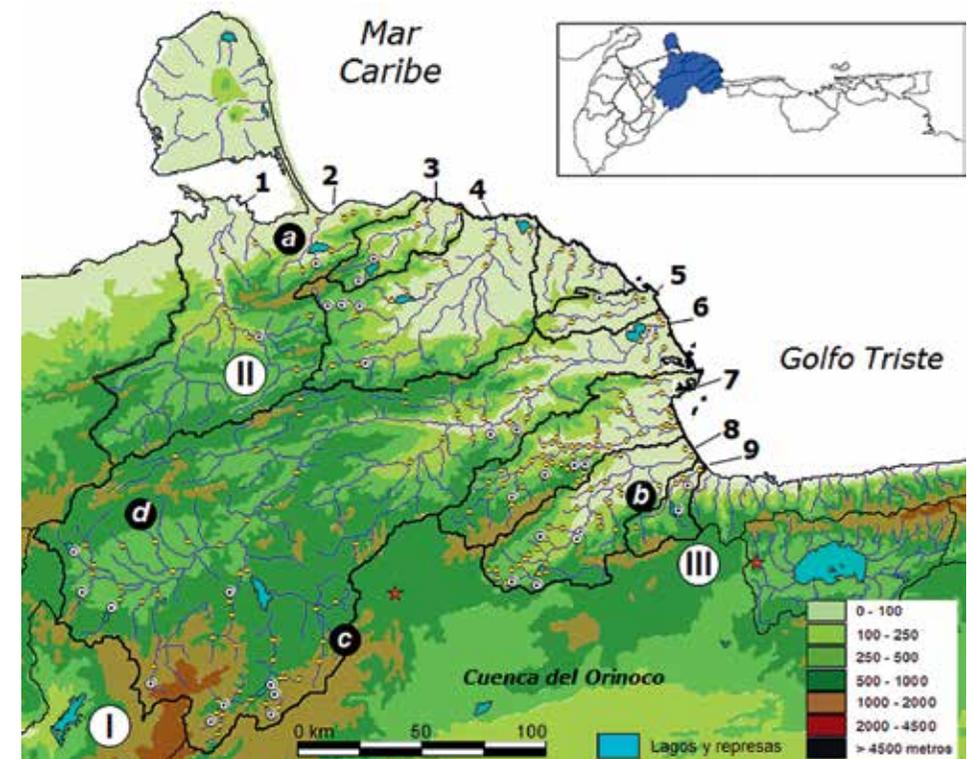


Figura. 1. Principales ríos costeros en el occidente de Venezuela que conforman la provincia Caribe Occidental. Aquí se incluyen los principales: (1) Mitare, (2) Coro, (3) Ricoa, (4) Hueque, (5) Tucurere, (6) Tocuyo, (7) Aroa, (8) Yaracuy y (9) Urama. Las cuencas drenan los sistemas orográficos de los Andes (círculos blancos, I) Sistema Coriano (II) y las estribaciones occidentales de la Cordillera de la Cota (III). Las estrellas indican las principales ciudades. Los círculos pequeños indican las coberturas de muestreo de la Colección Regional de Peces. Los círculos negros (letras a, b, c, d) indican los valores de la precipitación y su distribución en la figura 2.

cortan varios cauces principales y tributarios, principalmente en las cuencas altas y medias: Coro (El Isiro), Ricoa (Barrancas) y Hueque (Hueque). La intervención en todas las cuencas es extensiva y expresada por la agricultura y la ganadería caprina. La extracción de agua directamente de los ríos es masiva. En la Sierra de San Luis el

parque nacional Juan Crisóstomo Falcón protege 20.000 ha de las cabeceras de varios ríos. En dos desembocaduras existen reservas de fauna: Hueque-Sauca (37.150 ha) y Tucurere (17.800 ha). Como caso de interés se incluye aquí la península de Paraguaná (2.530 km², Figura 1). En esta península predomina el relieve plano pero



K. González-O.

RÍOS COSTEROS E ICTIOFAUNAS

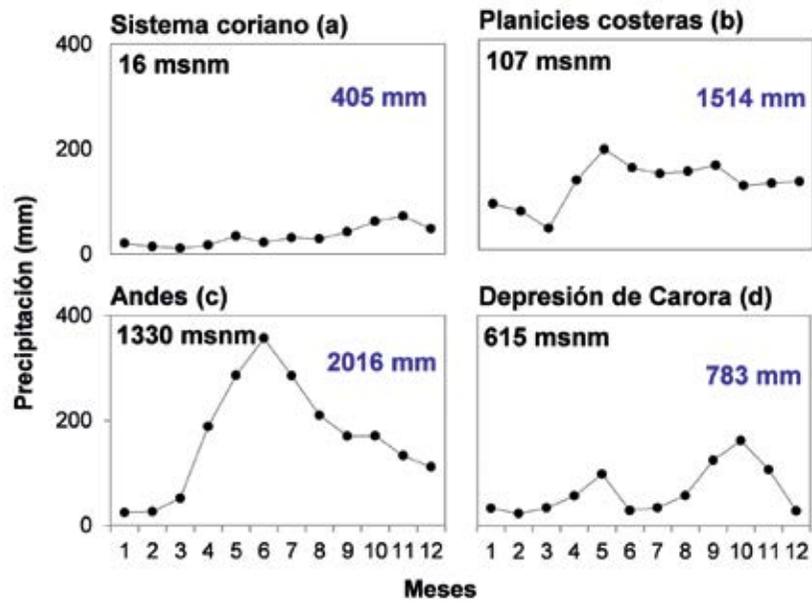


Figura. 2. Distribución de la precipitación en los ríos costeros (acorde con la Figura 1): (a) norte árido del Sistema Coriano cerca de la Ciudad de Coro; (b) planicies húmedas de la depresión del Yaracuy; (c) montañas de la Sierra de Portuguesa en Sanare y (d) el norte de la depresión de Carora en Quebrada Arriba (fuente: <http://www.inameh.gob.ve/>).

en su centro hay lomeríos bajos y destaca el Cerro Santa Ana (850 m s.n.m.), del cual se desprenden pocas quebradas (Cayude, Chirache, Guaranao, etc.), usualmente de carácter intermitente o eventual. El clima es semiárido, con promedios cerca de los 29 °C y hasta los 504 mm de precipitación anuales (Matteucci *et al.* 2001). Excepto en las partes elevadas del Monumento Natural Cerro Santa Ana (1.900 ha), la vegetación se manifiesta en espinares, cardonales y matorrales desérticos. Son muchos los pequeños embalses (Cayude) y lagunas que represan las quebradas intermitentes.

Ríos costeros en la Cordillera de la Costa

Entre las estribaciones orientales de la Sierra de Bobare, las occidentales de la Cordillera de la Costa y la Sierra de Aroa, se ubican las cuencas de Aroa (2463 km²), Yaracuy (2481 km²) y Urama (440 km²). Estas cuencas comparten una planicie fluvio-marina con muy baja pendiente, sujeta a inundaciones y donde las divisorias de aguas son sutiles (Figura 1). La cuenca del río Aroa está bordeada al norte por los ramales de la serranía de Bobare y al sur por la sierra de Aroa. La cuenca del río Yaracuy



K. González-O.



Figura. 3. Diferentes paisajes en la cuenca del río Tocuyo, la más extensa de los ríos costeros occidentales de Venezuela. a) Ríos torrentosos en montañas andinas; b) afluentes en la Sierra de Bobare; c) ojo de agua (manantial) en Guadalupe; d) cauces secos en Moroturo. El cauce del río Tocuyo en la cuenca baja cambia notablemente entre los períodos de (e) lluvia y (f) sequía. Fotos: D. Rodríguez Olarte.

RÍOS COSTEROS E ICTIOFAUNAS



K. González-O.

drena los flancos sur de la Sierra de Aroa y norte del Macizo de Nirgua, a este último se asocia completamente la cuenca del río Urama. Desde el río Urama hasta el Cabo Codera, en las estribaciones de la Cordillera de la Costa, existen otras pequeñas cuencas asociadas con la provincia. En estas cuencas predomina un clima macro-térmico estacional. Los promedios de precipitación son bajos cerca de la costa (800 mm/año), pero más elevados en las planicies y sectores de montaña (Figura 2). El período de lluvias se concentra entre julio y agosto y al final del año (Lentino y Bruni 1994). La vegetación es variada y corresponde principalmente a las zonas de vida de bosque seco en las planicies y de bosque húmedo en las montañas, donde existen selvas densas y nubladadas. En las planicies aluviales y piedemontes se identifican selvas veraneras y deciduas, en las cercanías al mar aun se detectan manchas de vege-

tación xerófila y pequeños sectores con manglares asociados a albuferas y áreas de anastomosis. Una matriz extensa agropecuaria se extiende por las planicies y piedemontes de todas las cuencas; además, en las desembocaduras y el litoral costero existe una intensa actividad turística, urbana e industrial. Los embalses son comunes en las cuencas de Yaracuy (Cumaripa, Durute) y Urama (Canoabo), mientras que la extracción de agua de los ríos es común. Entre las áreas protegidas se cuentan los parques nacionales Yurubí (23.670 ha) en la Sierra de Aroa y Morrocoy (32.090 ha) en la costa, así como el monumento natural Cerro María Lionza (11.712 ha) en el Macizo de Nirgua.

Aguas

Los ríos costeros en el occidente de Venezuela usualmente arrastran pocos sedimentos y presentan aguas cristalinas

Tabla 1. Principales variables de las aguas durante el período de sequía en sectores de piedemonte en cauces principales y tributarios de las cuencas costeras en el occidente de Venezuela. Temperatura (Temp.), conductividad (Cond.), sólidos disueltos totales (STD). Los valores son mínimos y máximos.

Cuencas	Temp. (°C)	pH	Cond. (µS/cm)	STD (mg/l)
Sistema Coriano				
Mitare	26-30	7,6-7,9	350	10,5-18,1
Coro	24-25	7,2-7,8	240-470	12,6-30,2
Ricoa	22-27	7,3-8,0	310-550	7,4-59,2
Hueque	22-30	6,7-8,1	260-790	6,2-274,0
Tucurere	23-27	7,5-7,7	320-450	10,0-15,5
Andes				
Tocuyo	21-30	5,7-7-9	50-740	1,4-208,8
Cordillera de la Costa				
Aroa	24-31	6,3-7,9	200-550	4,8-102,0
Yaracuy	24-30	6,8-7,8	140-620	1,8-133,2
Urama	26-28	7,3-7,8	270-420	7,5-32,9

durante el período de sequía, salvo aquellos drenajes intermitentes y/o sujetos a la intervención humana -la mayoría- donde se evidencia la acumulación de sedimentos en las aguas y la disminución de la transparencia. De manera general, se detecta un gradiente en las características fisicoquímicas de las aguas, donde los valores de sólidos disueltos, la conductividad, los aniones y los cationes tienden a incrementarse a medida que disminuye la altura (Tabla 1), lo que es magnificado en situaciones de intervención humana. En el río Tocuyo el pH tiene pocas variaciones a lo largo del cauce principal, salvo un incremento entre los 1200 y 1400 m s.n.m. (Rodríguez-Olarte *et al.* 2007) sin embargo, algunos afluentes en la cuenca alta (p. e. Quebrada del Vino, río Los Quediches), tienen valores de pH relativamente ácidos. Los afluentes en las áreas protegidas presentan aguas con menor cantidad de sólidos disueltos y menor conductividad, lo cual puede ser una respuesta a la protección de los ríos proporcionada por los bosques ribereños y la muy poca intervención de los cauces (Rodríguez-Olarte *et al.* 2006a), pero más allá de las áreas protegidas las aguas reciben variados efluentes y residuos de la actividad humana, siendo un caso preocupante las aguas de los ríos Yaracuy y Tocuyo, consideradas con contaminación importante en ciertos tramos.

Peces

En la región se reconocen 137 especies de peces que se agrupan en 14 órdenes y 48 familias (Anexo 1), donde destacan 79 especies asociadas con las aguas dulces y entre estas 16 especies que también habitan estuarios y desembocaduras. Del resto, 58 especies son marinas y/o estuarinas. Al total deben agregarse por lo menos ocho especies introducidas. En la fauna autóctona de aguas dulces destaca la familia Characi-

dae con 23 especies (seis endémicas), algunas con distribución en casi todos los ríos y hábitats (p. e. *Astyanax fasciatus*, *Bryconamericus cismontanus*. Figura 4). Otros Characiformes comunes son *Steindachnerina argentea* (Curimatidae), *Parodon aponlinari* (Parodontidae) y *Characidium chupa* (Crenuchidae). Entre los Siluriformes, la familia Loricariidae son mayoría (12 sp.), con seis especies endémicas como *Ancistrus falconensis*, *Chaetostoma yurubiense* y *Farlowella martini* (Figura 5). Otros bagres destacan por su abundancia, como *Pimelodella odynea* y *Rhamdia quelen* (Heptapteridae), así como *Trichomycterus arleoi* (Trichomycteridae), este último endémico. El resto de las familias, excepto Poeciliidae, tienen pocas especies, como Cichlidae (*Andinoacara pulcher* y *Crenicichla gayi*) o Gobiidae (*Awaous banana* y *Sicydium plumi*).

Al norte del río Tocuyo la riqueza disminuye perceptiblemente y sólo una especie endémica habita en los ríos que drenan la Sierra de San Luis (*Ancistrus falconensis*, Loricariidae). Ya en el río Mitare (Figura 1) se detectan especies propias de los drenajes a la cuenca del Lago de Maracaibo (p. e. *Creagrutus hildebrandi*). En la península de Paraguaná se han registrado las especies *Cyprinodon dearborni* (Cyprinodontidae), *Poecilia koperi*, *Poecilia reticulata* (Poeciliidae), *Rachovia hummelincki* (Rivulidae) y *Caquetaia kraussii* (Cichlidae). Entre los ríos Mitare y Ricoa se reconoce una diferenciación entre los dominios zoogeográficos del Caribe y Magdalena; ahí estos tienen muy baja similaridad estadística (Rodríguez-Olarte *et al.* 2009). Los peces de la provincia también tienen una baja similaridad con las ictiofaunas de las provincias adyacentes al este (p. e. ríos Tuy, Unare) y es mucho más baja respecto a las ictiofaunas del río Orinoco, donde se re-

RÍOS COSTEROS E ICTIOFAUNAS



K. González-O.

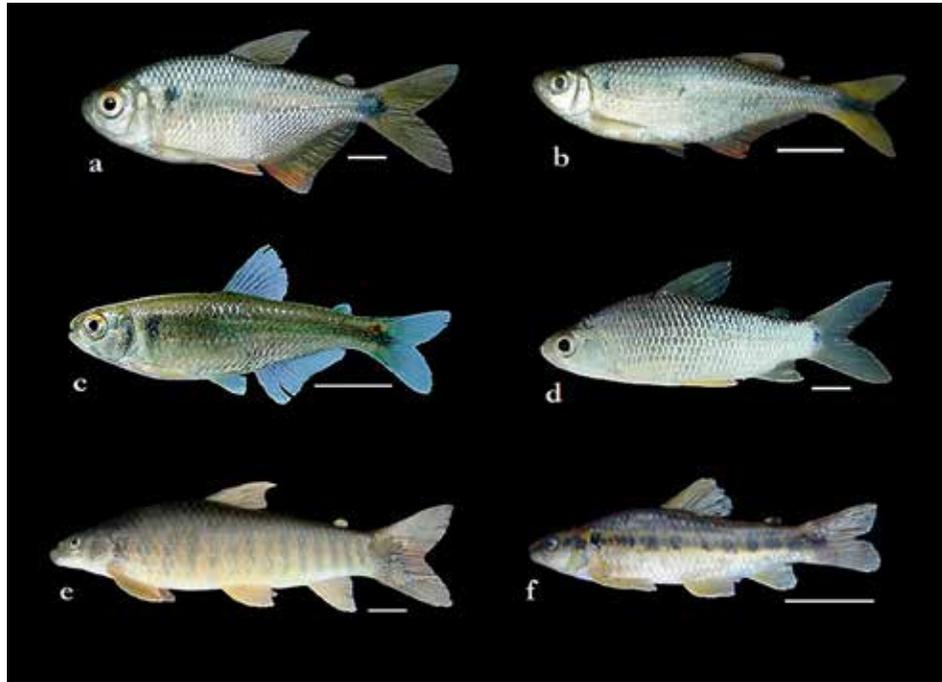


Figura 4. Los Characiformes son el principal grupo de peces de aguas dulces en los ríos costeros, como los Characidae (a) *Astyanax venezuelae*; (b) *Gephyrocharax venezuelae* y (c) *Bryconamericus cismontanus*. Otros Characiformes son (d) *Steindachnerina argentea* (Curimatidae); (e) *Parodon apolinari* (Parodontidae) y (f) *Characidium chupa* (Crenuchidae). La escala (líneas blancas) equivale a 1 cm. Fotos: D. Rodríguez Olarte.

gistran un poco más de mil especies. De manera general, los ríos costeros tienen una menor riqueza de especies de peces respecto a las cuencas internas (tributarios del Orinoco), y esto ha sido explicado por la menor complejidad de los hábitats en ríos costeros y la historia climática asociada (Rodríguez-Olarte *et al.* 2011a).

Considerando el conjunto de especies de peces dulceacuícolas y marinas, la mayor riqueza de especies se ubica en las desembocaduras, pero es en la zona de transición entre los piedemontes con las planicies

(400-600 m s.n.m.) donde se registra el mayor número de especies de aguas dulces. Por encima de los 2.000 m s.n.m. en el río Tocuyo habitan bagres *Trichomycterus*, usualmente con abundancia baja. Varias especies se distribuyen a lo largo de todos los ríos, en diferentes altitudes y además tienen una abundancia elevada (*Astyanax fasciatus*, *Bryconamericus cismontanus*, *Hemibrycon jabonero*, *Lebiasina erythrinoides*), pero otras son restringidas a cuencas (p. e. *Ancistrus falconensis*, *Bryconamericus charalae*), unidades fisiográficas (p. e. *Creagrutus melasma* en las montañas) o

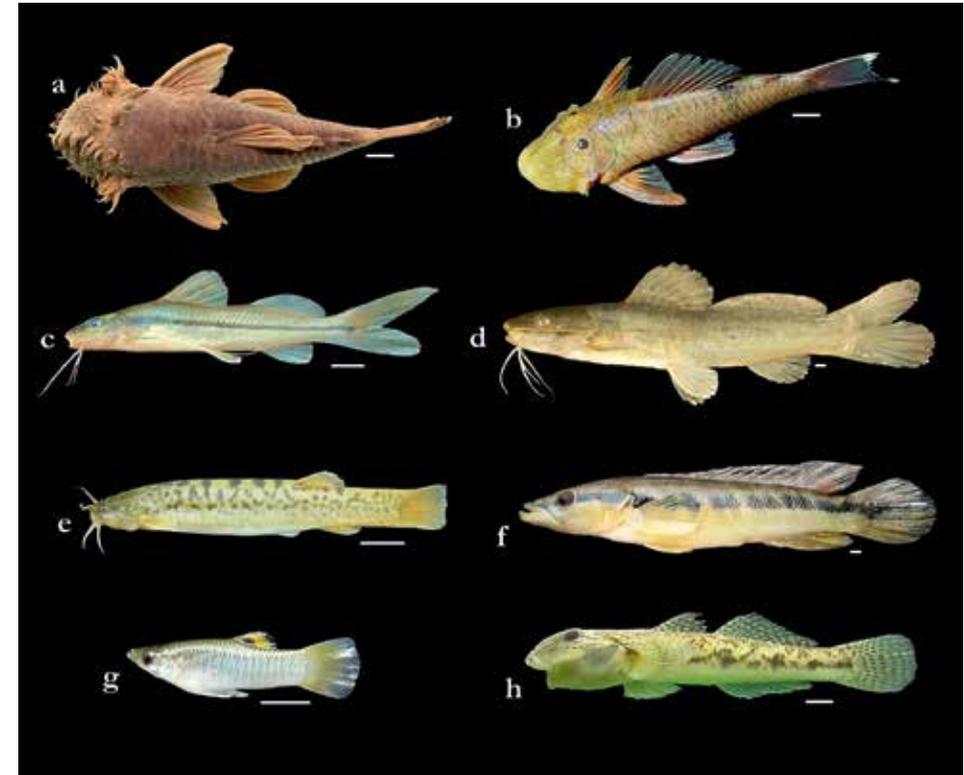


Figura 5. Los bagres de la familia Loricariidae representan el segundo grupo de peces de aguas dulces en la región; aquí las especies endémicas (a) *Ancistrus falconensis* y (b) *Chaetostoma yurubiense*. Entre los bagres destacan por su abundancia los Heptapteridae (c) *Pimelodella odynea* y (d) *Rhamdia quelen*, así como el tricomicterido endémico (e) *Trichomycterus arleoi*. Otros peces comunes son (f) *Crenicichla geayi* (Cichlidae) y (g) *Poecilia caucana* (Poeciliidae). El anfidromo (h) *Awaous banana* (Gobiidae) remonta los ríos por grandes distancias. La escala (líneas blancas) equivale a 1 cm. Fotos: D. C. Taphorn (a), D. Rodríguez Olarte (b - h).

hábitats discontinuos, como el pez anual *Austrofundulus lehoignei*, que habita en charcas temporales de las planicies. Los peces locales no muestran ritmos migratorios pero se registran especies anfidromas (*Awaous banana* y *Sicydium plumieri*, Gobiidae) y catádomas (*Agonostomus montico-*

la, Mugilidae) con ciclos de vida asociados con las aguas dulces y los estuarios o desembocaduras. Pocas especies de aguas dulces habitan en las desembocaduras, al contrario, las especies estuarinas y marinas son comunes en las mismas, como en los ríos Aroa y Tocuyo, donde se han registra-

RÍOS COSTEROS E ICTIOFAUNAS

do cerca de 60 especies (Rodríguez-Olarte *et al.* 2006a, 2007). Se considera que el número de estas especies debe ser mayor.

Especies introducidas

Por lo menos ocho especies introducidas han proliferado en la región (Rodríguez-Olarte *et al.* 2006b, 2007. Anexo 1). En la cuenca del río Tocuyo las truchas (*Oncorhynchus mykiss*, Salmonidae) habitan los arroyos de alta montaña en el parque nacional Dinira, mientras que en el tramo medio del río Tocuyo, incluyendo los embalses Dos Cerritos y Atarigua, son comunes las cachamas (*Colossoma macropomum*, Characidae), los bagres *Pimelodus blochii* (Pimelodidae) y las tilapias (*Oreochromis niloticus*); estas últimas se han registrado en muchos tributarios, estanques y lagunas particulares de toda la región. En las áreas bajas de las cuencas Aroa, Yaracuy y Urama también han sido introducidas varias de estas especies y se suma el bocachico (*Prochilodus mariae*, Prochilodontidae), ahora habitual en las planicies (Rodríguez-Olarte *et al.* 2005). Especies de grandes bagres (*Pseudoplatystoma*, Pimelodidae) del Orinoco son capturados eventualmente en algunos embalses (Dos Cerritos, El Isiro). Los pavones (*Cichla orinocensis*, Cichlidae) y las tilapias habitan en muchas lagunas y embalses de la región. Los pavones tienen interés en la pesca deportiva y eventualmente son comercializados por pescadores locales. De igual manera, a la par de la introducción de especies con interés en la pesca comercial y deportiva, también han sido introducidas muchas otras especies (usualmente Characidae y Cichlidae) como forraje para las especies depredadoras, pero se desconoce el estado de esas poblaciones. El impacto de las especies introducidas sobre las comunidades de peces locales y los hábitats aún no ha sido evaluado.

Uso de las especies

Los peces de aguas dulces regionales tienen un interés restringido a la pesca de subsistencia. Algunas especies pueden sobrepasar eventualmente los 40 cm o llegar cerca del kilogramo de peso (*Hoplias*, *Rhamdia*, *Hypostomus*, *Crenicichla*). Se identifican varias especies estrictamente dulcea-cuícolas que son aprovechadas (Anexo 1), destacando las guabinas (*Hoplias malabaricus*), bagres (*Rhamdia quelen*, *Pimelodella odynea*), corronchos (*Ancistrus* spp, *Chaetostoma* spp, *Hypostomus* spp), San Pedros (*Caquetaia kraussii*) y sardinas (*Astyanax* spp), entre otros. Las guabinas demuestran mayor interés por su consumo y se comercializan en algunos sectores de la cuenca media del río Tocuyo. Por lo general, las capturas se efectúan mediante cor-del y anzuelo, así como con redes variadas (chinchorros, atarrayas) y arpón. Todas las especies introducidas son de interés en la pesca de subsistencia y deportiva; algunas son eventualmente comercializadas (*Cichla orinocensis*). Así, en las aguas dulces se detectan más de 30 especies que son aprovechadas (Anexo 1).

En las desembocaduras el aprovechamiento de las especies de peces es mucho mayor (47 sp.), además, la mayoría de estas especies participan en la dieta habitual de los habitantes de las riberas (Anexo 1). En las desembocaduras hay una comercialización permanente de las especies estuarinas y marinas con mayor demanda, como los róbalos (*Centropomus* spp), y también son de interés los sábalos (*Megalops atlanticus*) y bagres (*Sciades herzbergii*, *Bagre marinus*), por ejemplo. En las desembocaduras abundan las especies de pequeño porte o juveniles con interés en la pesca de subsistencia y eventualmente con interés comercial.

Situación de los ríos y sus peces

De las especies de peces de aguas dulces incluidas en alguna categoría de amenaza para Venezuela más del 90% se encuentran en las cuencas costeras que drenan al mar Caribe (Lasso 2008, Rodríguez y Rojas-Suárez 2008), y de estas un poco más del 20% habitan la provincia. Entre las especies en riesgo destacan *Austrofundulus lehoignei* (Rivulidae) en Peligro Crítico y *Batrochoglanis mathisoni* (Pseudopimelodidae) En Peligro; mientras *Bryconamericus charalae* y *Creagrutus lepidus* (Characidae) (Anexo 1). Actualmente, se estima que *B. mathisoni* podría ser incluida como Vulnerable, debido a nuevos reportes que indican una distribución más amplia, así como mayores abundancias. Considerando el avance de la frontera agropecuaria regional y la ausencia de programas de manejo adecuado de los recursos hidrobiológicos, se entiende que las causas que originaron la situación de riesgo para esas especies no han cesado, sugiriendo un mal pronóstico en el futuro cercano.

Cerca del 20% de la superficie de la provincia se incluye en un tipo de área protegida (parque nacional, monumento natural, reserva de fauna, etc. Figura 1). La pertinencia de estas áreas para la protección de la ictiofauna es cuestionable, pues en su mayoría se ubican en tierras elevadas, donde la riqueza de especies es muy baja, y/o son de pequeño tamaño (Rodríguez-Olarte *et al.* 2011b). No obstante, se entiende que la ictiofauna endémica en parques de montaña se encuentra en resguardo y que existe un efecto beneficioso de las áreas protegidas sobre la integridad de los ríos y sus peces, aun cuando el mismo sea restringido espacialmente (Rodríguez-Olarte *et al.* 2006a). Algunos tributarios y/o tramos de los ríos han sido propuestos como áreas de protección (refugio, reserva o santuario,

por ejemplo), más aún, se ha planteado extender algunas de las áreas protegidas regionales para cubrir secciones de tributarios y así incrementar la efectividad para la conservación de la ictiofauna.

El río Yaracuy es el más afectado por la intervención humana, pues recibe directamente grandes volúmenes de efluentes y residuos urbanos, agrícolas e industriales. Este río tiene una pérdida generalizada de sus atributos físicos y biológicos. Con esta condición le sigue el río Tocuyo, que recoge en su curso los vertidos de varios centros poblados de importancia. Varios tributarios y cauces principales han sido seccionados o cortados por la construcción de represas, lo que ha impedido el ciclo natural de cambios en las aguas y en los niveles de inundación, aspectos que son determinantes en la presencia y distribución de muchas especies de peces. Igualmente, otros más han sido canalizados. La deforestación en la provincia es generalizada y se expresa claramente por la pérdida de bosques ribereños, lo cual explica la sedimentación de cauces principales y tributarios, algunos de ellos ahora con corrientes eventuales (Rodríguez-Olarte *et al.* 2011b).

Además de esta acumulación de impactos sobre los ecosistemas acuáticos, se prevé un incremento en la demanda del agua para el consumo humano y los sistemas agropecuarios, así como la expansión de la frontera agrícola en una región donde predomina el clima semiárido. Esto se suma a los escenarios del cambio climático para noroccidente de Venezuela (Ovalles *et al.* 2008), que indican una menor precipitación y mayores temperaturas, y expone pronósticos muy negativos para la conservación de los recursos hidrobiológicos regionales. Ante estas previsiones se necesitan estrategias para el manejo adecuado



K. González-O.

RÍOS COSTEROS E ICTIOFAUNAS



K. González-O.

de las cuencas hidrográficas y sus biotas, específicamente es necesario evaluar el estado de los ecosistemas fluviales considerando una línea base general y comparable espacial y temporalmente. Tal estado de conservación debería estar asociado con índices y clasificaciones adecuadas y repetibles. Igual debe ser aplicado con las aguas y las biotas. De igual manera, es necesario revisar la pertinencia de las áreas protegidas para la conservación de los ríos y las ictiofaunas, así como la ordenación territorial de las cuencas hidrográficas.

Bibliografía

- Alvarado, H. 2010. Caracterización estructural y florística de un bosque ribereño de la cuenca del río Tocuyo (Tocuyo Occidental), estado Lara, Venezuela. *Ernstia* 20 (1): 1-20.
- Cartaya, S. y W. Méndez. 2005. Modelo geomorfológico de un estuario tropical caribeño: desembocadura del río Hueque, costa oriental del estado Falcón, Venezuela. *Investigación y Postgrado* 20 (1): 143-174.
- Lasso, C. A. 2008. Peces. Pp. 220-263. En: Rodríguez, J. P. y F. Rojas Suárez (Eds.). Libro Rojo de la Fauna Venezolana. Tercera Edición. Provita y Shell de Venezuela, S. A., Caracas, Venezuela.
- Lasso, C. A., D. Lew, D. Taphorn, C. DoNascimento, O. M. Lasso-Alcalá, F. Provenzano y A. Machado-Allison. 2004. Biodiversidad ictiológica continental de Venezuela. Parte I: lista de especies y distribución por cuencas. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales* 159-160: 105-195.
- Lentino, M. y A. R. Bruni. 1994. Humedales costeros de Venezuela: situación ambiental. Sociedad conservacionista Audubon de Venezuela. Caracas. 188 pp.
- Matteucci, S., A. Colma y L. Pla. 2001. Falcón y sus recursos naturales. Base electrónica de información biofísica. Programa de Investigación para el Desarrollo Regional. CONICIT y Decanato de Extensión y Producción UNEFM. Coro, Venezuela.
- Ovalles, F. A., A. Cortéz, M. F. Rodríguez, J. C. Rey y E. Cabrera-Bisbal. 2008. Variación geográfica en el impacto del cambio climático en el sector agrícola en Venezuela. *Agronomía Tropical* 58: 37-40.
- Rodríguez, J. P. y F. Rojas-Suárez. 2008. Libro Rojo de la Fauna Venezolana. Tercera Edición. Provita y Shell Venezuela, S. A., Caracas, Venezuela. 332 pp.
- Rodríguez-Olarte, D., A. Amaro y J. L. Coronel. 2005. Introducción del coporo *Prochilodus mariae* Eigenmann 1922 (Pisces: Prochilodontidae) en el río Aroa, cuenca del Caribe, Venezuela. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales* 163: 133-137.
- Rodríguez-Olarte, D., A. Amaro, J. L. Coronel y D. C. Taphorn. 2006a. Integrity of fluvial fish communities is subject to environmental gradients in mountain streams, Sierra de Aroa, north Caribbean coast, Venezuela. *Neotropical Ichthyology* 4 (3): 319-328.
- Rodríguez-Olarte, D., A. Amaro, J. L. Coronel y D. C. Taphorn. 2006b. Los peces del río Aroa, cuenca del Caribe de Venezuela. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales* 164: 125-152.
- Rodríguez-Olarte, D., D. C. Taphorn y J. Lobón-Cerviá. 2009. Patterns of freshwater fishes of the Caribbean versant of Venezuela. *International Review of Hydrobiology* 94 (1): 67-90.
- Rodríguez-Olarte, D., J. L. Coronel, D. C. Taphorn y A. Amaro. 2007. Los peces del río Tocuyo, Vertiente del Caribe, Venezuela: un análisis preliminar para su conservación. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales* 165: 45-72.
- Rodríguez-Olarte, D., J. I. Mojica, D. C. Taphorn. 2011a. Chapter Fifteen. Northern South America: Magdalena and Maracaibo Basins. Pp. 243-257. En: Albert, J. S. y R. Reis (Eds.) Historical Biogeography of Neotropical Freshwater Fishes. University of California Press: Berkeley, CA, USA.
- Rodríguez-Olarte, D., D. C. Taphorn y J. Lobón-Cerviá. 2011b. Do protected areas conserve Neotropical freshwater fishes? A case study of a biogeographic province in Venezuela. *Animal Biodiversity and Conservation* 34.2: 273-285.

Anexo 1. Peces de los ríos costeros del occidente de Venezuela. La distribución general (DG) indica la condición endémica (E) y aquellas vertientes o cuencas en donde habita la especie: Maracaibo (M), Caribe (C) y Orinoco (O). En la distribución local (DL) se indican los sistemas orográficos donde habitan las especies: Andes (A), Sistema Coriano (Cr) y Cordillera de la Costa (C). El hábitat (H) indica: aguas dulces (d), marino (m), desembocaduras, estuarinos y caños de marea (e). Los usos (U) son pesca de subsistencia (S), comercial (C), deportiva (D) y potencialidad para el ornato (O). La nomenclatura es actualizada según <http://research.calacademy.org>. * Especie introducida.

Orden / Familia	Especie	DG	DL	H	U
Elopiformes					
Elopidae	<i>Elops smithi</i> McBride, Rocha, Ruiz-Carus y Bowen 2010			me	SCD
Megalopidae	<i>Megalops atlanticus</i> Valenciennes 1847			me	SCD
Clupeiformes					
Clupeidae	<i>Harengula jaguana</i> Poey 1865			me	SC
Engraulidae	<i>Anchoa parva</i> (Meek y Hildebrand 1923)			me	SC
	<i>Anchovia clupeioides</i> (Swainson 1839)			me	SC
	<i>Cetengraulis edentulus</i> (Cuvier 1829)			me	SC
Pristigasteridae	<i>Odontognathus compressus</i> Meek y Hildebrand 1923			me	SC
Characiformes					
Characidae	<i>Astyanax fasciatus</i> (Cuvier 1819)	CM		de	S
	<i>Astyanax magdalenae</i> Eigenmann y Henn 1916	CM		d	S
	<i>Astyanax metae</i> Eigenmann 1914	CO		d	S
	<i>Astyanax venezuelae</i> Schultz 1944	CO		d	S
	<i>Bryconamericus alpha</i> Eigenmann 1914	CO		d	
	<i>Bryconamericus charalae</i> Román-Valencia 2005	E	C	d	
	<i>Bryconamericus cismontanus</i> Eigenmann 1914	CO		d	
	<i>Bryconamericus loisae</i> Géry 1964	CO		d	
	<i>Colossoma macropomum</i> (Cuvier 1816)*	O		d	SC
	<i>Creagrutus crenatus</i> Vari y Harold 2001	E	A	d	
	<i>Creagrutus hildebrandi</i> Schultz 1944	MC		d	
	<i>Creagrutus lassoi</i> Vari y Harold 2001	E	AC	d	
	<i>Creagrutus lepidus</i> Vari, Harold, Lasso y Machado-Allison 1993	E	C	d	O
	<i>Creagrutus melasma</i> Vari, Harold y Taphorn 1994	CO		d	
	<i>Gephyrocharax melanocheir</i> Eigenmann 1912	MCO		d	
<i>Gephyrocharax valencia</i> Eigenmann 1920	O		d		

RÍOS COSTEROS E ICTIOFAUNAS



K. González-O.

Anexo 1. Continuación.

Orden / Familia	Especie	DG	DL	H	U
Characidae	<i>Gephyrocharax venezuelae</i> Schultz 1944	C		d	
	<i>Hemibrycon jabonero</i> Schultz 1944	MC		d	
	<i>Hyphessobrycon fernandesi</i> Fernández-Yépez 1972	E	AC	d	O
	<i>Hyphessobrycon paucilepis</i> García-Alzate, Román-Valencia y Taphorn 2008	E	A	d	O
	<i>Hyphessobrycon sovichthys</i> Schultz 1944	MC		d	O
	<i>Nanocheiroduon insignis</i> (Steindachner 1880)	MC		d	O
	<i>Roeboides dientonito</i> Schultz 1944	MCO		de	
Crenuchidae	<i>Characidium chupa</i> Schultz 1944	CO		d	O
Curimatidae	<i>Steindachnerina argentea</i> (Gill 1858)	CO		d	O
Prochilodontidae	<i>Prochilodus mariae</i> Eigenmann 1922*	O		d	SC
Erythrinidae	<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch 1794)	CO		d	SC
Lebiasinidae	<i>Lebiasina erythrinoides</i> (Valenciennes 1850)	CO		d	S
Parodontidae	<i>Parodon apolinari</i> Myers 1930	CO		d	
Siluriformes					
Ariidae	<i>Amphiarus rugispinis</i> (Valenciennes 1840)			me	SC
	<i>Bagre marinus</i> (Mitchill 1815)			me	SC
	<i>Cathorops spixii</i> (Agassiz 1829)			me	SC
	<i>Sciades proops</i> (Valenciennes 1840)			me	SC
Pimelodidae	<i>Pimelodus blochii</i> Valenciennes 1840*	O		d	S
	<i>Pseudoplatystoma</i> sp. *	O		d	SCD
Pseudopimelodidae	<i>Batrochoglanis mathisoni</i> (Fernández-Yépez 1972)	E	AC	d	S
Heptapteridae	<i>Cetopsorhamdia</i> sp. Aroa	E	C	d	
	<i>Cetopsorhamdia</i> sp. Tocuyo	E	A	d	
	<i>Pimelodella odynea</i> Schultz 1944	MC		d	S
	<i>Rhamdia quelen</i> (Quoy y Gaimard 1824)	MCO		d	S
Cetopsidae	<i>Cetopsis orinoco</i> (Schultz 1944)	CO		d	
Trichomycteridae	<i>Trichomycterus arleoi</i> (Fernández-Yépez 1972)	E	C	d	
	<i>Trichomycterus rivulatus</i> Valenciennes 1846	CM		d	S
	<i>Trichomycterus</i> sp. Tocuyo	E	A	d	
Callichthyidae	<i>Corydoras aeneus</i> (Gill 1858)	CO		d	O
	<i>Hoplosternum littorale</i> (Hancock 1828)	CO		d	S
Loricariidae	<i>Ancistrus falconensis</i> Taphorn, Armbruster y Rodríguez-Olarte 2010	E	Cr	d	S

Anexo 1. Continuación.

Orden / Familia	Especie	DG	DL	H	U
Loricariidae	<i>Ancistrus gymnorhynchus</i> Kner 1854	C		d	S
	<i>Ancistrus triradiatus</i> Eigenmann 1918	MCO		d	S
	<i>Chaetostoma milesi</i> Fowler 1941	MCO		d	S
	<i>Chaetostoma</i> sp. Alto Tocuyo	E	A	d	S
	<i>Chaetostoma stannii</i> Lütken 1874	E	AC	d	S
	<i>Chaetostoma yurubiense</i> Ceas y Page 1996	E	C	d	S
	<i>Farlowella mariaelena</i> Martín Salazar 1964	CO		d	O
	<i>Farlowella martini</i> Fernández-Yépez 1972	E	C	d	O
	<i>Farlowella vittata</i> Myers 1942	CO		d	O
	<i>Fonchiiichthys rupestris</i> (Schultz 1944)	MC		d	
<i>Hypostomus pagei</i> Armbruster 2003	E	AC	de	S	
Gymnotiformes					
Apteronotidae	<i>Apteronotus ferrarisi</i> de Santana y Vari 2013	E	C	d	O
Gymnotidae	<i>Gymnotus carapo</i> Linnaeus 1758	CO		d	O
Hypopomidae	<i>Brachyhypopomus diazi</i> (Fernández-Yépez 1972)	CO		d	O
Salmoniformes					
Salmonidae	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Walbaum 1792)*			d	SCD
Gobiesociformes					
Gobiesocidae	<i>Gobiesox barbatulus</i> Starks 1913			me	
Atheriniformes					
Atherinidae	<i>Atherinella brasiliensis</i> (Quoy y Gaimard 1825)			me	S
Cyprinodontiformes					
Poeciliidae	<i>Limia heterandria</i> Regan 1913	C		de	
	<i>Poecilia caucana</i> (Steindachner 1880)	MCO		de	O
	<i>Poecilia dauli</i> Meyer y Radda 2000	MC		d	
	<i>Poecilia koperi</i> Poeser 2003	MC		d	O
	<i>Poecilia reticulata</i> Peters 1859	CO		d	O
	<i>Poecilia sphenops</i> Valenciennes 1846	C		de	
Rivulidae	<i>Austrofundulus lehoignei</i> Hrbek, Taphorn y Thomerson 2005	E	C	d	O
	<i>Anablepsoides hartii</i> (Boulenger 1890)	C		de	O
Cyprinodontidae	<i>Cyprinodon dearborni</i> Meek 1909	MCO		de	
Syngnathiformes					
Syngnathidae	<i>Microphis lineatus brachyurus</i> (Bleeker 1854)			de	

RÍOS COSTEROS E ICTIOFAUNAS



K. González-O.

Anexo 1. Continuación.

Orden / Familia	Especie	DG	DL	H	U
Synbranchiformes					
Synbranchidae	<i>Synbranchus marmoratus</i> Bloch 1795	CO		d	
Perciformes					
Centropomidae	<i>Centropomus ensiferus</i> Poey 1860			me	SC
	<i>Centropomus parallelus</i> Poey 1860			me	SC
	<i>Centropomus undecimalis</i> (Bloch 1792)			me	SC
Carangidae	<i>Caranx hippos</i> (Linnaeus 1766)			me	S
	<i>Caranx latus</i> Agassiz 1831			me	S
	<i>Chloroscombrus chrysurus</i> (Linnaeus 1766)			me	S
	<i>Selene vomer</i> (Linnaeus 1758)			me	S
Lutjanidae	<i>Trachinotus falcatus</i> (Linnaeus 1758)			me	S
	<i>Lutjanus griseus</i> (Linnaeus 1758)			me	S
Gerreidae	<i>Diapterus rhombeus</i> (Cuvier 1829)			me	S
	<i>Eucinostomus argenteus</i> Baird y Girard 1855			me	S
	<i>Eucinostomus gula</i> (Quoy y Gaimard 1824)			me	S
	<i>Eugerres plumieri</i> (Cuvier 1830)			me	S
	<i>Gerres cinereus</i> (Walbaum 1792)			me	S
Haemulidae	<i>Anisotremus virginicus</i> (Linnaeus 1758)			me	S
	<i>Conodon nobilis</i> (Linnaeus 1758)			me	S
	<i>Genyatremus luteus</i> (Bloch 1790)			me	S
	<i>Orthopristis ruber</i> (Cuvier 1830)			me	S
	<i>Pomadasys crocro</i> (Cuvier 1830)			de	S
Sparidae	<i>Archosargus rhomboidalis</i> (Linnaeus 1758)			me	S
Sciaenidae	<i>Cynoscion acoupa</i> (Lacepède 1801)			me	S
	<i>Cynoscion leiarchus</i> (Cuvier 1830)			me	S
	<i>Larimus breviceps</i> Cuvier 1830.			me	S
	<i>Micropogonias furnieri</i> (Desmarest 1823)			me	S
	<i>Odontoscion dentex</i> (Cuvier 1830)			me	S
	<i>Ophioscion punctatissimus</i> Meek y Hildebrand 1925			me	S
	<i>Paralonchurus brasiliensis</i> (Steindachner 1875)			me	S
	<i>Stellifer microps</i> (Steindachner 1864)			me	S
	<i>Stellifer rastrifer</i> (Jordan 1889)			me	S
	<i>Stellifer venezuelae</i> (Schultz 1945)			me	S

Anexo 1. Continuación.

Orden / Familia	Especie	DG	DL	H	U
Sciaenidae	<i>Umbrina coroides</i> Cuvier 1830			me	S
Polynemidae	<i>Polydactylus virginicus</i> (Linnaeus 1758)			me	S
Mugilidae	<i>Agonostomus monticola</i> (Bancroft 1834)			de	S
	<i>Mugil curema</i> Valenciennes 1836			me	SC
	<i>Mugil incilis</i> Hancock 1830			me	SC
	<i>Mugil liza</i> Valenciennes 1836			me	SC
	<i>Mugil trichodon</i> Poey 1875			me	SC
Cichlidae	<i>Andinoacara pulcher</i> (Gill 1858)	C		de	S
	<i>Caquetaia kraussii</i> (Steindachner 1878)	MC		de	SC
	<i>Cichla orinocensis</i> Humboldt 1821 [Introducido]	O		d	SCD
	<i>Crenicichla geayi</i> Pellegrin 1903	CO		d	S
	<i>Geophagus</i> sp. *	O		d	SCD
	<i>Oreochromis</i> sp. *			de	SCD
Eleotridae	<i>Eleotris pisonis</i> (Gmelin 1789)	C		de	
Gobiidae	<i>Awaous banana</i> (Valenciennes 1837)	C		de	S
	<i>Evorthodus lyricus</i> (Girard 1858)			me	
	<i>Gobionellus oceanicus</i> (Pallas 1770)			me	
	<i>Sicydium plumieri</i> (Bloch 1786)			me	
Ephippidae	<i>Chaetodipterus faber</i> (Broussonet 1782)			me	
Pleuronectiformes					
Achiridae	<i>Achirus lineatus</i> (Linnaeus 1758)			me	
Soleidae	<i>Trinectes maculatus</i> (Bloch y Schneider 1801)			me	
	<i>Trinectes paulistanus</i> (Miranda Ribeiro 1915)			me	
Paralichthyidae	<i>Citharichthys spilopterus</i> Günther 1862			me	
	<i>Syacium gunteri</i> Ginsburg 1933			me	
Tetraodontiformes					
Tetraodontidae	<i>Spherooides testudineus</i> (Linnaeus 1758)			me	



Gobiesox cephalus, vista ventral. Foto: A. Cabrera

O. Lasso-A.



8.13 BIODIVERSIDAD ACUÁTICA (PECES, CRUSTÁCEOS Y MOLUSCOS), DE LOS RÍOS COSTEROS DEL LITORAL CENTRAL, VERTIENTE CARIBE, VENEZUELA: composición, uso y conservación.

Carlos A. Lasso, Evelin Lira, Oscar M. Lasso-Alcalá y Amyra Cabrera

Resumen

Se estudió la riqueza, distribución, algunos aspectos ecológicos y amenazas a las comunidades de peces, crustáceos y moluscos de los ríos costeros del Litoral Central de Venezuela (Estado Vargas, sector oriental y occidental). Se presenta un listado de las especies registradas y los resultados de la aplicación de un índice de intervención antrópica en los ríos muestreados. Se identificaron 45 especies de peces agrupadas en diez órdenes, 21 familias y 35 géneros. Los dos órdenes con mayor número de especies y presencia en cada una de los ríos muestreados fueron los Perciformes (29 especies) y Pleuronectiformes (4 especies). Las especies de peces más representativas de acuerdo a su abundancia y frecuencia de aparición fueron: *Mugil curema*, *Mugil* sp., *Agonostomus monticola*, *Awaous banana*, *Sicydium plumieri*, *Eleotris perniger*, *Eleotris amblyopsis*, *Achirus lineatus*, *Achirus achirus* y *Trinectes paulistanus*. Desde el punto de vista biogeográfico, la ictiofauna de los ríos del Litoral Central es bastante uniforme, presentando mayor riqueza en la desembocadura de los ríos, donde domi-

naron las tallas pequeñas (> 12 cm). La riqueza íctica de los ríos del estado Vargas es relativamente baja al compararla con las cuencas vecinas (Tuy, Unare, Manzanares y El Guapo). De los crustáceos se identificaron diez especies de cinco familias: cangrejos (4 especies, 3 especies en el estuario o desembocadura de los ríos y una exclusiva de agua dulce); camarones 6 especies (donde destaca el género *Macrobrachium* con 5 especies). Finalmente, entre los moluscos se reconocieron cuatro especies de cuatro familias, incluyendo una especie introducida.

Introducción

El estado Vargas, región donde discurren los ríos costeros del Litoral Central, es un importante centro de asentamientos humanos, desarrollo turístico y portuario, donde el uso racional y sostenible de sus recursos acuáticos así como la conservación, tropieza constantemente con la ausencia de información básica sobre los organismos que habitan estos sistemas.

Entre los estudios relativos a la ictiofauna de los ríos del Litoral Central y áreas adya-



L. García-M.

centes, destacan los de Mago (1968) sobre los peces del río Guaire; Fernández-Yépez (1972) sobre el río Yaracuy y ríos del Litoral Central (Maya, Mamo, Osorio, Los Caracas y Chuspa); Marrero y Machado-Allison (1990) que estudiaron también algunos aspectos ecológicos de los peces de los ríos Panaquiare, Urba y Yaguapa (cuenca del Tuy); Penzcak y Lasso (1992) que realizaron un estudio sobre ecología poblacional en el río Todasana (Litoral Central); Campos y Suárez (1996), que compilaron información biológica e ictiológica de la cuenca del río Tuy. Por último, González-Oropeza *et al.* (2015, este volumen) que estudiaron en detalle la ictiofauna de esta última cuenca. Respecto a los crustáceos y moluscos, el desconocimiento es prácticamente total, y no hay publicaciones al respecto -salvo algunas referencias muy puntuales en revisiones taxonómicas-, provenientes de las colecciones realizadas por el Museo de Historia Natural La Salle, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas y la Universidad Central de Venezuela.

Dada entonces la falta de información sobre la ictiofauna, carcinofauna y malacofauna de los ríos del Litoral Central, así como las amenazas al área cada vez más crecientes, se planteó como objetivo general de este trabajo, inventariar y conocer la distribución geográfica de las especies de peces crustáceos y moluscos en los diferentes ríos de este sistema, específicamente en los sectores oriental y occidental del estado Vargas; y evaluar al mismo tiempo el impacto antrópico en estos ríos costeros.

Material y métodos

Área de estudio

Venezuela cuenta con siete cuencas hidrográficas (Mago 1970): Orinoco, Maracaibo, Cuyuní, Golfo de Paria, Río Negro,

Lago de Valencia y Caribe. Dentro de esta última cuenca o vertiente, se encuentra los ríos del Litoral Central, objeto de este estudio.

Desde hace unos 80 millones de años comenzó a elevarse la serranía del litoral sobre una base de rocas antiguas del Paleozoico y Mesozoico, donde dominan granitos gnéisicos y esquistos. En la actualidad hay cumbres que sobrepasan los 2000 m de altitud y que constituyen el accidente geográfico más característico del área central del norte de Venezuela. Otro perfil tectónico, más reciente, determinó el surgimiento de la serranía del interior creando, unos 12 millones de años atrás, el perfil básico de esta zona. Estos procesos dieron lugar a depresiones de gran magnitud que, matizadas por el acarreo de materiales, definen la cuenca con sus numerosos ríos de diverso caudal (PDVSA 1993). La cuenca del Caribe llamada por algunos autores vertiente del Caribe, comprende numerosos ríos que considerados aisladamente formarían cuencas separadas, las cuales drenan en el mar Caribe desde La Guajira hasta la península de Paria. En general los ríos de estas cuencas son de corto recorrido y entre ellos se pueden mencionar a el Limón, Tocuyo, Aroa, Yaracuy, Guegue, Tuy, Unare, Neveri y Manzanares como los más importantes (Mago 1970), pero hay una serie de ríos más pequeños, arroyos o quebradas costeras que desembocan directamente en la costa, especialmente en la región central de Venezuela (estado Vargas), que no han sido prospectados y muestran una biota acuática de gran interés muy amenazada como se señaló anteriormente.

El estado Vargas presenta un paisaje geográfico constituido por una faja angosta de terrenos, cuya composición rocosa data

de los períodos pre-cretáceos, época en la que permanecieron hundidos bajo las aguas del Caribe por muchísimo tiempo, para emerger luego en el período Terciario, con una composición geológica de neises y rocas esquistosas y algunos estratos calcáreos (FUNDENA 2002). El estado cuenta con una superficie de unos 1497 km², y se sitúa en la región centro norte costera, extendiéndose desde el río Maya, donde colinda con el estado Aragua, hasta el río Chuspa donde limita con el estado Miranda. Por el sur comienza con el Peñón de Gabante, al oeste sigue la Fila Maestra de la cordillera de la Costa hasta el Alto de Irapa, para luego continuar en dirección norte por la fila hasta Cerro Negro. Desde este punto, en dirección al este, corta la quebrada de Tacagua y continúa por la Fila Maestra hasta el pico de Capaya, donde nace el río Chuspa (Figura 1) (Mendoza 2004).

Posee un sistema hidrográfico formado por ríos y quebradas que se originan en

las vertientes de la cordillera de la Costa (Mendoza op. cit.). Muchos de estos ríos se encuentran altamente contaminados desde hace al menos unos 20 años, en especial los de la zona central del litoral (Aristiguieta 1989). Existe una carencia marcada de sistemas de cloacas y la deforestación incontrolada de sus cuencas ha mermado el caudal de los ríos, de tal manera que a veces llega a situaciones extremas de sequía total. También se pueden encontrar en los cursos de agua desperdicios industriales y depósitos de basura (Berry 1989). El clima del estado Vargas es semiárido e isoterma y varía según la altitud. En las zonas inferiores a los 400 m s.n.m. predominan las altas temperaturas (26,1° C aproximadamente), mientras que la humedad relativa media es de 77%. A pesar de que la humedad es alta, las precipitaciones son escasas como consecuencia de que el terreno se recalienta y guarda parte del calor, incluso en horas nocturnas, lo cual facilita la condensación (Figura 2) (FUNDENA 2002).



Figura 1. Mapa de la localización geográfica del estado Vargas. Fuente: FUNDENA (2002).

VERTIENTE CARIBE VENEZUELA

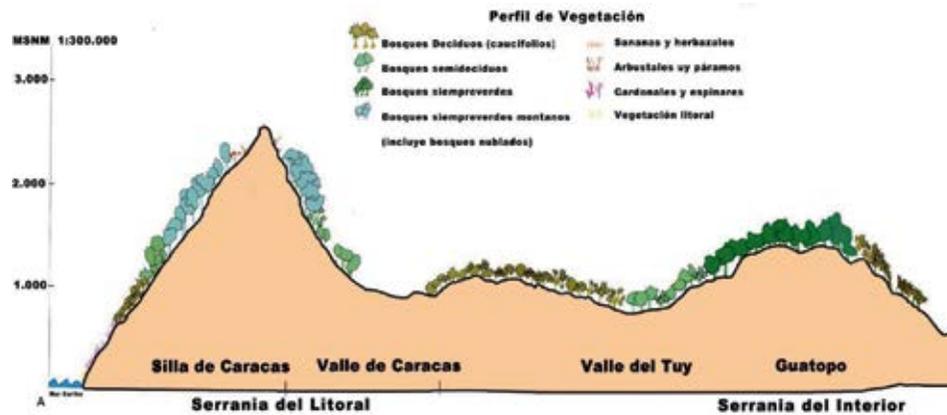


Figura 2. Perfil de la vegetación del litoral central. Fuente: PDVSA (1993).

En el litoral central existen laderas de inclinación variable, valles sedimentarios, lechos de ríos y quebradas, que fueron pobladas por una vegetación cambiante donde las elevadas montañas han definido, sobre otros patrones, una sucesión altitudinal con dos zonas de vida contrastantes. Las laderas más húmedas, aun preservan bosques nublados con árboles que alcanzan hasta 60 m de altura y constituyen uno de los ecosistemas más complejos y diversos del mundo. Aquí las franjas altitudinales son más evidentes y se puede observar cómo el espinar costero árido, es gradualmente sustituido por bosques secos a semideciduos (bosques alisios) en las altitudes medias y bosques densos nublados con muchas palmas y epifitas por encima de los 800 ó 1000 m s.n.m. Aun más arriba puede verse un arbustal enano, característico de las cumbres elevadas con afinidad en las adaptaciones (PDVSA 1993).

Metodología de campo

Desde un principio se procedió a consultar las bases de datos y colecciones ictiológi-

cas de los siguientes museos: Museo de Biología de la Universidad Central de Venezuela, Caracas (MBUCV); Museo de Historia Natural la Salle, Caracas (MHNLS) y el Museo de la Estación Biológica de Rancho Grande, Maracay (EBRG). Esto se realizó para recopilar toda la información existente sobre la biota acuática (peces, crustáceos y moluscos) de los ríos costeros, conocer su distribución y establecer las localidades de muestreo desconocidas (vacíos espaciales). Se establecieron así dos sectores de muestreo para la investigación: el sector occidental, que comprendió los ríos Puerto Maya, Puerto Cruz, El Limón, Chichiriviche y Oricao; y el sector oriental con los ríos Los Caracas, Osma, Todasana, La Sabana, Caruao y Chuspa. El sector central del estado Vargas no fue muestreado, debido a sus altos focos de contaminación, peligrosidad de la zona y difícil acceso. De esta manera, gran parte de la ictiofauna relativa a este sector proviene de las especies recolectadas o citadas en el estado Vargas por otros autores (Schultz 1949 y Fernández-Yépez 1972), además de las especies depositadas en el MHNLS.



L. García-M.

Localidades de muestreo

Se hicieron muestreos semanales, comenzando el 15 de abril del 2005 hasta el 29 de junio del mismo año (Tabla 1). Esos ríos fueron muestreados de manera eventual en los años siguientes. En la figura 3 se ilustran algunos de los ríos estudiados. En cada una de las localidades de muestreo se tomaron las coordenadas geográficas y la altura de las estaciones, mediante un GPS. Además se registró la temperatura del agua, con un termómetro de 0,1°C de apreciación y la salinidad con un refractómetro estándar. Dependiendo del tipo de hábitat se utilizaron diferentes artes de pesca: a) redes de playa o chinchorros, 15 x 2 m-2 x 1 m (1,5 cm-0,2 cm entrenudo); redes de mano o salabardos, 40 x 40 cm y 25 x 25 cm de diámetro (0,5 cm-0,3

cm entrenudo) y red o cuadrata con marco metálico, 80 x 80 cm (0,5 cm entrenudo). Las muestras de peces y los otros invertebrados (crustáceo y moluscos) fueron depositados en el MHNLS.

Índice de intervención antrópica (IIA)

Se utilizó un índice de intervención antrópica (IIA), de fácil aplicación en el campo, que arroja resultados sencillos en cuanto a la interpretación de la información sobre el nivel de la intervención antrópica al que están sometidos los ríos. Para el diseño del índice se consideraron las siguientes variables:

1. Presencia de desechos sólidos orgánicos e inorgánicos de origen antrópico (p. e. basura).



Figura 3. Ríos muestreados. a - b) río Limón; c) río Aricagua; d) río Los Caracas. Fotos: C. A. Lasso.



L. García-M.

Tabla 1. Localidades de muestreo en los ríos del estado Vargas (sector oriental y occidental).

Código	Localidad	Coordenadas geográficas		Fecha
EVE 46	Río El Limón; pueblo El Limón	10° 28' 21" N	67° 17' 47" W	15/04/2005
EVE 47	Río Puerto Cruz	10° 32' 19" N	67° 20' 31" W	21/04/2005
EVE 48	Río Los Caracas (debajo del puente); Ciudad Vacacional Los Caracas	10° 37' 48" N	66° 34' 24" W	21/04/2005
EVE 49	Río Los Caracas (desembocadura); Ciudad Vacacional Los Caracas	10° 37' 42" N	66° 34' 26" W	21/04/2005
EVE 50	Río Osma (desembocadura)	10° 37' 47" N	66° 30' 58" W	29/04/2005
EVE 51	Río Botuco; afluente del río Los Caracas; Ciudad Vacacional los Caracas	10° 37' 17" N	66° 33' 44" W	29/04/2005
EVE 52	Río Chichiriviche (desembocadura); Chichiriviche	10° 33' 01" N	67° 14' 30" W	09/05/2005
EVE 53	Río Chichiriviche (parte alta); Chichiriviche	10° 32' 11" N	67° 14' 31" W	09/05/2005
EVE 54	Río Todasana (desembocadura); Todasana	10° 37' 40" N	66° 27' 32" W	13/05/2005
EVE 55	Río Todasana (parte alta); Todasana	10° 37' 37" N	66° 26' 53" W	13/05/2005
EVE 56	Río Panecillo (desembocadura); La Sabana	10° 36' 46" N	66° 22' 01" W	28/06/2005
EVE 57	Río Caruao (desembocadura); Caruao	10° 36' 22" N	66° 20' 01" W	28/06/2005
EVE 58	Río Chuspa (desembocadura); Chuspa	10° 37' 11" N	66° 18' 46" W	29/06/2005

2. Actividades ganaderas (p. e. sitios de bebedero o lugares de alimentación y baño de ganado).

3. Tala y deforestación en los alrededores o en el propio río.

4. Uso doméstico y recreativo (p. e. balnearios, lavado de ropa, vehículos, etc.).

5. Pesca de subsistencia.

6. Cercanía a viviendas pobladas.

7. Cercanías a vías principales de comunicación.

A cada variable se le asignó un valor entre 0 y 2:

0 = Ausente.

1 = Presente en baja proporción.

2 = Presente en alta proporción.

El índice de (IIA) es la sumatoria de las siete variables, siendo el río más intervenido el que obtiene un valor mayor. El índice varía entonces entre 0 y 14.

Resultados y discusión

Peces

Composición

Se identificaron 45 especies agrupadas en diez órdenes, 21 familias y 35 géneros (Anexo 1). El orden mejor representado fueron los Perciformes (8 familias, 19 géneros y 27 especies - 64 %), seguido de los Pleuronectiformes (2 familias, 3 géneros y 4 especies - 10 %), Characiformes (2 familias, 2 géneros y 3 especies - 7 %), Cyprino-

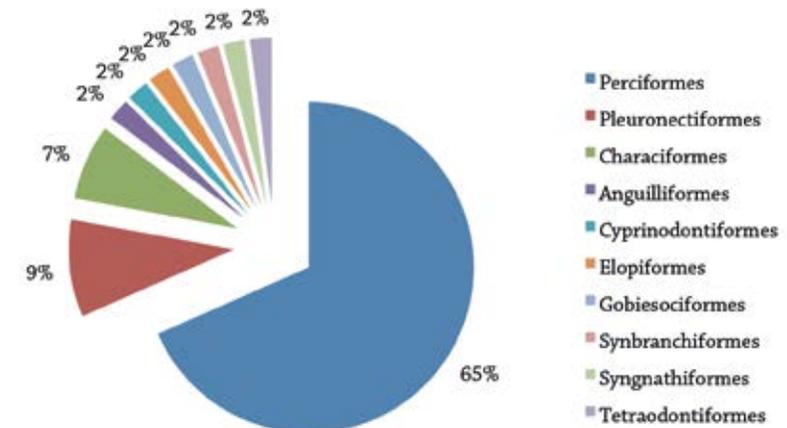


Figura 4. Representación de los órdenes según el porcentaje del número de especies de la ictiofauna de los ríos del estado Vargas (sector oriental y occidental).

dontiformes (2 familias, 2 géneros y 3 especies - 7 %). El 12% restante corresponde a los otros seis órdenes: Elopiformes, Anguilliformes, Gobiesociformes, Syngnathiformes y Synbranchiformes (Figura 4).

Distribución espacial

El grupo dominante en el área de estudio fueron los Perciformes (incluyendo los Mugiliformes actuales), con nueve familias, 21 géneros y 27 especies. Además estuvo presente en todas las localidades muestreadas, siendo la familia Mugilidae con tres especies (*Mugil curema*, *Mugil* sp y *Agonostomus monticola*), Gobiidae con cuatro especies (*Eleotris perniger*, *Eleotris amblyopsis*, *Awaous banana* y *Sicydium plumieri*) y Gerreidae con *Eucinostomus melanopterus*, las más representativas en cuanto a abundancia y representatividad en cada uno de los ríos muestreados. Otros grupos importantes fueron los Pleuronectiformes (lenguados) con cuatro especies (*Achirus achirus*, *Achirus lineatus*, *Trinectes paulistanos* y

Citharichthys spilopterus), y Syngnathiformes con *Microphis brachyurus*.

El río Chuspa registró la mayor riqueza de especies (16 sp. - 20%), seguido del río Todasana (13 sp. - 16 %), Los Caracas (11 sp. - 14 %), Osma (9 sp. - 11 %), Puerto Cruz (8 sp. - 10 %), Panecillo (8 sp. - 10 %), Chichiriviche (6 sp. - 8 %), Caruao (5 sp. - 6 %), Botuco (3 sp. - 4 %) y finalmente la parte alta del río El Limón con una sola especie (Figura 5).

Los tres ríos con la mayor riqueza de especies mostraron una mayor similitud a nivel fisiogeográfico, gemorfológico, área de drenaje y de hábitats compartidos. En relación a la distribución, se observó prácticamente el mismo patrón en cada uno de los ríos muestreados. En las partes bajas y en su desembocadura, las especies dominantes fueron los juveniles de especies marinas ocasionales que usan el estuario (p. e. *Megalops atlanticus*, *Centropomus* spp,



L. García-M.

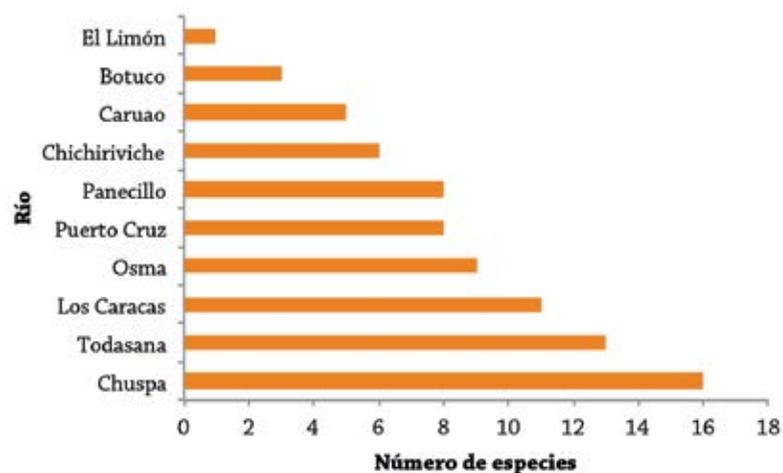


Figura 5. Número de especies colectadas en los ríos muestreados.

Selene vomer, *Caranx* spp, *Eucinostomus* spp, *Achirus* spp, *Sphoeroides testudineus*, etc.) y que pueden penetrar unos cientos de metros aguas arriba en aquellos ríos en los que se forman deltas pequeños. Una vez cambia la pendiente y geomorfología del cauce, estas especies desaparecen y son sustituidas por las especies básicamente diádromas o primarias de agua dulce. Las especies de los ríos costeros del Litoral Central son en su mayoría diádromas, destacando las de la categoría anfídroma como los góbidos o peguitas (*Scydium plumieri*, *Awaous banana*, *Eleotris* spp, *Gobiomorus dormitor*) y las lisas de río o lajaos (*Agonostomus monticola*). En la categoría de catádromas está la anguila americana (*Anguilla rostrata*). Hay también especies residentes permanentes del estuario como *Microphis brachyurus* o restringidas a las aguas dulces como las especies de agua dulce primarias (p. e. *Astyanax bimaculatus*, *Poecilia reticulata*, *Synbranchus marmoratus*).

En las zonas más altas de los ríos (> 1000 m desde la desembocadura) se observan ejemplares de talla considerablemente mayor que en las secciones más bajas, como es el caso de *Gobiomorus dormitor*, *Anguilla rostrata*, *Awaous banana*, *Synbranchus marmoratus*, *Gobiesox nudus*, *Lutjanus apodus* y *Agonostomus monticola*. La especie que se encuentra a mayor altitud es *Anablepsoides hartii*, presente tanto en el cauce principal del río como en pequeños charcos marginales. Aunque no se pudo muestrear adecuadamente en la sección alta de los ríos, se observó en general un patrón de disminución de la riqueza íctica con la altura.

Todos los ríos costeros del Litoral Central, dada sus pendientes, topografía y escalonamientos, muestran numerosas barreras ecológicas naturales o artificiales a la dispersión de las especies diádromas (p. e. saltos, caídas, grandes lajas, corrientes

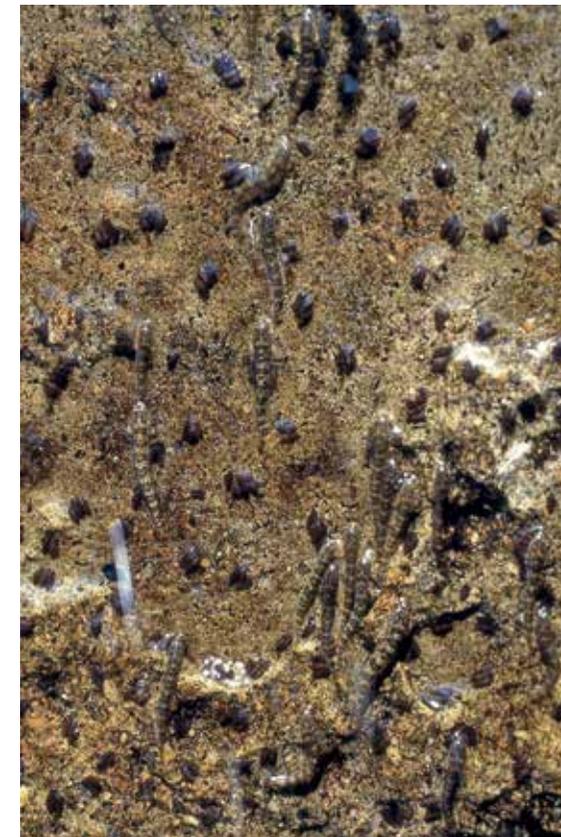


Figura 6. Peces del género *Sicydium* remontando por el dique del río Botuco. Foto: O. M. Lasso-Alcalá.

fuertes, diques, etc.), las cuales pueden ser en algunos casos superadas (Figura 6).

Hay algunas especies dulceacuícolas primarias citadas por Fernández-Yépez (1972) que no han vuelto a ser colectadas en los ríos Chuspa, Los Caracas, Mamo, Maya y Osorio. La ausencia de estas especies en estos ríos (p. e. Los Caracas y

Chuspa) para la fecha de esta investigación, puede ser un reflejo de su extinción local este es el caso de *Odontostilbe pulcher*, *Hemibrycon* sp., *Steindachnerina argentea*, *Characidium chupa*, *Gymnotus carapo*, *Chaetotoma stannin* y *Lasriancistrus nationi*.

En las figuras 7 a 9 se ilustran algunas de las especies de peces más representativas.



L. García-M.



Figura 7. a) *Astyanax bimaculatus*; b) *Gobiesox cephalus*; c) *Microphis brachyurus*; d) *Synbranchus marmoratus*; *Caranx* sp.; f) *Centropomus undecimalis*. Fotos: A. Cabrera (a, b, e), O. M. Lasso-Alcalá (c, d).



Figura 8. a) *Eucinostomus melanopterus*; b) *Eleotris* sp.; c) *Evorthodus lyricus*, d) *Sicydium* sp. (patrón coloración 1); e) *Sicydium* sp. (patrón de coloración 2); f) *Pomadasys croco*. Fotos: A. Cabrera (a, b), O. M. Lasso-Alcalá (c, d, e), C. A. Lasso (f).

VERTIENTE CARIBE VENEZUELA



L. García-M.

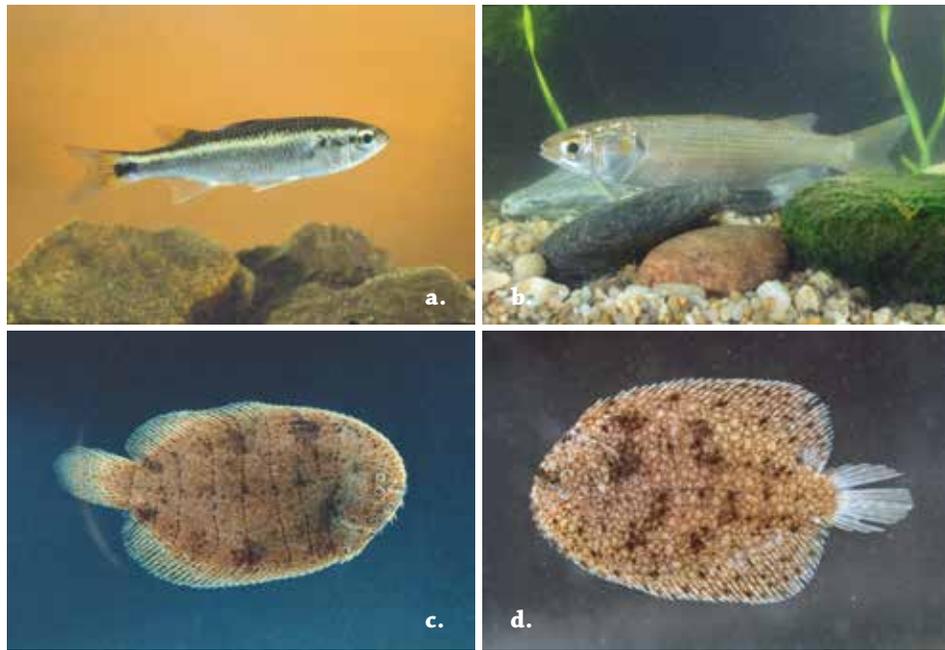


Figura 9. a) *Agonostomus monticola*; b) *Mugil curema*; c) *Achirus* sp.; d) *Trinectes paulistanus*. Fotos: A. Cabrera.

Crustáceos y moluscos

De los crustáceos se identificaron diez especies de cinco familias: cangrejos 4 especies (3 especies en el estuario o desembocadura de los ríos y una exclusiva de agua dulce); camarones 6 especie, donde destaca el género *Macrobrachium* con 5 especies (Tabla 2).

El cangrejo azul (*Cardisoma guanhumi*) es de hábitos más terrestres, se observa en las orillas del río donde cavan sus nidos en la tierra, también debajo de troncos sumergidos. Llega hasta unos 300 m de la desembocadura de los ríos. Hay dos especies de jaibas (*Callinectes bocourti* y *Callinectes sapidus*), comunes en fondos fangosos y arenosos hasta los 300 m de

la desembocadura. El cangrejo macanudo (*Eudaniella garmani*) es exclusivo de aguas dulces y solo se observa a partir de los 800 m de la desembocadura.

Los camarones son muy abundantes en todos los ríos costeros del Litoral Central con una densidad de 118 a 285 ind./100 m² y una biomasa de 60 a 233 g/100 m² (Penczak y Rodríguez 1990). El camarón burro (*Atya scabra*) es frecuente en zonas de mas corriente y se oculta debajo de las piedras y troncos. Los camarones del género *Macrobrachium* suelen ser nocturnos y se encuentran en todos los ríos costeros debajo de las piedras, entre la vegetación y hojarasca. Los individuos más grandes se

capturan en las pozas de mayor volumen y profundidad.

En la figura 10 se muestran algunos crustáceos típicos de los ríos costeros.

Entre los moluscos se reconocieron cuatro especies de tres familias, incluyendo una

introducida (Tabla 2). La caracola (*Marisa cornuarietis*) es común en aguas más estancadas y en ocasiones eutrofizadas, solo se observó en el río Chuspa (Figura 11a). *Pachychilus laevissimus* fue el caracol más abundante en los ríos costeros y muy común en cualquier tipo de hábitat (Figura 11b). La quigüa o caracol (*Neritina punctu-*

Tabla 2. Lista de crustáceos y moluscos de los ríos del Litoral Central. (*) especie introducida.

CRUSTACEOS	
Taxa	Nombre común
Gecarcinidae	
<i>Cardisoma guanhumi</i> (Latreillei 1825)	Cangrejo de manglar, cangrejo azul, moro
Atyidae	
<i>Atya scabra</i> (Leach 1816)	Burro, cochinito
Palaemonidae	
<i>Macrobrachium acanthurus</i> (Wiegmann 1836)	Camarón brazo largo, amarillo
<i>Macrobrachium carcinus</i> (Linneus 1758)	Candelilla, rey candela, rayao, rabo de candela, camacuto
<i>Macrobrachium crenulatum</i> Holthuis 1950	Camarón
<i>Macrobrachium hetrochirus</i> (Wiegmann 1836)	Camarón
<i>Macrobrachium olfersi</i> (Wiegmann 1836)	Macana gorda, Popeye, induo
Portunidae	
<i>Callinectes bocourti</i> (Edwards 1879)	Jaiba, cangrejo
<i>Callinectes sapidus</i> (Rathbun 1896)	Jaiba, cangrejo
Pseudothelphusidae	
<i>Eudaniella garmani</i> (Rathbun 1898)	Macanudo, cragui, macanguero, cangrejo de río
MOLUSCOS	
Taxa	Nombre común
Ampullaridae	
<i>Marisa conuarietis</i> (Linnaeus 1758)	Caracola
Melaniidae	
<i>Pachychilus laevissimus</i> (Sowerby 1824)	Caracol
Neritidae	
<i>Neritina punctulata</i> (Lamarck 1816)	Quigüa, caracol
Thiaridae	
<i>Thiara granifera</i> (Lamarck 1822)*	Caracol

VERTIENTE CARIBE VENEZUELA

lata) es una especie diádroma frecuente en cualquier tipo de sustrato (Figura 11c). Por último, *Thiara granifera* es un caracol introducido de origen asiático que probablemente llegó a Venezuela en la década

del setenta (Figura 11d). Su introducción está asociada con la desaparición en los ríos del Litoral Central de *Biomphalaria glabrata*, vector del *Schistosoma mansoni*. Es una especie que se adapta y coloniza las

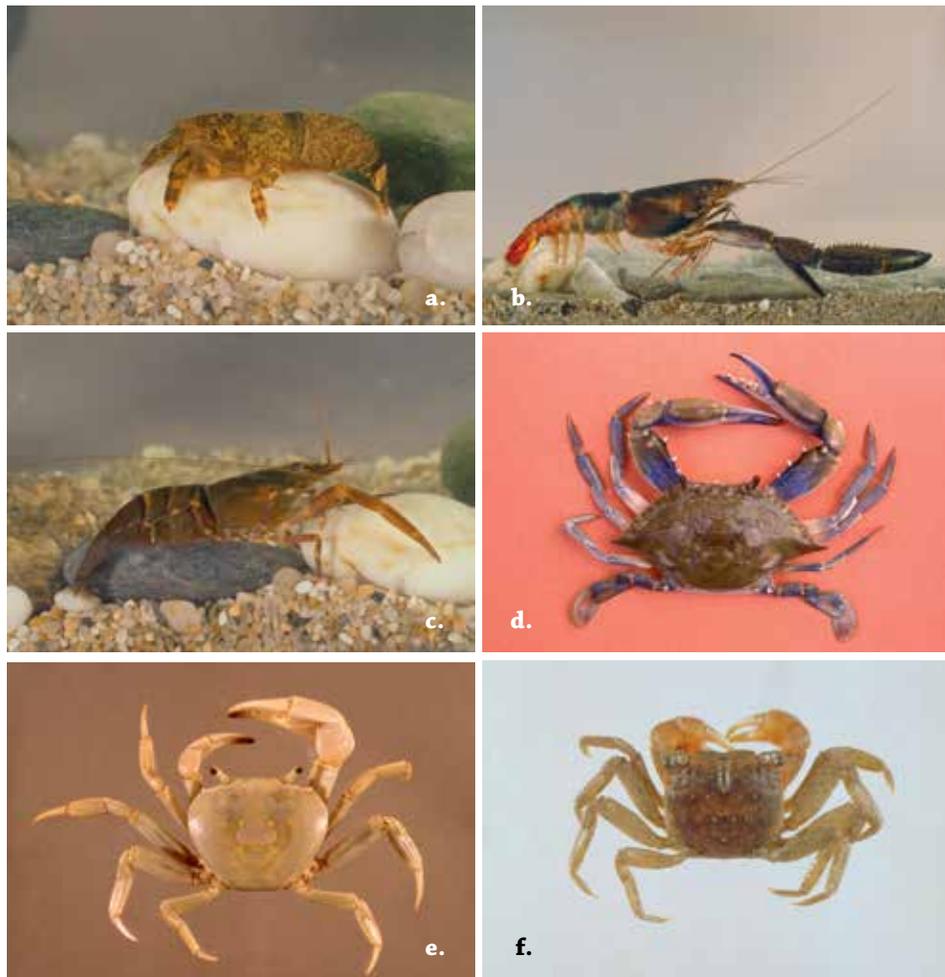


Figura 10. Crustáceos de los ríos costeros: a) *Atya scabra*; b) *Macrobrachium carcinus*; c) *Macrobrachium* sp.; d) *Callinectes* sp.; e) *Cardisoma guanhumi*; f) cangrejo no identificado. Fotos: A. Cabrera.



L. García-M.

áreas perturbadas y contaminadas con exceso de materia orgánica, por lo cual es un buen bioindicador.

Uso y conservación de las especies

Los peces son consumidos muy ocasionalmente y con carácter de subsistencia o diversión (niños), también como carnada. Hay unas 21 especies bajo la primera categoría. Otras seis especies tienen potencial ornamental (Anexo 1). Entre los crustáceos se consume con mayor frecuencia al camarón candelilla o camacuto (*M. carcinus*) y con carácter ocasional otras especies (*A. scabra*, *M. acanthurus*). Todos los cangrejos son aprovechados también como subsistencia, en especial el cangrejo

azul (*C. guanhumi*) y las jaibas (*Callinectes* spp) (Figura 12).

Índice de intervención antrópica

El índice de intervención antrópica (IIA) surge por la necesidad de evaluar de forma rápida, la intervención humana en diversos ambientes acuáticos. Este índice se aplicó en el presente trabajo para obtener una aproximación del nivel de intervención humana que experimentan los ríos del área de estudio. El río con mayor intervención corresponde al río Los Caracas (Figura 13), que presenta la mayor cantidad de variables y muchas con el valor más alto. En orden de importancia estas fueron la presencia de desechos sólidos, tala y de-



Figura 11. Moluscos de los ríos costeros: a) *Marisa cornuarietis*; b) *Pachychilus laevissimus*; c) *Neritina punctulata*; d) *Thiara granifera*. Fotos: A. Cabrera.

VERTIENTE CARIBE VENEZUELA



L. García-M.

forestación, uso doméstico, pesca de subsistencia, cercanía a viviendas y cercanía a vías de comunicación.

A este le sigue el río Puerto Cruz, en el cual las variables con un máximo valor fueron la presencia de desechos sólidos, tala y deforestación, uso doméstico y cercanía a las viviendas (Figura 14).

En los ríos restantes las variables más representativas del IIA, que presentaron menores valores fueron: uso doméstico, cercanía a viviendas, cercanía a vías de comunicación, presencia de desechos sólidos y la tala y deforestación. Por otro lado, el

río con el menor valor menor del IIA fue el río Panecillo con solo dos variables presentes, la pesca de subsistencia y el uso doméstico (Figura 15).

La presencia y valoración de estas variables en las localidades de muestreo indican cuan alterados o perturbados están los ecosistemas por la acción del hombre (Figura 16).

Muchos de estos ríos se encuentran altamente contaminados desde hace al menos unos 20 años, en especial los de la zona central del litoral (Aristiguieta 1989). Existe una carencia marcada de sistemas

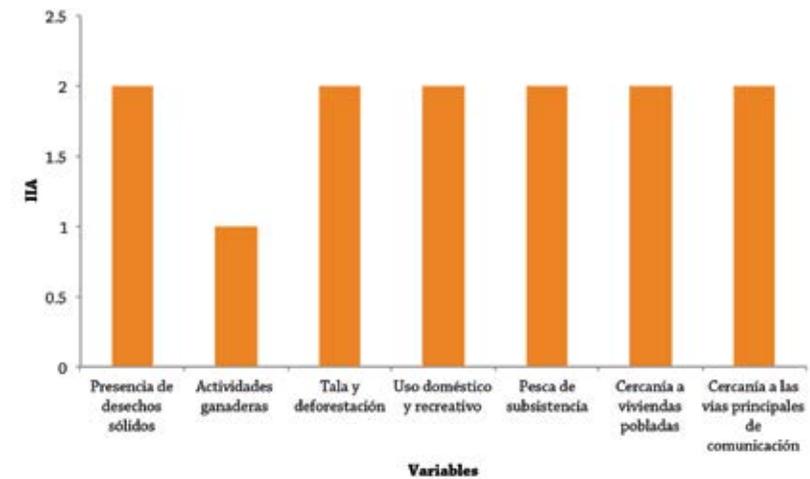


Figura 13. Valores de las variables del índice de intervención antrópica (IIA) en el río Los Caracas.

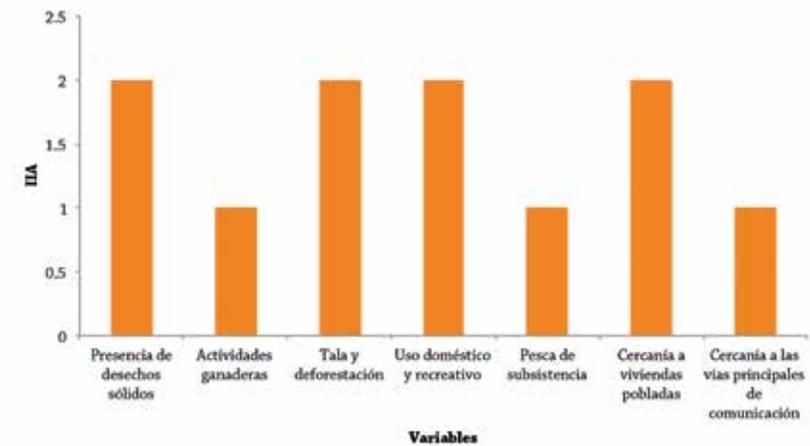


Figura 14. Valores de las variables del índice de intervención antrópica (IIA) en el río Puerto Cruz.



Figura 12. Uso de las especies. a) Pesca de *Awaous banana*, río Puerto Cruz; b) pesca de *Gobiomorus dormitor*, especie de mayor tamaño en ríos costeros; c) pesca de subsistencia de camarones; d) pesca de subsistencia de camarones y cangrejos. Fotos: O. M. Lasso-Alcalá (a), C. A. Lasso (b - d).

de cloacas y la deforestación incontrolada de sus cuencas ha mermado el caudal de los ríos, de tal manera que a veces llega a situaciones extremas de sequía total.

También se pueden encontrar en los cursos de agua desperdicios industriales y depósitos de basura (Berry 1989).

VERTIENTE CARIBE VENEZUELA



L. García-M.

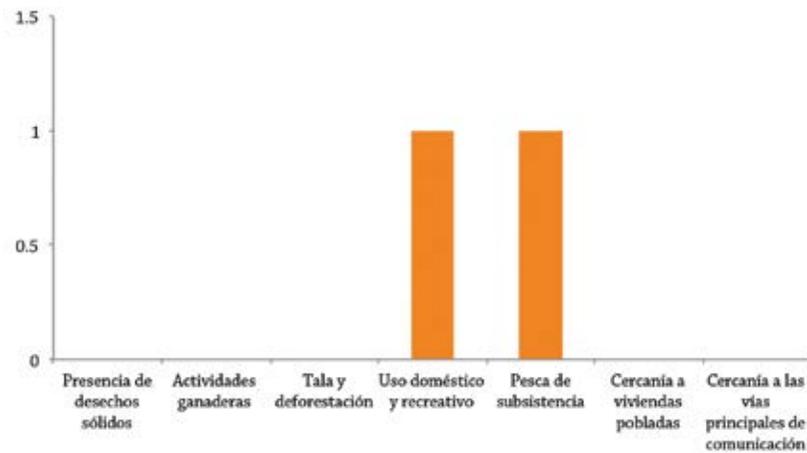


Figura 15. Valores de las variables del índice de intervención antrópica (IIA) en el río Panecillo.



Figura 16. Ejemplos de impactos en los ríos muestreados. a) Erosión de cauces, río Limón; b) diques que impiden la migración de especies diádromas, río Los Caracas; c) canalización de cauces, río Los Caracas; d) dragado y afectación del lecho del río Los Caracas. Fotos: C. A. Lasso (a, b), O. M. Lasso-Alcalá (c, d).

Las amenazas de origen hidro-meteorológico presentes en el estado Vargas se deben principalmente a la ocurrencia de fuertes vientos y a las lluvias de alta intensidad y de larga duración. Fenómenos que pueden ocurrir separadamente, secuencial o simultáneamente. Esta variación depende de una serie de factores, tales como la latitud, el relieve, la cercanía al mar, la orientación de la línea costera y la zona de convergencia intertropical. Esta última, se forma por la confluencia de los alisios del noroeste con los alisios del sudeste y causa la temporada de lluvias en el país de mayo a noviembre y la alta presión del Atlántico, que determina el período de sequía de noviembre a abril. También es responsable de las perturbaciones tropicales, siendo la más frecuente la onda tropical, que a su paso por el Mar Caribe aumenta la escorrentía en las cuencas (Rodríguez 2003). La vaguada de 1999 tuvo un efecto muy marcado sobre la geomorfología de los cauces y probablemente sobre la estructura biótica. El aporte de grandes piedras y sedimentos arrastrados por las fuertes lluvias rellenaron las secciones medias y bajas de los ríos y es evidente como disminuyó la profundidad de los cauces en comparación con años anteriores previos a la vaguada (Lasso obs. pers.).

Bibliografía

- Aristiguieta, L., M. Lluveres, P. Lluveres y L. Bravo. 1989. Sitios únicos de la región capital. Pp. 79-80. En: Universidad Simón Bolívar (Comp.). Estudios de los espacios abiertos de la región Capital, vegetación. Vol. 1. Institutos de Estudios Regionales y Urbanos. Caracas, Venezuela.
- Berry, P. 1989. Sitios únicos del litoral Central. Pp. 89-93. En: Universidad Simón Bolívar (Comp.). Estudios de los espacios abiertos de la región capital, vegetación. Vol. 1. Institutos de Estudios Regionales y Urbanos. Caracas, Venezuela.
- Campos, M. y R. Suárez. 1996. Inventario preliminar de ictiofauna en el área del embalse Taguaza, cuenca del río Tuy, Edo. Miranda, e impactos potenciales de la represa sobre los peces. PROFAUNA: serie de informes técnicos dirección general de fauna / IT/ 386. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. 27 pp.
- Fernández-Yépez, A. 1972. Análisis ictiológico del complejo hidrológico 04 "Río Yaracuy". Dirección de Obras Hidráulicas. Ministerio de Obras Públicas. Caracas, Venezuela. 66 pp.
- FUNDENA. 2002. Estado Vargas. [On line] [citado 3 marzo del 2005]. Disponible en: http://www.fudena.org.ve/semaforo_playas-vargas.htm
- Marrero, C. y A. Machado-Allison. 1990. Inventario y notas ecológicas de los peces de los ríos Panaquire, Urba y Yaguapa (cuenca del río Tuy). *Biollania* 7 (1): 55-82
- Mago, F. 1968. Notas sobre los peces del río Guaire. Pp. 228-256. En: Universidad Central de Venezuela (Comp.). Ecología vegetal, fauna. Vol. 1. Ediciones de la biblioteca Central de Venezuela. Caracas.
- Mago, F. 1970. Lista de peces de Venezuela: incluyendo un estudio preliminar sobre la ictiogeografía del país. M.A.C. Oficina Nacional de Pesca, Caracas Venezuela, 283 pp.
- Mendoza, R. 2004. Vargas. Bibliotecas virtuales del Estado Aragua. [On-line], (1) disponible en: <http://www.bnv.bib.ve/vargasb.htm>.
- Penczak, T. y C. Lasso. 1992. Problems of estimating population parameters and production of fish in a tropical rain forest stream, North Venezuela. *Hydrobiologia* 215: 121-133.
- Penczak, T. y G. Rodríguez. 1990. The use of electrofishing to estimate population densities of freshwater shrimps (Decapoda, Natantia) in a small tropical river, Venezuela. *Archiv für Hydrobiologie* 118 (4): 501-509.
- Petróleos de Venezuela, S. A (PDVSA). 1993. Imagen de Venezuela, una visión especial. Caracas. 104 pp.
- Rodríguez, L. 2003. Amenazas de eventos hidrometeorológicos en el Estado Vargas.



L. García-M.

[On line] [citado 3 marzo del 2005]. Disponible en: www.ucv.ve/cenamb/notas/marzo00_amenaza.htm - 22k.

- Schultz, L. 1949. A further contribution to the ichthyology of Venezuela. Washington, D.C. Smithsonian Institution. Proceedings United States National Museum. 210 pp.

Anexo 1. Lista de peces de los ríos costeros del Litoral Central. C: consumo, D: diversión, O: ornamental.

Taxa	Nombre común	Usos
Orden Elopiformes		
Familia Megalopidae		
<i>Megalops atlanticus</i> Valenciennes 1847	Sábalo	C
Orden Anguilliformes		
Familia Anguillidae		
<i>Anguilla rostrata</i> (Lesueur 1817)	Anguila	
Orden Characiformes		
Familia Characidae		
<i>Astyanax bimaculatus</i> (Linnaeus 1758)	Sardina de agua dulce, cola roja.	C,D
<i>Astyanax fasciatus</i> (Cuvier 1819)	Sardinita de agua dulce	C, D
Familia Erythrinidae		
<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch 1794)	Guabina	C
Orden Gobiesociformes		
Familia Gobiesocidae		
<i>Gobiesox cephalus</i> Lacepède 1800	Peguita	
Orden Cyprinodontiformes		
Familia Poeciliidae		
<i>Poecilia reticulata</i> Peters 1859	Guppy, sardinita	O
<i>Poecilia vivipara</i> Bloch y Schneider 1801	Guppy	
Familia Rivulidae		
<i>Anablepsoides hartii</i> (Boulenger 1890)	Pez anual	O
Orden Syngnathiformes		
Familia Syngnathidae		
<i>Microphis brachyurus</i> (Bleeker 1854)	Pez palo	O
Orden Synbranchiformes		
Familia Synbranchidae		
<i>Synbranchus marmoratus</i> Bloch 1795	Anguila	C
Orden Perciformes		
Familia Carangidae		
<i>Caranx latus</i> Agasiz 1831	Ojo gordo	D
<i>Caranx hippos</i> (Linnaeus 1766)	Jurelete, jurel.	D
<i>Selene vomer</i> (Linnaeus 1758)	Caracaballo.	



L. García-M.

VERTIENTE CARIBE VENEZUELA

Anexo 1. Continuación.

Taxa	Nombre común	Usos
<i>Trachinotus carolinus</i> (Lineaeus 1766)	Pampano amarillo	
Familia Centropomidae		
<i>Centropomus undecimalis</i> (Bloch 1792)	Robalo.	C,D
Familia Ehippidae		
<i>Chaetodipterus faber</i> (Broussonet 1782)	Paguara.	
Familia Gerreidae		
<i>Eucinostomus argenteus</i> Baird y Girard 1855	Española de laguna	C
<i>Eucinostomus gula</i> (Quoy y Gaimard 1824)	Española	C
<i>Eucinostomus melanopterus</i> (Bleeker 1863)	Española de bandera	C
<i>Gerres cinereus</i> (Walbaum 1792)	Muñama	C
Familia Gobiidae		
<i>Awaous banana</i> (Valenciennes 1837)	Guabina costeña, guabina hoyera, chupatierra	C, O
<i>Bathygobius soporator</i> (Valenciennes 1837)	Guaseta	
<i>Eleotris amblyopsis</i> (Cope 1871)	Guabina	C
<i>Eleotris perniger</i> (Cope 1871)	Guabina	C
<i>Evorthodus cf. lyricus</i> (Girard 1858)	Guabina	
<i>Gobioides broussonnetii</i> Lacepède 1800	Lamprea	
<i>Gobiomorus dormitor</i> Lacepède 1800	Guabina	C
<i>Sicydium plumieri</i> (Bloch 1786)	Peguita	O
<i>Sicydium punctatum</i> Perugia 1896	Peguita	O
Familia Haemulidae		
<i>Conodon nobilis</i> (Linnaeus 1758)	Canario	
<i>Haemulopsis corvinaeformis</i> (Steindachner 1868)	Cabeza dura	
<i>Pomadasys crocro</i> (Cuvier 1830)	Roncador	C
Familia Lutjanidae		
<i>Lutjanus cyanopterus</i> (Cuvier 1828)	Pargo caballo	C
<i>Lutjanus jocu</i> (Bloch y Schneider 1801)	Pargo perro	C
Familia Mugilidae		
<i>Agonostomus monticola</i> (Bancroft 1834)	Lajao, Lisa de río	C
<i>Mugil curema</i> Valenciennes 1836	Lisa criolla	C
<i>Mugil trichodon</i> Poey 1875	Lisa	C
Familia Sciaenidae		
<i>Bairdiella ronchus</i> (Cuvier 1830)	Caracare	

Anexo 1. Continuación.

Taxa	Nombre común	Usos
<i>Umbrina coroides</i> Cuvier 1830	Petota	
Orden Pleuronectiformes		
Familia Achiridae		
<i>Achirus achirus</i> (Linnaeus 1758)	Arrevés, lenguado, arrevés lucio	C
<i>Achirus lineatus</i> (Linnaeus 1758)	Arrevés lagunero	
<i>Trinectes paulistanus</i> (Miranda Ribeiro 1915)	Lenguado	
Familia Paralichthyidae		
<i>Citharichthys spilopterus</i> Günther 1862	Arrevés común	D
Orden Tetraodontiformes		
Familia Tetraodontidae		
<i>Spherooides testudineus</i> (Linnaeus 1758)	Corrotucho verde	

coralina

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago
de San Andrés, Providencia y Santa Catalina



Escuela
Politécnica Nacional



UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO



UNIVERSIDAD DE LA GUAJIRA | SHIKII EKIRAJIA
PÚLEE WAJIRA



UNIVERSIDAD
DEL TOLUCA



UNELLEZ



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA
SEDE CARIBE

