



SERIE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS
Y PESQUEROS CONTINENTALES
DE COLOMBIA

X. HUMEDALES INTERIORES
DE COLOMBIA:
IDENTIFICACIÓN,
CARACTERIZACIÓN Y
ESTABLECIMIENTO DE LÍMITES
SEGÚN CRITERIOS BIOLÓGICOS
Y ECOLÓGICOS



Carlos A. Lasso, Francisco de Paula Gutiérrez y Diana Morales-B.
(Editores)



SERIE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS
Y PESQUEROS CONTINENTALES
DE COLOMBIA

X. HUMEDALES INTERIORES
DE COLOMBIA:
IDENTIFICACIÓN,
CARACTERIZACIÓN Y
ESTABLECIMIENTO DE LÍMITES
SEGÚN CRITERIOS BIOLÓGICOS
Y ECOLÓGICOS

Carlos A. Lasso, Francisco de Paula Gutiérrez
y Diana Morales-B.
(Editores)



© Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2014.
Los textos pueden ser citados total o parcialmente citando la fuente.

Contribución IAvH # 501

**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 Antonio Machado-Allison

Revisión de textos: Carlos A. Lasso, Francisco de Paula Gutiérrez y Diana Morales-B.

Fotos portada: Mónica A. Morales-B., Iván Mikolji y Fernando Trujillo

Foto contraportada: Iván Mikolji

Foto portada interior: Diana Morales-B.

Ilustraciones: Fredy A. Ochoa F.

Diseño y diagramación: zOOm diseño S.A.S

Impresión: JAVEGRAF - Fundación Cultural Javeriana de Artes Gráficas.

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

CITACIÓN SUGERIDA

Obra completa: Lasso, C. A., F. de P. Gutiérrez y D. Morales-B. (Editores). 2014. X. Humedales interiores de Colombia: identificación, caracterización y establecimiento de límites según criterios biológicos y ecológicos. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D.C. Colombia, 255 pp.

Capítulos: Morales-B., D., F. de P. Gutiérrez y C. A. Lasso. Humedales: identificación y definiciones. Pp. 50-65. *En:* Lasso, C. A., F. de P. Gutiérrez y D. Morales-B. (Editores). 2014. X. Humedales interiores de Colombia: identificación, caracterización y establecimiento de límites según criterios biológicos y ecológicos. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D.C. Colombia.

Humedales interiores de Colombia: identificación, caracterización y establecimiento de límites según criterios biológicos y ecológicos / editado por Carlos A. Lasso, Francisco de Paula Gutiérrez y Diana Morales B.; Serie Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia, X -- Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2014.

255 p.: il., col.; 16.5 x 24 cm.
Incluye bibliografía, tablas e índices
ISBN: 978-958-8889-28-3

1. Humedales -- Colombia 2. Humedales -- caracterización 3. Humedales -- delimitación 4. Humedales interiores 5. Ecosistemas lénticos 6. Ecosistemas lóticos I. Lasso, Carlos A. (Ed.) II. Gutiérrez, Francisco de Paula (Ed) III. Morales-B., Diana (Ed) IV. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

CDD: 333.91816 Ed. 23
Número de contribución: 501
Registro en el catálogo Humboldt: 14940

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 responsabilidad de los autores correspondientes.

REPÚBLICA DE COLOMBIA

JUAN MANUEL SANTOS CALDERÓN
Presidente de la República

FONDO ADAPTACIÓN

GERMÁN ARCE
Gerente General

ALFREDO MARTÍNEZ DELGADILLO
Subgerente Gestión del Riesgo

ANDRÉS PARRA BELTRÁN
Asesor Sectorial Medio Ambiente

SONIA SILVA SILVA
Asesora Subgerencia Gestión del Riesgo

**INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS
ALEXANDER VON HUMBOLDT**

BRIGITTE L. G. BAPTISTE
Directora General

GERMÁN I. ANDRADE
Subdirector de Investigaciones

JERÓNIMO RODRÍGUEZ
Subdirector de Servicios Científicos y Proyectos Especiales (2014)

CARLOS E. SARMIENTO
Coordinador Proyecto “Insumos técnicos para la delimitación de páramos y humedales”

ÚRSULA JARAMILLO
Coordinadora Componente de Humedales
Proyecto Fondo Adaptación



Río llanero, Arauca. Foto: F. Trujillo

D. Morales-B.



COMITÉ CIENTÍFICO

- **Anabel Rial Bouzas** (BioHábitat A. C., Venezuela y consultora independiente)
- **Aniello Barbarino** (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias-INIA, Venezuela)
- **Antonio Machado-Allison** (Universidad Central de Venezuela)
- **Carlos Barreto-Reyes** (Fundación Humedales, Colombia)
- **Carlos A. Rodríguez Fernández** (Fundación Tropenbos, Colombia)
- **Célio Magalhães** (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia INPA/CPBA, Brasil)
- **Donald Taphorn** (Universidad Experimental de los Llanos-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** (Instituto Politécnico de Quito, Ecuador)
- **Ricardo Restrepo M.** (Universidad Santo Tomás de Aquino-USTA, Colombia)
- **Rosa E. Ajiaco-Martínez** (Universidad de los Llanos-Unillanos, Colombia)



TABLA DE CONTENIDO

Siglas y acrónimos institucionales	9
Presentaciones	11
Prólogo	15
Resumen ejecutivo	17
Executive summary	23
Autores y afiliaciones	29
Agradecimientos	31
1. Introducción	33
2. Ecosistemas acuáticos continentales: generalidades	41
3. Humedales: identificación y definiciones	51
4. Humedales interiores de Colombia: principales investigaciones, tipologías y propuestas de clasificación	67
5. Uso de la biota acuática en la identificación, caracterización y establecimiento de límites en humedales interiores	89
6. Integridad biótica de los humedales colombianos: una visión desde la calidad del agua	177

7. Amenazas y vulnerabilidad	193
8. Conclusiones: aplicación de los criterios biológicos y ecológicos para la identificación, caracterización y establecimiento de límites en humedales	227
9. Anexos	233



SIGLAS Y ACRÓNIMOS INSTITUCIONALES

SIGLA O ACRÓNIMO	SIGNIFICADO
ATTZ	Aquatic-terrestrial transition zone (zona de transición acuático-terrestre)
CAR	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca
Cardique	Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique
CDB	Convenio de Diversidad Biológica
CFR	Code of Federal Regulations (Estados Unidos, Código de Regulación Federal)
COP	Conference of the Parties (Conferencia de las Partes)
Cormagdalena	Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena
Corpamag	Corporación Autónoma Regional del Magdalena
Corpoguajira	Corporación Autónoma Regional de La Guajira
Corpomojana	Corporación para el Desarrollo Sostenible de La Mojana y San Jorge
CRA	Corporación Autónoma Regional del Atlántico
CVS	Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge
CVC	Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
DAMA	Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente – Bogotá
DAMAB	Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente – Barranquilla
DBO	Demanda bioquímica de oxígeno
DER	Documento Estratégico Rector (México)
DMA	Directriz Marco del Agua (Europa)
DNP	Departamento Nacional de Planeación (Colombia)
DQO	Demanda química de oxígeno
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (Cooperación Alemana para el Desarrollo)
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
ICAMFFF	Índice de calidad del agua marina para la preservación de flora y fauna

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

SIGLA O ACRÓNIMO	SIGNIFICADO
Ideam	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia
IAvH	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (Colombia)
Invemar	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andréis (Colombia)
IOCARIBE	Intergovernmental Oceanographic Sub-Commission for the Caribbean and Adjacent Regions (Sub-comisión Intergubernamental Oceanográfica para el Caribe y Regiones Adyacentes)
IPSE	Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas no Interconectadas (Colombia)
ENSO	El Niño Southern Oscillation (El Niño Oscilación del Sur)
EU	European Union (Unión Europea)
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)
MADS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, (Colombia, 2011-actual)
MAVDT	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (Colombia, 2002-2010)
MEA	Millenium Ecosystems Assessment (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio)
MMA	Ministerio Medio Ambiente (Chile)
NOA	National Oceanic and Atmospheric Administration (Estados Unidos, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica)
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OPS	Organización Panamericana de la Salud
OMS	Organización Mundial de la Salud
PIB	Producto Interno Bruto
PNUMA	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
Semarnat	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (México)
Sinchi	Instituto Amazonico de Investigaciones Científicas Sinchi (Colombia)
SST	Sólidos suspendidos totales
USAid	United States Agency for International Development (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional)
U.S. EPA	United States Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos)
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
WRI	World Resources Institute (Instituto de Recursos Mundiales)
WWF	World Wildlife Fund (Fondo Mundial para la Naturaleza)
ZCIT	Zona de Convergencia Intertropical



PRESENTACIONES

**Colombia anfibia**

Tal vez por efectos de la conquista y la cultura hispánica, las grandes extensiones continentales de agua que caracterizaban las planicies colombianas fueron uno de los obstáculos más grandes al despliegue de sus fuerzas militares desde el siglo XVI, y se convirtieron en el problema más crítico para los proyectos de domesticación del territorio en una visión que aún persiste. Tanto así, que la noción de desarrollo, durante centenares de años, se asimiló a la de desecación y apropiación de la tierra por parte de particulares, instituciones y de casi toda la población: el método se combinaba bien con el arrasamiento de bosques por el fuego, y solo las comunidades de pescadores, cuyos sistemas de vida estaban entrelazados con la inundación, resistían.

La existencia del pulso de inundación como una característica fundamental de la dinámica ecológica de las regiones ecuatoriales,

configuraba un ciclo de estaciones más benignas que el crudo invierno castellano, dirían algunos, dando la oportunidad de apropiarse, durante las épocas secas, de la fertilidad que las aguas traían y depositaban en el suelo durante la época de crecientes. Este proceso, que los pueblos indígenas usaron profusamente para cultivar especies de ciclo corto y construir sistemas de camellones, campos elevados, canales, pozas y zanjones, fue el que dio de comer a millones en América y que hoy, al haber desaparecido, los tiene pasando hambre.

Nos enseñan incluso, desde los textos del colegio, que en Colombia “no hay estaciones”, terrible error de quienes utilizaron con simpleza extrema la variación anual de la temperatura y la ausencia de nieve como indicadores de estabilidad climática, asociada míticamente al paraíso. El agua, caprichosa, fue un defecto del modelo, una parte secundaria y una manifestación de ira celestial.

PRESENTACIONES

Con el tiempo, lo “ganado” no fue solo el ternero parido, sino el suelo arrebatado a la inundación, pues las vacas custodiaron las grandes extensiones conquistadas, imponiendo el sello de la propiedad más que el de la prosperidad: gran parte del latifundio especulador y de la inequidad en nuestro país nació con el desplazamiento del agua, los peces y sus gentes, y por ello aún hoy la práctica del relleno y el jarillón se entiende como ganancia. La especulación de tierras, multiplicada por mil en el espacio urbano hace que el agua estorbe, proporcionalmente.

Pero el agua está siempre ahí, y los alisios mueven la tormenta y garantizan, en su choque milenario con los vientos del Pacífico, noches de aguaceros infinitos, tiempo de algarabía de ranas, de felicidad de tortugas que salen de sus hoyos fangosos a compartir las subriendas, de comida y de renovación. El desierto que amenaza la sequía se contiene cada año, a veces con más éxito, a veces sin lograrlo: mueren los más débiles en las manadas de chigüiros, celebran sus comensales. Y en el balance de años secos o lluviosos se configura la evolución del clima, del suelo, de la vegetación. Ahora, sin embargo, “los tiempos están cambiados”, dice la gente del campo, y la gente de la ciudad asiente, pero celebra el sol más que el agua: los días “bonitos” son azules, la pesadilla el aguacero; la inundación, el desastre.

Entender los lazos entre la vida y la inundación fue lo que creó las civilizaciones; en Colombia la Zenú en el Caribe, la Muisca en el altiplano, solo por nombrar dos. En el mundo, miríadas. No entenderlos, por tanto, puede ser la receta de su fin: el agua no cesará, y en una atmósfera con cerca de 500 partes por millón de CO₂, algo nunca experimentado por la humanidad, se convertirá cada vez más en una fuerza errática, hinchada por el exceso de calor atmosférico, enloquecida por gradientes térmicos cada vez más extremos, despertada como una furia mitológica.

Este libro representa una pequeña parte del reconocimiento a esos lazos entre agua y biodiversidad, una visión parcial e incompleta que con voluntad de autor detrás de cada capítulo busca entender el efecto del ir y venir de la inundación en plantas y animales, detrás del ir y venir de ambos, en la ausencia y la persistencia del agua: imposible trazar un solo límite.

Colombia es un país anfibio, donde el verde de sus selvas y plantaciones es posible porque encima y debajo corre un gran río de manera permanente.

Brigitte L. G. Baptiste

Directora General
Instituto de Investigación de Recursos
Biológicos Alexander von Humboldt

El Fenómeno de La Niña 2010-2011 con sus reconocidas consecuencias sobre vidas humanas, poblaciones, infraestructura y en general la economía del país, hizo palpable la necesidad de fortalecer las capacidades de las comunidades y los ecosistemas para absorber los efectos de fenómenos climáticos y para recuperarse de los impactos negativos que esos efectos puedan causar.

Verdaderos ecosistemas estratégicos como son los humedales, necesitan ser conocidos y reconocidos a fondo, conservados y gestionados para el bienestar de todos los colombianos. Preparándonos en consecuencia, el Fondo Adaptación, por solicitud del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, destinó recursos para el proyecto **Insumos para la delimitación de ecosistemas estratégicos: Páramos y Humedales**, buscando ampliar la base de conocimiento de estos ecosistemas y generar las bases conceptuales y metodológicas necesarias para su identificación y delimitación.

Tradicionalmente Colombia ha enfocado la gestión de su territorio entendiéndolo como un país seco. Basado en ese paradigma se han implementado durante años actividades de producción y desarrollo de infraestructura que han requerido la alteración, muchas veces irreversible, de la estructura y dinámica de los humedales del país. Esta orientación sin duda ha llevado a la disminución de la capacidad de regulación hídrica y la pérdida de otros servicios ecosistémicos prestados por los humedales, lo que ha tenido fuertes repercusiones sobre las actividades económicas, sociales y culturales que se desarrollan en esas áreas. El reto entonces sigue siendo incorporar la importancia estratégica de los

humedales en la gestión territorial, para el funcionamiento y equilibrio de los ecosistemas y su contribución al desarrollo social y productivo de la nación.

Hoy sabemos que los humedales podrían ocupar más del 20% de la superficie continental del país. Las llanuras aluviales y planos de inundación del Magdalena Medio, Chocó, Orinoquia, Amazonia e incluso los Altiplanos de la Cordillera Oriental, están sujetos a una dinámica de inundación recurrente que puede llegar a ocupar estacionalmente más del 80% de su superficie. Esto le ha permitido afirmar al Instituto Humboldt que Colombia es sin duda un país anfibio. Esta afirmación, más allá de las tareas asociadas a la delimitación en términos administrativos y jurídicos, busca llamar la atención sobre el reconocimiento del enorme reto, político y económico que supone la conservación de la biodiversidad y el ordenamiento de las actividades de producción en dichos territorios.

Con la presente obra, el Instituto Alexander von Humboldt busca difundir múltiples aportes de reconocidos especialistas y con ello propone una serie de criterios conceptuales y metodológicos asociados al estudio de la biota acuática, para la caracterización e identificación de límites en los humedales interiores de Colombia.

Carlos Enrique Sarmiento P.

Coordinador
Proyecto “Insumos técnicos para la delimitación de páramos y humedales”
Subdirección de Servicios Científicos y
Proyectos Especiales
Instituto Alexander von Humboldt



C. Bran



Río andino. Foto: I. Mikolji

F. Trujillo



PRÓLOGO

Fronteras difusas

Está en boga el uso del concepto de “ecosistema estratégico” aplicado a la zonificación del territorio para excluir actividades humanas, que tiene el riesgo de cercenar las funciones sociales y ecológicas. Es como si hubiéramos regresado a los años setenta, cuando el imperativo ambiental único, se materializaba en declarar áreas de conservación, para la exclusión de una presencia humana siempre considerada como negativa. Por supuesto, la declaración y gestión de áreas protegidas, con filtros diferenciales para la actividad humana en sus fronteras, seguirá siendo prioridad de gestión ambiental. Pero se trata de porciones menores del territorio que tienen valores superiores de conservación, y que generan amplios beneficios más allá de sus fronteras. En pleno siglo XXI, las ciencias ambientales nos develan en forma de numerosas verdades incómodas, los procesos ecológicos en escalas superiores, muchas de las cuales quedarían cercenadas si no enfrentamos la gestión ecológica de la totalidad del territorio.

Los humedales aparecen como la más flagrante excepción a esta visión fragmentada. En el imaginario político parecería suficiente -como si viviéramos en la región

del Mediterráneo- la identificación, delimitación y gestión de conservación estricta, de unos pocos, dispersos y amenazados humedales. Nada más ajeno a la visión de un país en gran parte anfibio, con al menos dos decenas de millones de hectáreas de humedales. En este sentido, además del mapeo y caracterización de los humedales que adelanta el Instituto Humboldt financiado por el Fondo de Adaptación, son muy oportunos estudios complementarios, que presentan una señal de cautela frente al mismo proceso de delimitación. “Humedales interiores de Colombia: identificación, caracterización y establecimiento de límites según criterios biológicos y ecológicos”, es uno de ellos. Es el resultado de un análisis biológico y ecológico en los humedales interiores. ¿Hasta qué punto la delimitación de los humedales debe tener en cuenta los requerimientos de hábitat de las especies que los habitan? El trabajo demuestra que la biota acuática y anfibia es elemento clave en la identificación, caracterización y establecimiento de las fronteras difusas en las cuales se manifiestan con gran singularidad los procesos biológicos, ecológicos y sociales asociados con los humedales. Más allá de los modelos espaciales de ecosistemas, que ya sabemos no son solo “estratégicos”

PRÓLOGO

para proveer bienes y servicios, sino “estructurantes” para mantener la salud del territorio, a través de la flora y fauna, y sus habitantes, los humedales aparecen como sistemas complejos, abiertos, dinámicos e integrados, en donde los patrones ecológicos y la diversidad biológica son determinantes de su estructura, función y mantenimiento. Y no es solo la riqueza o diversidad de especies, que en ellos habitan. Se trata de la diversidad de las funciones ecológicas de las especies, que en su conjunto determinan la funcionalidad del sistema ecológico como un todo. Aparece así documentada la naturaleza misma de los humedales, en su profusión de formas y funciones, a través de las plantas acuáticas, algas y fitoplancton, zooplancton, macro invertebrados, peces, anfibios, serpientes, tortugas, crocodílidos, aves y mamíferos, que han evolucionado ante las condiciones físico-químicas del ambiente y de las comunidades en las que se encuentran inmersos.

Y los seres humanos, allí, interpretando, haciendo uso, transformando y cautelando, esta parte del territorio. Lo novedoso es que con estos estudios, ya no podemos considerar solo las plantas acuáticas como el único elemento diagnóstico de la naturaleza y carácter ecológico del humedal. Sería una simplificación burda, e inadecuada. En este sentido, se presenta un conjunto amplio de grupos biológicos, útiles y complementarios para este tipo de diagnósticos, y eventuales delimitaciones con fines de gestión ambiental. Es claro, que las cotas máximas de inundación, espacios en donde se prolongan así sean estacionalmente las condiciones de humedad, no pueden quedar por fuera de la gestión de los espacios de humedales. Al fin y al cabo, se trata de la gran frontera difusa, de la tierra anfibia gobernada por los pulsos de inundación, que debemos reconocer y manejar ecológicamente. ¡Y sin duda hay muchas especies, para argumentar esta interdependencia!

German I. Andrade

Subdirector de Investigaciones
Instituto de Investigación de Recursos
Biológicos Alexander von Humboldt
Profesor de gestión de ecosistemas,
Facultad de Administración,
Universidad de los Andes

RESUMEN EJECUTIVO

El documento “Humedales interiores de Colombia: identificación, caracterización y establecimiento de límites según criterios biológicos y ecológicos”, es uno de los insumos técnicos del proyecto con el Fondo Adaptación, resultado del análisis biológico y ecológico de los humedales interiores de Colombia con énfasis en la utilidad de la biota acuática como elemento clave para el proceso de identificación, caracterización y reconocimiento de los límites en los humedales. Fue elaborado por el Programa de Biología de la Conservación y Uso de la Biodiversidad del IAvH, con la contribución de 17 profesionales de nueve instituciones, y desarrolla a profundidad las reflexiones iniciadas en la Mesa de Trabajo: aspectos biológicos y ecológicos, del simposio: Construcción colectiva de criterios para la el establecimiento de límites de humedales: retos e implicaciones del país, llevado a cabo en la ciudad de Barranquilla entre el 18 y 20 de septiembre de 2013.

En el documento se asumen los principios generales de los ecosistemas acuáticos como sistemas complejos, abiertos, dinámicos e integrados, en donde los patrones ecológicos y la diversidad biológica son el resultado de un proceso biogeográfico, que a su vez es afectado por los procesos antrópicos.

Los ecosistemas de humedal son considerados unidades funcionales en donde es necesaria la conectividad longitudinal y lateral, que permite la conexión entre hábitats en función de la pendiente natural y altitud (cuenca aguas arriba y abajo), hacia los ecosistemas adyacentes terrestres (lateral) y dentro del cuerpo de agua (entre las zonas someras y profundas). Estas conexiones varían naturalmente en una escala temporal debido a los cambios climáticos (lluvia - sequía o aguas altas - bajas), que desencadena un comportamiento pulsátil necesario para mantener la riqueza biológica, los servicios ecosistémicos y las funciones ecológicas.

En este sentido, se analiza y examina la validez y utilidad de las especies y sus características en el proceso de identificación, caracterización y establecimiento de límites en los humedales interiores de Colombia. Se incluyen las plantas acuáticas, algas y fitoplancton, zooplancton, macroinvertebrados, peces, anfibios, serpientes, tortugas, crocodílidos, aves y mamíferos, vistos como elementos que han evolucionado ante las condiciones físico-químicas del ambiente y de las comunidades en las que se encuentran inmersos.



RESUMEN EJECUTIVO

La presencia de una biota particular u organismos asociados y adaptados al ambiente acuático o semiacuático (presencia permanente u estacional de acuerdo a su ciclo de vida), indica la existencia de un humedal. Hay microorganismos de los cinco reinos, Monera, Protista, Fungi, Plantae y Animalia, así como especies de mayor tamaño del Reino Vegetal y Animal característicos e indicadores del humedal. Aquellas especies (peces, plancton, algunos macroinvertebrados acuáticos, etc.), que cumplen todo su ciclo de vida dentro del agua (respiración branquial obligada), muestran claramente que estamos frente a un ambiente acuático, pero la constatación de su presencia e identificación requieren de aproximaciones metodológicas más detalladas que no necesariamente se pueden hacer al momento de identificar el humedal. Es por ello entonces, que el grupo biológico por excelencia y de más fácil aplicación para la detección de un humedal, es el de las plantas acuáticas. Su dominancia en estos ambientes, fácil visualización y su estrecha relación con la presencia de agua o humedad en el suelo, es el factor definitorio para la detección del humedal incluso en condiciones de afectación antrópica severa del mismo. Este criterio es de consenso y aceptación entre los especialistas en la materia a nivel mundial. Deben considerarse entonces tanto las plantas estrictamente acuáticas (hidrófitas), como las que se encuentran en ambos medios (anfíbias o helófitas), incluyendo las variaciones o fenotipos de una misma especie (ecofenos); hábitos (arraigadas emergentes, arraigadas flotantes, flotantes libres y sumergidas) y su grado de permanencia en el humedal: apenas unos días (efímeras), unos meses (temporales) o todo el año (permanentes).

Después de la **identificación** del humedal o complejo de humedales viene la **tipificación** (tipología). Para efectos de la aplicación de los criterios bioecológicos se recomienda al menos lo siguiente:

1. Ubicación biogeográfica (cuenca, subcuenca, microcuenca): Amazonas, Orinoco, Caribe, Magdalena-Cauca, Pacífico.
2. Interior o costero (agua dulce, salada, salobre).
3. Nombre autóctono.
4. Humedal natural, creado por el hombre (artificial) o muy intervenido (transformado o regulado).
5. Tipo de flujo: léntico *versus* lóxico (o ambos).
6. Permanencia del agua: humedal estacional y/o permanente.
7. Tipología de aguas: blancas, claras y negras. Solo aplica con total propiedad en algunas cuencas (Amazonas, Orinoco). Para las demás se requieren hacer ajustes.

Partiendo de una base cartográfica o sistema de información geográfica apropiada, entendiendo los aspectos hidrológicos, así como la geomorfología, edafología y geoquímica del humedal, el siguiente paso es la **caracterización** de la biodiversidad del humedal.

Existen múltiples enfoques metodológicos en la literatura para la caracterización de la biota acuática. Cada uno de ellos tienen diferentes objetivos y niveles de profundidad, pero su aplicación dependerá en gran medida del tiempo y los recursos disponibles. Lo ideal es caracterizar todos los grupos acuáticos y semiacuáticos en las diferentes hidrofases o épocas climáticas, dependiendo del humedal en cuestión: lluvias-sequía o aguas altas, bajada

de aguas, aguas bajas o estiaje y subida de aguas, pero esto no es siempre posible, por lo que se recomiendan evaluaciones biológicas rápidas de la biodiversidad en conjunto con el componente social (aspectos socio-ecosistémicos).

Si las condiciones lo permiten, lo ideal sería hacerlo en los cuatro hidroperiodos. Si esto no es posible, entonces habría que considerar las dos épocas más contrastantes (lluvias-sequía o aguas altas-bajas) para tener una panorámica global y finalmente por razones de efectividad (curvas de acumulación de especies), hacerlo solo en la época seca.

Los componentes de la biota a considerar son los siguientes:

1. Plantas acuáticas: obligatorio.

Incluye el inventario de especies (composición), hábitos (zonificación interna del humedal), ecofenos, grado de permanencia en el humedal y cobertura. No olvidar la caracterización de la Zona de Transición Acuático-Terrestre (ATTZ) y en especial de los bosques inundables.

2. Algas y fitoplancton: opcional.

Incluye el inventario de especies, tipos biológicos según sus estrategias de vida (planctónicas, perifíticas, meroplanctónicas, neustónicas, fagocíticas, osmotróficas, saprotroficas, criofílicas, alcalófilas, halófilas, etc.); biomasa, producción; productividad fitoplanctónica y determinaciones de clorofila (este último a escala de paisaje); frústulos, tecas, quistes y restos de pared celulósica cuando la presencia de agua no es evidente en humedales esporádicos e intermitentes.

3. Zooplancton: opcional.

Incluye el inventario de especies, grupos (protozoarios, cladóceros y copépodos); abundancia (densidad); análisis biogeográfico a escala regional (longitud, latitud, altitud y conectividad).

4. Macroinvertebrados acuáticos (insectos acuáticos, crustáceos, moluscos) y esponjas: obligatorio.

Incluye tipos según el hábitat (de agua superficial y freáticas) y estrategias de acuerdo a la temporalidad del hábitat (obligados, preferenciales y facultativos); el inventario de especies de los diferentes grupos: insectos acuáticos (especialmente Diptera, que incluye Simuliidae-Chironomidae; Coleoptera, Elmidae-Dytiscidae; Hemiptera, Corixidae-Notonectidae; Odonata; Trichoptera-Leptoceridae); crustáceos (camarones y cangrejos); moluscos (caracoles y bivalvos) y esponjas. También son útiles los exoesqueletos, restos quitinosos y cápsulas cefálicas (insectos), huevos y conchas de caracoles, restos de caparzones (cangrejos) y esponjas.

5. Peces: obligatorio.

Incluye el inventario de especies, ensamblajes en el gradiente altitudinal o lateral (beta diversidad); número de especies o riqueza (alfa diversidad); dinámica hidrológica y su influencia sobre la estructura de los ensamblajes; interacción entre la estacionalidad (climática), conexión hidrológica, área y volumen del cuerpo de agua.

6. Anfibios: obligatorio.

Incluye el inventario de especies, particularmente para las especies estrictamente acuáticas; estructura



F. Trujillo



F. Trujillo

RESUMEN EJECUTIVO

(abundancia, densidad y biomasa); función (dinámica trófica); atención especial a las fases acuáticas obligadas durante el ciclo de vida (renacuajos).

7. Serpientes: opcional.

Incluye el inventario de especies, particularmente para las especies estrictamente acuáticas; hábitos reproductivos y tróficos (independientes o no del medio acuático).

8. Tortugas y crocodílicos: obligatorio.

Incluye el inventario de especies; considerar los hábitos estrictamente acuáticos o semiacuáticos; estrategias reproductivas y tróficas; incluir tanto el cuerpo de agua como la ATTZ a efectos reproductivos (nidos) y de refugio (madrigueras, guaridas).

9. Aves: obligatorio.

Incluye el inventario de especies; considerar los hábitos estrictamente acuáticos o semiacuáticos; estrategias reproductivas (colonias reproductivas asentadas en humedales) y tróficas; migraciones (humedales como áreas de paso, descanso, refugio y alimentación).

10. Mamíferos: obligatorio (especies estrictamente acuáticas o semiacuáticas) y/o opcional (especies asociadas a humedales). Incluye el inventario de especies; considerar los hábitos estrictamente acuáticos (delfines, manatíes) o semiacuáticos (p. e. murciélagos, chigüiros, dantas, etc.) y especies asociadas a humedales (mustélidos, félicos, edentados, etc.); estrategias reproductivas. Al igual que para algunos reptiles es fundamental considerar toda la ATTZ para temas reproductivos (nidos), tróficos (áreas

de alimentación) y de refugio (madrigueras, refugios), con la particularidad de que en este caso los mamíferos usan extensiones de cientos o miles de kilómetros (corredores biológicos).

Para el **establecimiento de los límites** del humedal es necesario considerar la máxima amplitud del pulso de inundación de acuerdo a la definición de Junk *et al.* (1989). Otra forma de expresar lo mismo, tal como aparece en la literatura y el lenguaje que manejan los especialistas de diferentes ciencias, es lo que se denomina cota histórica de máxima inundación. Esta obviamente variará de un cuenca a otra y dependerá en gran medida del tipo o complejo de humedales, pero en cualquier caso debe contar con información hidrológica (niveles) y climática suficiente -series históricas de datos cuanto más completas o antiguas mejor-, antes de tomar una decisión. Como puede observarse este es un criterio netamente hidrológico.

Los grupos biológicos pueden aportar de diferente manera y utilidad al proceso de delimitar. Hay elementos de la historia de vida de las especies que apuntan hacia eso de manera directa (la presencia de individuos vivos que habitan el cuerpo de agua) e indirectos (restos de estos organismos, exoesqueletos, huevos, refugios, madrigueras y nidos, entre otros), en la zona de transición acuático-terrestre (ATTZ). Ahora bien, para la biota acuática es consenso global que las plantas acuáticas al evidenciar claramente esta ATTZ, permiten “marcar o trazar” el límite del humedal, siempre y cuando esta no haya sido removida por eventos antrópicos o naturales recientes de gran magnitud. En cualquier caso, este criterio es el de más fácil aplicación y entendimiento entre los diferentes grupos biológicos, pero no es

suficiente por si solo. No obstante, el establecimiento apropiado de límites de cualquier humedal, precisa además de otros grupos biológicos y de los criterios físicos: hidrológicos, geomorfológicos, edafológicos y geoquímicos. La combinación de todas estas aproximaciones junto con los aspectos socio-ecosistémicos garantizará un proceso adecuado para reconocer los límites de cualquier humedal.

La información analizada, da cuenta de la importancia de la biota acuática en el proceso de identificación, caracterización y establecimiento de límites en los humedales. También explica la función que tienen en los humedales los diferentes grupos biológicos y cómo estos contribuyen al intercambio de nutrientes, el control

de las poblaciones, el mantenimiento del equilibrio dinámico del ecosistema y la calidad del suelo, el agua y el aire. De esta manera, conservar la biodiversidad de los humedales permite a su vez, mantener las funciones ecológicas y los servicios vitales para el bienestar de las poblaciones humanas.

Se incluye información adicional sobre las generalidades de los ecosistemas acuáticos continentales; definiciones de humedal; aspectos generales de los humedales interiores de Colombia incluyendo las principales investigaciones, tipologías, propuestas de clasificación, integridad biótica, calidad del agua, amenazas y vulnerabilidad, brindando un contexto nacional sobre estos ecosistemas.



Laguna de Fuquene. Foto: F. Ochoa

M. A. Morales-B.



EXECUTIVE SUMMARY

The document “Inland wetlands of Colombia: identification, characterization and use of biological and ecological criteria to establish boundary limits” is one of the technical products of this partnership. It is the result of biological and ecological analyses of the inland wetlands of Colombia, with emphasis on the usefulness of aquatic biota as key elements in the process of identification, characterization and delimitation of the wetland’s boundaries. It was created by the “Programa de Biología de la Conservación y Uso de la Biodiversidad del IAvH”, with contributions of 17 professionals from nine institutions, and take into account the conclusions from the workgroup: Biological and Ecological Aspects of the Symposium “Collective construction of criteria to establish boundaries of inland wetlands: challenges and implication for the nation” that was held in the city of Barranquilla from 18 - 20 September, 2013.

In the report aquatic ecosystems are considered to be complex, open, dynamic, integrated systems in which ecological patterns and biological diversity are a result of biogeographic processes that at the same time are affected by human activities.

Wetland ecosystems are considered functional units in which longitudinal and lateral connectivity are required to facilitate the connection between upstream and downstream habitats along natural altitudinal gradients, with adjacent terrestrial ecosystems (lateral) as well as within the body of water (between shallow and deep water). These connections vary naturally on the temporal scale due to seasonal changes (rainy season vs. dry season or high water vs. low water levels), that trigger a pulsating rhythm necessary for maintenance of biological species richness, environmental services and ecological functions.

Under these assumptions an analysis and examination of the validity and utility of the species and their characteristics in the process of identification, characterization and boundary delimitation of interior wetlands of Colombia was undertaken. Aquatic plants, algae and phytoplankton, zooplankton, macroinvertebrates, fishes, amphibians, serpents, turtles, crocodylians, birds and mammals were included in the analyses, and seen as emergent that have evolved under the physical and chemical environmental conditions of their habitats and in conjunction with the communities in which they are immersed.

EXECUTIVE SUMMARY

The presence of a particular biota or organisms associated with and adapted to an aquatic or semiaquatic environment (whether permanent or seasonal in agreement with their life cycle) indicates the existence of a wetland. There are microorganisms of the five animal kingdoms, Monera, Protista, Fungi, Plantae and Animalia, as well as larger-sized species of the plant and animal kingdoms characteristic and indicative of wetlands. Those species that complete their entire life cycle in water (breathing only with gills) such as fish, plankton, and many aquatic macroinvertebrates show clearly that we are in an aquatic environment but the verification of their presence and identification requires special methodologies that may not be feasible at the time the wetland is discovered. And so, we find that aquatic plants are an excellent wetland indicator and are easily studied. Their dominance in these environments, easy observation and close correlation with the presence of standing water or humid soils is a defining factor for the initial detection of wetlands even when they are severely altered by human activities. This criterion is agreed upon and accepted by specialists throughout the world. And so, both strictly aquatic plants (hydrophytes), as well as semi-aquatics (amphibious or helophytes) must be taken into consideration, including phenotypic variations of the same species (ecophenotypes); growth form (rooted emergents, rooted floating, free floating and submerged) and the degree of permanence in the wetland must also be considered: some last just days (ephemerals), some for months (seasonal) or some all year round (permanent).

The next step after the **identification** of the wetland or wetland complex is the preliminary classification of the type

of wetland (**typology**). With regards to the biota and the application of bioecological criteria at least the following are recommended:

1. Biogeographic location (drainage, subdrainage, microdrainage): Amazonas, Orinoco, Caribbean, Magdalena-Cauca, Pacific.
2. Inland or coastal (fresh, brackish or sea water).
3. Local name.
4. Natural vs. artificially constructed wetland or very impacted by transformation or regulation.
5. Type of flow: lentic *versus* lotic (or both).
6. Permanence of water: seasonal or permanent.
7. Water type: white, clear or black. This criterion only applies in some basins such as the Amazon or Orinoco, for other adjustments are required.

Using adequate cartographic resources or a geographic information system to observe and understand hydrological aspects such as geomorphology, edaphology and geochemistry of the wetland, the next step is the **characterization** of the wetland.

There are many methodological focuses in the literature for the characterization of aquatic biota. Each has different objectives and complexities, but their application will depend in great measure on the time and resources available. Ideally, all aquatic and semiaquatic groups would be characterized during all hydro-phases or seasons, depending on the wetland under study: rainy season vs. dry, high vs. low water, but this is not always possible, and so rapid biological evaluations are recommended in conjunction with a study

of socioeconomic aspects. If conditions permit, the ideal characterization would include all four hydroperiods. If this is not possible, the two extremes should be studied to get a global panorama. If only one study is possible it is best to do this in the dry season, when sampling is more effective.

The component of the biota that should be characterized are:

1. **Aquatic plants:** obligatory. Include species inventory (composition), habit (internal zonation of the wetland), ecophenotypes, degree of permanence and cover. Characterization of the ATTZ should not be forgotten, especially in flooded forests.
2. **Algae and phytoplankton:** optional. Include species inventory, biological types according to life history strategy (planktonic, periphyton, meroplanktonic, neuston, phagocytes, osmotrophic, saprophytic, cryophilic, alcalinophilic, halophilic etc.), biomass, production, phytoplankton productivity and chlorophyll determination (on a landscape scale); frustules, thecae, cysts and cellulose wall debris when the presence of water is not evident in sporadic and intermittent wetlands.
3. **Zooplankton:** optional. Include species inventory, groups (protozoa, cladocera, copepoda etc.); abundance (density); biogeographic analysis on a regional scale (latitude, longitude, altitude and connectivity).
4. **Aquatic macroinvertebrates (insects, crustaceans, mollusks, sponges):** obligatory.

Include types by habitat (superficial vs. ground water) and life strategy depending on seasonality of habitat (obligate, preferential, facultative); species inventories of the different groups: aquatic insects (especially Diptera, including Simuliidae-Chironomidae; Coleoptera, Elmidae - Dytiscidae; Hemiptera, Corixidae-Notonectidae; Odonata; Trichoptera-Leptoceridae); crustaceans (shrimp and crabs); mollusks (snails and bivalves) and sponges. Also useful: exoskeletons, chitinous pieces, cephalic capsules, snail eggs and shells, crab carapaces and sponges.

5. **Fish:** obligatory. Include species inventory, assemblages along the altitudinal gradient (beta diversity); number of species or richness (alpha diversity); hydrological dynamics and its influence on assemblage structure; seasonal interactions (climate) hydrological connections, area and volume of the water body.
6. **Amphibians:** obligatory. Include species inventory, particularly the strictly aquatic species; structure (abundance, density and biomass); function (trophic dynamics); special attention should be given to the obligate aquatic phase during life cycle (tadpoles).
7. **Serpents.** Optional. Include species inventory, particularly aquatic species; trophic and reproductive habits (independent or not of the aquatic environment).
8. **Turtles y crocodilians.** Obligatory.



D. Morales-B.

EXECUTIVE SUMMARY

Include species inventory; consider strictly aquatic and semiaquatic habits; trophic and reproductive strategies; include the water body as well as ATTZ effects on nests and hiding places.

9. Birds. Obligatory.

Include species inventory; consider aquatic and semiaquatic habits; reproductive strategies (breeding colonies present in wetland); trophic habits; migratory species (wetlands used as resting or feeding areas for migrants).

10. Mammals. Obligatory (for aquatic and semiaquatic species); and/or optional (species associated with wetlands).

Include species inventory; consider strictly aquatic habits (dolphin, manatee) or semiaquatic (bats, capybara, tapir etc.) and presence, feeding and reproductive strategies of those species associated with wetlands (mustelids, felids, edentates, etc.). Just as with some reptiles it is fundamental to take into consideration the ATTZ for consideration of reproductive (nesting), trophic (feeding areas) and refuge (burrows, etc), keeping in mind that larger mammals can use large extensions as territories that cover hundreds of miles (biological corridors).

To **establish the boundaries** of a wetland it is necessary to consider the maximum amplitude of the flood pulse as defined by Junk *et al.* (1989). Another way of expressing this, as seen in many literature references, is the historical level of maximum flooding (maximum high water level). This obviously varies greatly among wetlands, but in any case, historical records of water

levels and long-term climate data series are needed to make an informed decision. It is basically a hydrological criterion.

Different biological groups are useful in different ways to inform about the boundaries of a wetland. Some life history aspects directly indicate this (such as the presence of live individuals present in the body of water) and other that do so indirectly (shells or skeletons, eggs, burrows or nests etc.) in the Aquatic-Terrestrial Transition Zone (ATTZ). A global consensus exists using aquatic plants as clear evidence of the ATTZ to permit tracing the boundaries of wetlands (so long as the aquatic plants have not been removed or impacted by human activities or unusual, recent natural events). Whatever the case, while this criterion is the easiest to apply and understand it is not sufficient on its own. Other biological groups and physical characteristics (hydrological, geomorphological, edaphological y geochemical) must also be taken into consideration to determine the limits of a wetland. The combination of all these elements along with the socioeconomic aspects will guarantee an acceptable process for recognizing the boundaries of any wetland.

The information analyzed reveals the importance of the aquatic biota in the process of identification, characterization and boundary recognition of wetlands. It also explains the role that wetlands play in the lives of different biological groups and how they contribute to the interchange of nutrients, control of populations, and maintenance of dynamic equilibrium of the ecosystem with respect to soil, water and air quality. The conservation of the biodiversity found in wetlands maintains the ecological function of vital services

they provide to support the well-being of human populations.

Additional general information about aquatic ecosystem is included as well as

wetland definitions, general aspects on Colombian inland wetlands, main research, typologies, classification proposals, biotic integrity, water quality, threats and vulnerabilities.



D. Morales-B.



Caño Negro (cuenca Orinoco). Foto: M. A. Morales-Betancourt



Manglares de Nariño. Foto: D. Cruz-Antia

D. Morales-B.



AUTORES Y AFILIACIONES

**BioHábitat A.C., Venezuela y
consultor independiente**

Anabel Rial B.
rialanabel@gmail.com

Fundación Omacha, Colombia

Fernando Trujillo
fernando@omacha.org

**Fundación Serpentario Nacional,
Colombia**

Oscar Daniel Medina Barrios
oscardaniel@serpientesdecolombia.org

**Instituto de Investigación de
Recursos Biológicos Alexander von
Humboldt**

Programa Gestión e Información del
Conocimiento

Andrés R. Acosta-Galvis
aacosta@humboldt.org.co

Programa de Biología de la Conservación
y Uso de la Biodiversidad

Carlos A. Lasso
classo@humboldt.org.co

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

Diana Morales-B.
dianamoralesb@yahoo.com

**Instituto Venezolano de
Investigaciones Científicas**
Centro de Ecología

J. Celsa Señaris
jsenaris@ivic.gob.ve

Universidad de Antioquia, Colombia
Grupo de Ictiología, Instituto de Biología

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

Instituto de Biología

Juan Luis Parra
juanl.parra@udea.edu.co

**Grupo de Investigación en Limnología
Básica y Experimental, Biología y
Taxonomía Marinas (LimnoBasE y
BioTaMar)**

John Jairo Ramírez Restrepo
johnra77@gmail.com

PARTICIPANTES Y AUTORES

**Universidad Jorge Tadeo Lozano,
Colombia**

Facultad de Ciencias Naturales e
Ingeniería
Departamento de Ciencias Biológicas y
Ambientales

Francisco de Paula Gutiérrez

francisco.gutierrez@utadeo.edu.co

Grupo de Investigación en Limnología

Magnolia Longo

magnoliac.longos@utadeo.edu.co

**Universidad Nacional de Colombia,
Sede Amazonia**

Instituto Amazónico de Investigaciones
Grupo de Investigación Limnología
Amazónica -Imani

Santiago R. Duque

srduquee@unal.edu.co

**Universidad Pedagógica y Tecnológica
de Colombia**

Escuela de Ciencias Biológicas
Unidad de Ecología en Sistemas Acuáticos
- UDESA

Nelson Javier Aranguren Riaño

nelson.aranguren@uptc.edu.co

C. Lasso



AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Directora del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Brigitte L. G. Baptiste, al Subdirector de Investigaciones, German Andrade y a la Coordinadora de Integración e Investigación Científica, Paola Avilán, por el apoyo brindado. De igual manera al Subdirector de Servicios Científicos y Proyectos Especiales, Jerónimo Rodríguez (2014) y a los integrantes la Unidad Ejecutora del componente de humedales en el marco del “Proyecto insumos para la delimitación de ecosistemas estratégicos: páramos y humedales”. Al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y al Fondo Adaptación, por su apoyo.

A los participantes de la Mesa Biológica del “Simposio-Taller de Expertos” Construcción Colectiva de Criterios para la Delimitación de Humedales: retos e implicaciones del país” (2013): Edwin Agudelo, Nelson Aranguren, Juan Felipe Blanco, Dalila Caicedo, Clara Caro, Karina Castellanos, Mireya Córdoba, Andrés Duque, Santiago Duque, Marlen González, Luis Carlos Gutiérrez, Rafael Hernández, Luz Fernanda Jiménez, Magnolia Longo, Fabio Lozano, Marcela Núñez, Rodolfo Ospina, Vivian Páez, Jaime Palacio, Ximena

Parsons, Enrique Peña, José Andrés Posada, Marcela Portocarrero, Mario Quijano, Jhon J. Ramírez, Juan Manuel Rengifo, Camilo Rincón, Liz Karen Ruiz, Fernando Trujillo, Saulo Usma, Jorge Velásquez, Orlando Vargas, Ricardo Venegas y Germán Galvis.

A los miembros del Comité del Proyecto Fondo Adaptación por sus observaciones y sugerencias al documento. A los colegas que aportaron con sus fotografías: Andrés Acosta, Nelson Aranguren, Ivan Mikolji, Marisol Beltrán, Carlos Bran, Daniel Cruz-Antia, Hernando García, Sandra Hernández, Mario Medina, Francisco Castro, Francisco Mijares, Gladys Reinoso, Enrique Martínez, Ligia Blanco, Rafael Martínez, Lina Mesa, Monica A. Morales-Betancourt, Jaime De La Ossa, Oscar M. Lasso-Alcalá, Marian Cabrera, Mario García, Magnolia Longo, Fredy A. Ochoa, Ignacio Palomo, Nicolás Poulet, Anabel Rial, Giancarlo Sánchez-Garcés, J. Celsa Señaris, Fernando Trujillo y Gonzalo Urrea.

Agradecemos también a los demás colegas del IAvH y a todos los que compartieron su conocimiento y colaboraron en el desarrollo de este trabajo.



1. INTRODUCCIÓN

Carlos A. Lasso, Francisco de Paula Gutiérrez, Diana Morales-B. y Juan Parra

Los humedales han sido parte de la evolución de las sociedades humanas en todo el mundo, dado que en ellos se encuentran los recursos vitales y ocurren procesos importantes para la supervivencia humana, desde la producción de alimento mediante la pesca, cultivos de arroz y frutos entre otros, hasta la producción de madera, captura de carbono, purificación del agua y la creación (hace millones de años) de reservas de combustible fósil (Mitsch y Gosselink 2000). Pese a que se han reconocido los múltiples beneficios de los humedales para la sociedad, estos siguen desapareciendo a un ritmo acelerado, dado en gran medida por algunas visiones profesionales (p. e. la salud e ingeniería), que consideran a estos ecosistemas como amenazas, direccionando políticas y sus acciones hacia la destrucción de los mismos. Varias de las especies acuáticas y asociadas a los humedales se encuentran en la actualidad amenazadas a nivel global por la sobreexplotación, contaminación del agua, modificación de los pulsos de inundación, destrucción o degradación de los hábitats y la invasión de especies de origen exótico (Springate-Baginski *et al.* 2009).

La alteración del hábitat ocurre principalmente por la modificación del flujo del agua (producto de reservas para el almacenamiento de agua o por la construcción de hidroeléctricas), así como por la transformación de áreas para la agricultura y la remoción de vegetación, que dan como resultado, un cambio en la escorrentía y el patrón de drenaje (Gutiérrez 2011). Por otro lado, la invasión de especies sean exóticas o trasplantadas, cambia el balance ecológico al alterar las dinámicas de depredación y competencia, lo que en la mayoría de los casos repercute también en la destrucción del hábitat (Gutiérrez 2006, Díaz-Espinosa 2012). Dada la elevada conectividad de los sistemas acuáticos, los impactos que desencadenan estos eventos se evidencian más rápidamente que en los ecosistemas terrestres (Springate-Baginski *et al.* 2009).

Las acciones antrópicas sobre los humedales tienen efectos negativos tanto en las especies silvestres, como en las mismas comunidades humanas, ya que se ven afectados los servicios ecosistémicos de los cuales se benefician (Chapin *et al.*

INTRODUCCIÓN

2009, Ideam 2012, Garzón y Gutiérrez 2013). La no consideración e inclusión de los humedales en las decisiones políticas, económicas y de desarrollo, es la principal causa que ha llevado a la degradación de estos ecosistemas (Figura 1) (Springate-Baginski *et al.* 2009).

Su manejo requiere de un entendimiento interdisciplinario que incluye diversos temas del contexto físico, a nivel de ecosistemas, de especies y aquellos relacionados con los servicios ecosistémicos, los modos de vida local, la política, gobernanza, instituciones y los mercados que afectan el ecosistema (Springate-Baginski *et al.* 2009).

El concepto de ecosistema es fundamental para el manejo y planificación del

territorio, y es el eje articulador de la dinámica natural y social, ya que varía en función de gradientes complejos en el espacio y tiempo, y responde a las actividades humanas (Vitousek *et al.* 1977, Chapin *et al.* 2000, Ideam 2012). Por ello, el enfoque ecosistémico ha sido adoptado en diversos documentos orientadores como el Convenio sobre la Diversidad Biológica - CDB (Organización de las Naciones Unidas - ONU, 1992) y el *Millenium Ecosystems Assessment* -MEA (2005).

En el CDB, el enfoque ecosistémico se utiliza como marco principal de referencia para las actividades del convenio, lo que permite la gestión integral del territorio al incluir aspectos sociales, económicos, ecológicos y culturales (Secretaría del Convenio

sobre Diversidad Biológica 2004). Por su parte, la iniciativa de *Millenium Ecosystems Assessment* (World Resources Institute -WRI 2003, MEA 2005), hace énfasis en los bienes y servicios actuales y futuros, que son necesarios para el ser humano. Adicionalmente, muestra alertas sobre las consecuencias de las decisiones humanas. Estos dos enfoques ejemplifican como la planificación debe ser pensada tanto para la conservación de las especies nativas y sus ecosistemas, como para mantener los modos de vida de la comunidades humanas locales (Springate-Baginski *et al.* 2009).

En 2010 en la COP 10 del CDB se concluyó: “se observa con preocupación que las presiones cada vez más aceleradas de los impulsores de cambio en los ecosistemas de aguas continentales (...), el ritmo constante y cada vez mayor de pérdida general de diversidad biológica de los ecosistemas de aguas continentales y servicios críticos de ecosistemas conexos ya están generando importantes costos sociales, económicos y ambientales, que se proyecta aumentarán vertiginosamente. Estos servicios incluyen el abastecimiento de agua y la mitigación de fenómenos hidrológicos extremos; a su vez, expresa su preocupación por los enormes cambios antropogénicos que se están dando en el ciclo hidrológico de la Tierra a escala mundial, regional y local, provocados por el uso directo del agua y el cambio del uso de la tierra. El hecho de que en muchas regiones ya se han alcanzado o sobrepasado los límites de sostenibilidad de los recursos de las aguas superficiales y las aguas subterráneas, que la demanda de agua sigue aumentando, que estas tendencias se están haciendo más pronunciadas en algunas zonas como consecuencia del cambio climático y que las tensiones sobre la diversidad biológica relacionadas con el agua y los servicios de los ecosistemas aumentan a un ritmo vertiginoso, [por lo que solicita a los países parte, hacer] hincapié en el hecho

de que las sociedades humanas dependen de numerosos servicios proporcionados por los ecosistemas de aguas continentales y que la diversidad biológica apunala dichos servicios de los ecosistemas” (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica- CDB 2010, p. 1-2).

Así mismo, el MEA (2005), concluyó que a largo plazo serán tres los problemas principales relacionados con la gestión de los ecosistemas a nivel mundial y que afectarán de manera importante a las personas y disminuirán de manera significativa los beneficios que se obtienen de los ecosistemas. A continuación se describen cada una de ellos.

“En primer lugar, los servicios de los ecosistemas examinados aproximadamente el 60% (15 de 24) se están degradando o se usan de manera no sostenible, con inclusión del agua dulce, la pesca de captura, la purificación del aire y del agua, la regulación del clima regional y local, los riesgos naturales y las plagas. Los costos totales de la pérdida y la degradación de estos servicios de los ecosistemas son difíciles de medir, pero los datos disponibles demuestran que son considerables y que van en aumento. Muchos servicios de los ecosistemas se han degradado como consecuencia de actuaciones llevadas a cabo para aumentar el suministro de otros servicios, como los alimentos. Estas elecciones y arreglos suelen desplazar los costos de la degradación de un grupo de personas a otro, o traspasan los costos a las generaciones futuras” (MEA 2005, p. 5).

“En segundo lugar, se ha establecido, y aunque los datos son incompletos, los cambios que se han hecho en los ecosistemas están aumentando la probabilidad de cambios no lineales en los mismos (incluidos cambios acelerados, abruptos y potencialmente irreversibles), que tienen consecuencias importantes para el bienestar humano. Algunos ejemplos de estos



M. A. Morales-B.



Figura 1. Los espejos de agua han ido desapareciendo dado los aportes excesivos de sedimento y nutrientes que han generado crecimiento anormal de plantas acuáticas (Lorica, Córdoba, Vertiente Caribe). Foto: D. Morales-B.

INTRODUCCIÓN



M. A. Morales-B.

cambios son la aparición de enfermedades, las alteraciones bruscas de la calidad del agua, la creación de “zonas muertas” en las aguas costeras, el colapso de las pesquerías y los cambios en los climas regionales” (MEA 2005, p. 5).

“En tercer lugar, la degradación de los servicios de los ecosistemas (es decir la merma persistente de la capacidad de un ecosistema de brindar servicios) está contribuyendo al aumento de las desigualdades y disparidades entre los grupos de personas, lo que, en ocasiones, es el principal factor causante de la pobreza y del conflicto social. Esto no significa que los cambios en los ecosistemas, como el aumento de la producción de alimentos, no han contribuido también a que muchas personas salgan de la pobreza o del hambre, pero esos cambios han perjudicado a muchos otros individuos y comunidades, cuya apremiante situación muchas veces se ha pasado por alto” (MEA 2005, p. 5).

En Colombia, el manejo de los humedales interiores se direcciona a partir de la Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia (Ministerio de Medio Ambiente –MMA 2002), en donde se establece un diagnóstico general, principios y objetivos, estrategias, líneas programáticas, metas, acciones, instrumentos para su implementación, estrategia financiera y visión sobre su implementación a 2014. Sin embargo, pese a que hemos llegado coincidentemente al 2014 y varias corporaciones autónomas regionales y de desarrollo sostenible formularon planes para el manejo de estos ecosistemas, no se evidencia en términos generales, impactos positivos sobre las condiciones de los humedales.

En el 2002, el Ministerio del Medio Ambiente (2002) determinó que en Colombia existían más de 20 millones de hectáreas de humedales y hoy día, doce años

después, aún no existe un mapa oficial de humedales para Colombia a pesar de la mayor disponibilidad de información. No obstante, en la actualidad y en el marco de este proyecto con el Fondo de Adaptación y MADS, se están haciendo esfuerzos muy importantes a este respecto.

En el territorio colombiano el deterioro de algunos de estos ecosistemas no permite una adaptación eficaz al cambio climático. Las sequías extremas registradas en el fenómeno del Niño (2009-primer trimestre 2010), generaron un déficit de lluvias de hasta el 80% y un incremento de temperatura de 3 °C (Corporinoquia 2014). Nuevamente, en el primer periodo del 2014, se registraron altas temperaturas en la zona norte y oriente del país, así como lluvias que no alcanzaron los niveles habituales en el occidente, generando problemas en la producción agropecuaria y en el abastecimiento de agua en varios municipios (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS 2014). Hacia finales de año, se espera que el fenómeno de El Niño se comience a sentir en diferentes partes del país (Ideam 2014).

Estas sequías, repercuten en altos costos por la falta de disponibilidad de agua, pérdida de cosechas, reducción en la producción, así como los subsidios y problemas de salud por la baja calidad del agua disponible. De igual forma, el Fenómeno de La Niña (2010-2011) provocó lluvias, inundaciones, avalanchas, deslizamientos y vendavales, lo que también generó impactos importantes en el agro por la pérdida de cosechas y la caída del precio en la leche, además de pérdidas humanas y personas damnificadas (Departamento Nacional de Planeación –DNP 2013).

Todo esto evidencia la necesidad de una apropiación por parte del Estado, de

reconocer la importancia de los humedales interiores y tomar medidas para determinar su distribución geográfica, extensión, funciones y dependencia de las comunidades, tal que permita gestionar estrategias y acciones que eviten su deterioro y aporte directrices para su manejo basado en sus características funcionales con una visión ecosistémica.

Sin duda, no es una tarea fácil. La sola revisión de definiciones sobre humedales muestra la enorme diversidad de aproximaciones que hay para estudiar y gestionar dichos ecosistemas. Como sucede con muchos otros conceptos (ver Sites y Marshall 2004), la manera práctica de aplicar el concepto de humedal, presenta un abanico de estrategias que van desde enfatizar la opinión de especialistas, hasta el uso de escenarios y modelos basados en datos de campo, los cuales no siempre están disponibles (Berkowitz 2011).

La aplicación de diferentes criterios para definir los humedales puede traer distintas consecuencias, tanto para su protección, como para el mantenimiento de los servicios que brindan. Por lo tanto, es de suma importancia considerar de manera detallada cada uno de los posibles criterios a utilizar y elegir aquellos que permitan implementar una definición amplia pero adecuada. El uso de criterios biológicos y ecológicos para identificar humedales, se ha basado casi que exclusivamente en la descripción de las comunidades de plantas acuáticas, pese a que otros grupos pueden aportar a su identificación, caracterización e incluso el establecimiento de los límites.

Entendiendo y respondiendo a lo anterior, y gracias a la gestión del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), se

firmó el Convenio No. 005 de 2013 entre el Fondo Adaptación y el Instituto Alexander von Humboldt (IAvH), con el fin de elaborar insumos técnicos y recomendaciones para el establecimiento de límites de ecosistemas estratégicos (páramos y humedales), en el marco de las actividades del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt en los convenios interadministrativos, con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (018 12-092) y con el Fondo Adaptación (005 13-014).

Así, en el 2014 se publicó el documento sobre la memoria de construcción colectiva de criterios para la delimitación de humedales (Cortés-Duque y Rodríguez 2014) y “Principios y criterios para la delimitación de humedales continentales”, una herramienta para fortalecer la resiliencia y la adaptación al cambio climático en Colombia (Vilardi *et al.* 2014).

Con el referente anterior este trabajo tiene como fin, brindar un marco para la aplicación de los criterios biológicos y ecológicos para la identificación, caracterización y el establecimiento de límites de estos ecosistemas. Busca además determinar y socializar la información base con la que se pueda desarrollar y ahondar sobre las condiciones actuales y el funcionamiento de los ecosistemas y la biodiversidad a diferentes escalas espacio-temporales, donde los procesos y las funciones ecológicas que allí ocurren, se constituyen en un referente para la gestión integral a mediano y largo plazo.

Este documento está estructurado en ocho secciones que pueden agruparse en tres grandes temas: breve revisión contextual, criterios y consideraciones para su aplicación. Las ocho secciones corresponden

INTRODUCCIÓN

a: 1) Los ecosistemas acuáticos continentales: generalidades; donde se explica los principios ecosistémicos desde la ecología y las características fundamentales de estos ecosistemas, incluyendo la dimensión longitudinal, horizontal, vertical y temporal. 2) Humedales: identificación y definiciones. Se revisa a manera de ejemplo las experiencias de Francia, México, Estados Unidos y Venezuela, para evidenciar la variedad de aproximaciones. 3) Humedales interiores de Colombia. Permite mostrar los principales aportes que se han efectuado en relación al estudio y manejo de los humedales interiores en el país. 4) Uso de la biota. Este capítulo es el eje o núcleo central del documento, basado en un enfoque biogeográfico, biológico y ecológico. Así, especialistas en los diferentes grupos biológicos (plantas acuáticas, algas y fitoplancton, zooplancton, peces, anfibios, serpientes, tortugas, crocodílidos, aves y mamíferos), analizan los elementos que permiten incluir la biota acuática dentro de los criterios de identificación, caracterización y definición de límites de los humedales interiores. 5) Integridad biótica: una visión desde la calidad de agua. Se discuten consideraciones fundamentales que deben tenerse en cuenta para abordar la diversidad biológica de los humedales y la calidad del recurso hídrico tanto para la biota, como para las poblaciones humanas. 6) Amenazas y vulnerabilidad. Se presenta un breve recuento sobre las principales amenazas que enfrentan las especies de los humedales y sus usos. Por último, se hace una síntesis de las principales conclusiones y recomendaciones.

Bibliografía

- Berkowitz, J. F. 2011. Recent advances in wetland delineation: Implications and impact of regionalization. *Wetlands* 31: 593-601.
- Chapin F. S., S. R. Carpenter, G. P. Kofinas, C. Folke, N. Abel, W. C. Clark, P. Olsson, D. M. Stafford, B. Walker, O. R. Young, F. Berkes, R. Biggs, J. M. Grove, R. L. Naylor, E. Pinkerton, W. Steffen y F. J. Swanson. 2009. Ecosystem stewardship: sustainability strategies for a rapidly changing planet. *Trends in Ecology and Evolution* 25 (4): 241-249.
- Chapin F. S., E. S. Zavaleta, V. T. Eviner, R. L. Naylor P. M. Vitousek, H. L. Reynolds, D. U. Hooper, S. Lavorel, O. E. Sala, S. E. Hobbie, M. C. Mack y S. Díaz. 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature* 405: 234-242.
- Corporinoquia. 2014. Memorias del taller Condiciones actuales y la probable ocurrencia del fenómeno de El Niño 2014-2015, Ideam. Yopal. 6 pp.
- Cortés-Duque. J. y J. Rodríguez (Comp.). 2014. Memorias simposio taller de expertos. Construcción colectiva de criterios para la delimitación de humedales: retos e implicaciones para el país. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. Colombia. 137 pp.
- Díaz- Espinosa A. M., Díaz-Triana, J. E. y O. Vargas (Eds.) 2012. Catálogo de plantas invasoras de los humedales de Bogotá. Grupo de restauración ecológica de la Universidad Nacional de Colombia y Secretaría de Ambiente. Bogotá. 248 pp.
- Departamento Nacional de Planeación – DNP. 2013. Documento consejo nacional de política económica y social – Conpes 3776. Declaratoria de importancia estratégica del proyecto construcción y reconstrucción de las zonas afectadas por la ola invernal – Decreto 4580 de 2010 nacional. 26 pp.
- Garzón, N. V. y J. C. Gutiérrez 2013. Detrioro de humedales en el Magdalena Medio: un llamado para su conservación. Fundación Alma e Instituto de Investigación Alexander von Humboldt. Bogotá. 145 pp.
- Gutiérrez, F. de P. 2006. Estado de conocimiento de las especies invasoras. Propuesta de lineamientos para el control de los impactos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 156 pp.
- Gutiérrez, F. de P. 2011. Diagnóstico de la pesquería en las cuencas del Sinú y San Jorge. Pp. 75 – 100. En: Lasso, C. A., F. de P. Gutiérrez, M. A. Morales-Betancourt, E. Agudelo-Córdoba, H. Ramírez-Gil y R. E. Ajiaco (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 los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia - Ideam. 2014. Boletín informativo sobre el monitoreo de los fenómenos de variabilidad climática “El Niño” y “La Niña”. Boletín No. 67. 5 pp.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia -Ideam. 2012. Informe final producto: metodología consolidada para la elaboración del mapa de ecosistemas. Convenio interadministrativo de asociación No. 015 (MADS) y 011 (IDEAM), de 2012. 87 pp.
- Maxa, M. y Bolstad, P. 2009. Mapping northern wetlands with high resolution satellite images and LiDAR. *Wetlands* 29: 248-260.
- Millennium Ecosystems Assessment -MEA. 2005. Ecosystems and human wellbeing: Wetlands and water synthesis. World Resources Institute, Washington, DC. Disponible en: www.millenniumassessment.org/documents/document.358.aspx.pdf.
- Ministerio del Medio Ambiente - MMA. 2002. Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia. Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá D.C. 67 pp.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS. 2014. Alertas tempranas Ideam, 22 de enero de 2014. Disponible en: www.minambiente.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=1384&conID=9106.
- Mitsch W. J. y J. G. Gosselink. 2000. *Wetlands* (Tercera edición). John Wiley & Sons, Inc., New York. 722 pp.
- Organización de las Naciones Unidas - ONU. 1992. Convenio sobre la Diversidad Biológica –CDB. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Río de Janeiro. 30 pp.
- Sites, J. W. y Marshall, J. C. 2004. Operational criteria for delimiting species. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 35: 199-227.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica –CDB. 2004. Enfoque por ecosistemas. Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, Montreal. 50 pp.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica –CDB. 2010. X/28. Diversidad biológica de las aguas continentales. Conferencia de las partes en el convenio sobre la diversidad biológica, décima reunión, Nagoya, Japón, 18-29 octubre 2010. Disponible en: <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-10/cop-10-dec-28-es.doc>.
- Springate-Baginski, O., D. Allen y W. Darwall (Eds.). 2009. An integrated wetland assesment kit. UICN, Gland. 144 pp.
- Vilardi, S. P., V. Jaramillo, G. Florez, J. Cortés-Duque, L. Estupiñán, J. Rodríguez, O. Acevedo, W. Samacá, A. Santos, S. Peláez y C. Aponte 2014. Principios y criterios para la delimitación de humedales continentales: una herramienta para fortalecer la resiliencia y la adaptación al cambio climático en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C. 100 pp.
- Vitousek M., H. A. Mooney, J. Lubchenco y J. M. Melillo. 1977. Human domination of earth's ecosystems. *Science* 277: 494-499.
- World Resources Institute - WRI. 2003. *World Resources 2002-2004: Decisions for the Earth: Balance, Voice and Power*. WRI, Washington, D.C. 315 pp.



M. A. Morales-B.



Parque Natural Chingaza. Foto: M. Cabrera

F. A. Ochoa F.



2. ECOSISTEMAS ACUÁTICOS CONTINENTALES: GENERALIDADES

Francisco de Paula Gutiérrez, Diana Morales-B. y Carlos A. Lasso

La definición de ecosistema fue propuesta por Tansley (1935), como un sistema integrado compuesto por la interacción de factores bióticos y abióticos con flujos de energía (Odum 1972) y nutrientes (Bormann y Linkens 1967, Pianka 2011). Esta definición surge con Clements en 1916, desde el análisis de los complejos de organismos interactuantes en una región -denominados biomasa-, la integración de estos con los factores físicos -denominado ambiente del bioma- y finalmente, por la interrelación del sistema físico y el sistema biológico en una misma dimensión (Tansley 1935), lo que genera propiedades emergentes (Bertalanffy 1950, Jørgensen 2009a). Esta particularidad hace que el universo complejo del sistema objeto de estudio, no pueda ser conocido de forma completa. La incertidumbre es parte inherente de los mismos ya que su ajuste y los cambios constantes producen efectos estocásticos que afectan nuevamente a los organismos y elementos del sistema (Farina 2010). Con el desarrollo de nuevas teorías ecológicas y los nuevos retos de la investigación, el concepto se ha modificado, explicando cómo es su funcionamiento, las interacciones (modelos ener-

géticos, modelos de biodiversidad, modelos ecológico-económicos, etc.) y cómo los diferentes niveles de la sociedad (político, científico, popular, etc.), usan este concepto de acuerdo a sus necesidades e intereses (Pickett y Caldenasso 2002).

Para el objeto del presente documento adoptamos la definición de ecosistemas del Convenio de Diversidad Biológica (1992): “un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y microorganismos en su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional” (Artículo 2). Bajo esta definición y para efectos prácticos, se consideraran los siguientes principios generales:

- La biodiversidad es la base de organización de los ecosistemas y por ende este es el fundamento para organizar los territorios y crear escenarios futuros ante el cambio global (Jørgensen 2009a).
- Los ecosistemas son sistemas complejos y abiertos, integrados en un entorno del cual reciben la energía que la transfieren a otros compartimentos (Jørgensen 2009b).

ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

- Los ecosistemas son dinámicos y esta dinámica se relaciona con un incremento de la estructura física (biomasa) o un incremento de la red de interacciones (crecimiento y perturbaciones) (Jørgensen 2009b).
- Los ecosistemas están interconectados y son redes complejas de interacción entre poblaciones (Jørgensen 2009b).
- Los ecosistemas no son unidades ajenas a la biota sino que por el contrario, la biota y los ecosistemas interactúan y generan información, en algunas ocasiones objeto de representación cartográfica.
- Un ecosistema es representado por grupos de comunidades biológicas que se encuentran en ambientes físicos similares y son influenciados por los mismos procesos ecológicos.
- Los patrones ecológicos y la diversidad responden en gran medida a la variabilidad natural del territorio, representada por gradientes climáticos, geológicos, hídricos, etc.
- Las actividades humanas inciden en las respuestas de los ecosistemas ante factores de cambio (Josse *et al.* 2003).

Partiendo de lo anterior, se puede abordar el tema más específico de los ecosistemas acuáticos continentales o ecosistemas de agua dulce, como unidades ecológicas funcionales asociadas al agua que intercambian materia (nutrientes), energía e información. Incluyen una gran variedad de ambientes con una dinámica espacial y temporal particular o propia de cada unidad (Thieme *et al.* 2007).

Se podría conceptualizar de manera integral, considerando los paisajes dominantes determinados por los informes nacionales (Ideam 2007), que existen cuatro tipos de ecosistemas acuáticos continentales

en Colombia, en el marco de la estructura ecológica principal -EEP¹. Estos son:

- Ríos
- Lagos y humedales de montaña
- Planicies de inundación o complejos cenagosos (humedales pulsátiles)
- Embalses y distritos de riego

Dimensiones

Los sistemas ecológicos de agua dulce tanto lóticos como lénticos, se diferencian fundamentalmente de los ecosistemas terrestres por su alta variabilidad en forma, por la naturaleza de su dinámica interna y por los cambios frecuentes que experimentan, tanto a escala espacial como temporal (p. e. cambios en el cauce del río y cambios en patrones estacionales del régimen de caudal). La dinámica interna de interacción de los componentes de estos sistemas se manifiesta en cuatro dimensiones: longitudinal, lateral, vertical y temporal (Téllez *et al.* 2012).

Dimensión longitudinal

La dimensión longitudinal del sistema hace referencia en el contexto geográfico, a la transición de hábitats que se establecen en función de la altura y pendiente natural, desde el nacimiento del río hasta su desembocadura. A lo largo del gradiente existen cambios en las variables abióticas con repercusiones bióticas, se forman diferentes tipos de hábitats físicos para las especies, los cuales son producto de procesos físicos como el transporte de sedimentos, escorrentía y patrones del régimen hidrológico (Smith y Smith 2001) (Figura 1).

¹ La EEP son los ecosistemas (o conjunto de ellos), que garantizan la integridad de la biodiversidad y aseguran la provisión de servicios ambientales para satisfacer las necesidades de las personas (van der Hammen y Andrade 2003).

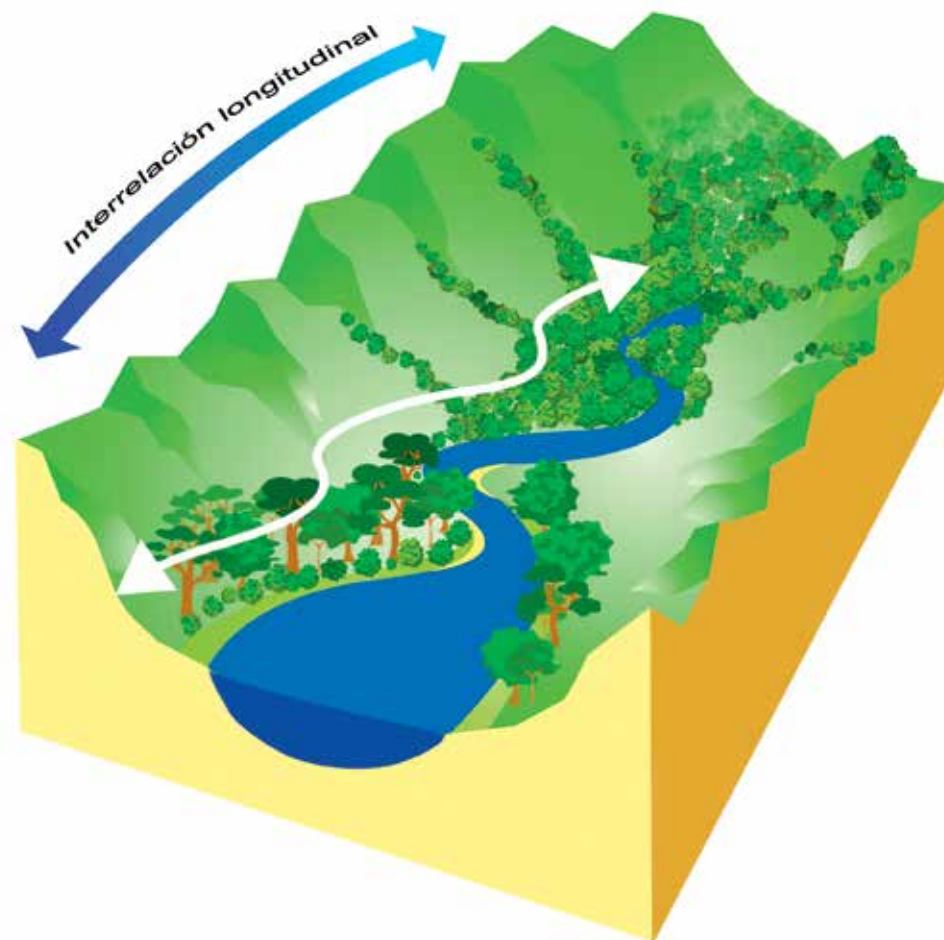


Figura 1. Dimensión longitudinal. Expresa los cambios abióticos y bióticos en el gradiente altitudinal y/o longitudinal del sistema. Fuente: Fredy A. Ochoa F., adaptado de Téllez *et al.* (2012).

Dimensión lateral

Explica los movimientos de organismos desde el cauce principal hacia los ecosistemas terrestres adyacentes (bosques riparios y bosque inundables, meandros, ciénagas, lagunas, etc.), en los que ocurre un intercambio de nutrientes y otros materia-

les. Esta dinámica responde al régimen del caudal y está influenciada por diferentes factores físicos como la morfología del cauce de un río o bióticos como el desarrollo de vegetación riparia que estimula y permite el movimiento (Ward 1989, Téllez *et al.* 2012) (Figura 2).



F. A. Ochoa F.

ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

Dimensión vertical

En esta se establece una zonación del sistema por los cambios abióticos que hay en una columna de agua o entre las áreas someras y profundas, lo que genera el establecimiento de comunidades diferenciadas, que interactúan entre sí de manera directa o indirecta a través de la cadena trófica y los ciclos biogeoquímicos (Smith y Smith 2001).

Dimensión temporal

Denota cambios en diferentes periodos de las dimensiones anteriores y por ende de las características del ecosistema. Hace

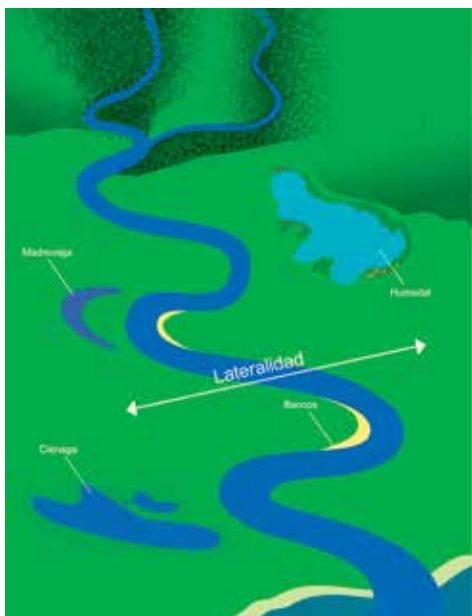


Figura 2. Dimensión lateral. Explica la conexión del cauce y los cuerpos de agua con sus ecosistemas adyacentes, tanto terrestres como acuáticos. Fuente: Fredy A. Ochoa. F. (elaboración propia).

referencia tanto a los cambios en el caudal como a la temperatura y ciclos de vida, entre otros (Ward 1989) (Figura 3).

Estos tipos de ecosistemas están íntimamente ligados a los pulsos de los flujos del agua (pulso de inundación), entendidos como las variaciones naturales causadas por la inundación y el periodo sin o con menos lluvia, asociadas a dinámicas o por la estacionalidad pluviométrica que define el ciclo hidrológico de los ríos. Este comportamiento pulsátil predecible o impredecible, genera heterogeneidad ecológica, que puede reflejarse en la riqueza biológica y de servicios ecológicos y ambientales (Welcomme 1979, 1985, Vanotte *et al.* 1980, Sioli 1984, Junk 1997, 2000, Junk *et al.* 1989, Junk y Wantzen 2004). En el tramo de la llanura aluvial de muchos ríos de Suramérica, el concepto de pulso de inundación de Junk *et al.* (1989), permite explicar las fuerzas que producen los cambios limnológicos y biológicos más importantes, entre ellas las variaciones del nivel de las aguas que conectan y separan los ríos de sus lagos, lagunas, ciénagas, etc., de la llanura aluvial e inciden en la estructura de la zona transicional.

Clasificación, efectos latitudinales y jerarquías hidrográficas

Para efectos prácticos de su estudio, los ecosistemas acuáticos son divididos frecuentemente en lénticos o lacustres (confinados en cubeta) y lóticos o fluviales (que fluyen a lo largo de un cauce) (Margalef 1983).

En los sistemas lóticos (aguas corrientes), existen características físicas y químicas particulares de la región tropical. Entre ellas destaca la latitud, ya que existe una alta precipitación debido a la circulación Hadley, especialmente en el área de la Zona de Convergencia Intertropical - ZCI, lo que

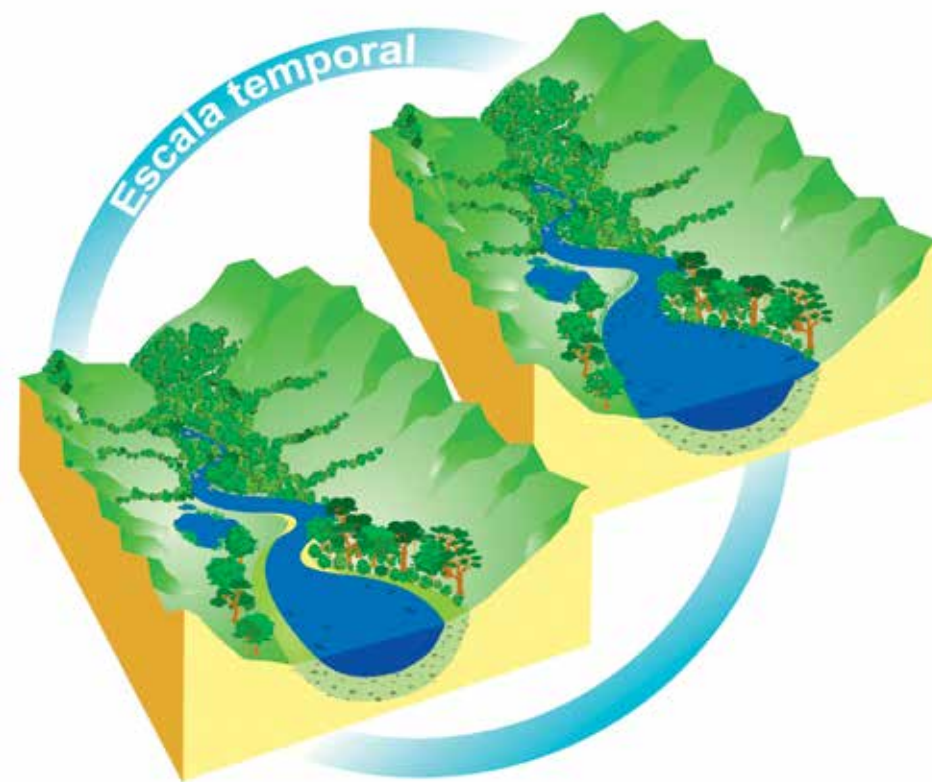


Figura 3. Dimensión temporal. Se refiere a los cambios en la dimensión longitudinal, lateral y vertical, que ocurren por la modificación periódica (temporal) de la temperatura, precipitación y los ciclos de vida de los organismos. Fuente: Fredy A. Ochoa F. (elaboración propia).

genera dos periodos de precipitación que representan el 60% de la escorrentía. Se produce entonces, una temporalidad en la precipitación que tipifica los ríos y arroyos de dicha región, con cambios en las descargas intra-anales y una temporalidad bien definida que cambia la profundidad y velocidad de la corriente, en conjunto con la temperatura, química del agua y tasas metabólicas. La temporalidad de la pre-

cipitación se ve afectada en el área de influencia de la costa Pacífica de Suramérica por el fenómeno ENSO (El Niño *Southern Oscillation*), debido a la presión alta que se mantiene en el este del Océano Pacífico. Esto genera un calentamiento inusual en la corriente marina en el oeste del Pacífico y condiciones secas en el continente. Por el contrario, durante La Niña la corriente se enfría y en el continente se incrementan



F. A. Ochoa F.

ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

las precipitaciones, creando inundaciones en algunos lugares. El efecto de la altitud sobre el aire y los cuerpos de agua es considerable, ya que existe una relación inversa entre la altitud y la temperatura del aire y por ende del agua, que en el caso de los ambientes lóticos de menor tamaño y mayor elevación, tiene efecto más marcado en el metabolismo y la capacidad del agua de contener el oxígeno disuelto. De esta manera los cuerpos de agua presentan generalmente alta demanda de oxígeno (Dudgeon 2008).

En los ecosistemas acuáticos continentales los atributos ecológicos que determinan la

resiliencia y condicionan su integridad son: régimen hidrológico, conectividad longitudinal o gradiente de continuidad aguas arriba y aguas abajo y continuidad lateral, morfología del cauce, composición y estructura biótica, interacciones (entre especies y elementos y las relaciones funcionales entre especies) y por último, régimen químico del agua (Téllez *et al.* 2012).

Lo anterior evidencia que este tipo de ecosistemas no se limitan al cuerpo de agua superficial, sino que lo conforman igualmente, los sistemas subterráneos y terrestres de toda la cuenca y las poblaciones humanas presentes en ella. En la medida que las

características y los componentes físicos, químicos y biológicos cambien, lo hacen de manera consecuente los procesos y los servicios ecosistémicos y humanos, tal como se plantea en los conceptos ecohidrológicos modernos (Rodríguez-Iturbe 2000).

Por ello, los ecosistemas acuáticos deben ser representados en una escala que no puede ser inferior a la de cuenca (Ideam 2010). Así, se establece una red de drenaje donde la topografía crea cauces que se van uniendo, en relación al río principal (Roldán y Ramírez 2008). En este sistema, los órdenes de drenaje reflejan el grado de ramificación o bifurcación dentro de una red y pueden determinarse mediante los criterios expuestos por varios autores. Una propuesta ampliamente utilizada es la de Horton (1945), que consiste en atribuirle un número de orden a los cauces, permitiendo analizar así, los impactos acumulativos en cada cuenca.

En esta clasificación jerárquica se reconocen las siguientes corrientes (Figura 4):

- Corrientes de primer orden: pequeños cursos o cauces que no tienen tributarios.
- Corrientes de segundo orden: cuando dos corrientes de primer orden se unen.
- Corrientes de tercer orden: cuando dos corrientes de segundo orden se unen.

Las cuencas al ser unidades jerárquicas anidadas en escala, representan un complejo que agrupa a los ecosistemas acuáticos conectados hidrológicamente por los planos de drenaje y por lo tanto, corresponden a la unidad lógica para el manejo y la conservación de los ecosistemas, las especies y las sus funciones (Wishart y Davis 2003, Thieme *et al.* 2007). Por tanto, los humedales al ser ecosistemas acuáticos integrados

a las cuencas hidrográficas (MMA-Centro de Ecología Aplicada 2011, E. U. Parliament and Council 2000, U. S. EPA 2010, Secretaría de la Convención Ramsar 2010), deben ser incluidos en los planes de manejo de cuencas y entendidos a escala de paisaje (MEA 2005).

Bibliografía

- Bertalanffy, L. V. 1950. An outline of general system theory. *British Journal for the Philosophy of Science* 1:134-165.
- Bormann F. H. y G. E. Linkens. 1967. Nutrient cycling. *Science* 155 (3761): 424-429.
- Cowardin, L. M., V. Carter, F. C. Golet y E. T. LaRoe. 1979. Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. FWS/OBS-79/31. Washington: Fish and Wildlife Service, U.S. Department of Interior.
- Dudgeon, D. 2008. Tropical stream ecology. Elsevier: London. 316 pp.
- E. U. Parliament and Council, 2000. Directive 2000/60/CE: 23/10/2000 water frame- work directive. *European Journal of Communication*. L327, 1-71.
- Farina, A. 2010. Ecology, cognition and landscape: linking natural and social systems. Dordrecht: Springer. 161 pp.
- 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. DOI: 10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia- Ideam. 2007. Atlas Climatológico de Colombia. Bogotá: IDEAM, 219 pp.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. 2010. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land COVER adaptada para Colombia Escala 1:100.000. 72 pp.
- Josse, C., F. Cuesta, G. Navarro, V. Barrena, E. Cabrera, E. Chacón-Moreno, W. Ferreira, M. Peralvo, J. Saito, y A. Tovar. 2009. Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezue-



F. A. Ochoa F.

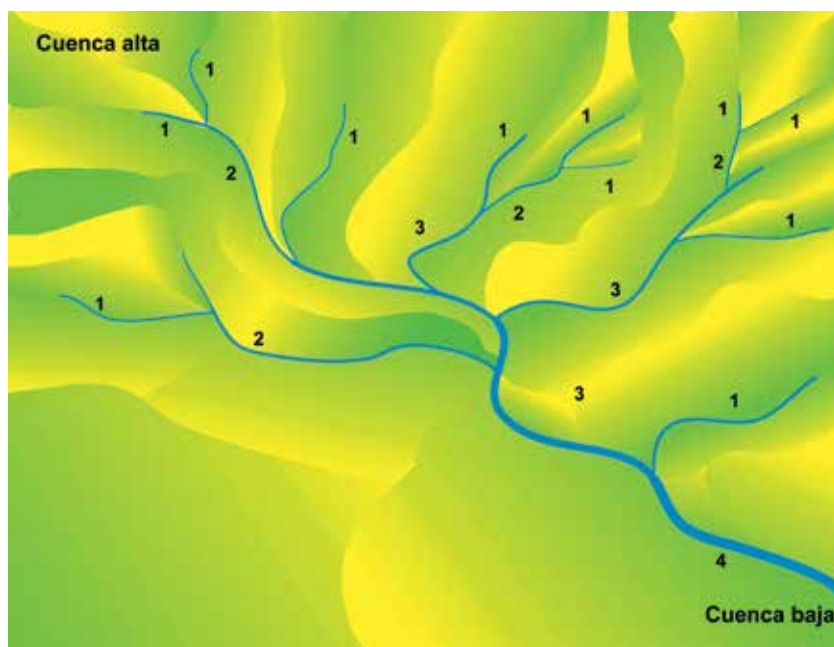


Figura 4. Jerarquía hidrológica (órdenes) según Horton (1945). Cada uno de los cauces o corrientes reciben un número determinado dependiendo de los afluentes que reciba, iniciando por los de primer orden en las secciones altas de las cuencas o red hidrográfica. Fuente: Fredy A. Ochoa F. (elaboración propia).

ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

- la. Memoria técnica. Secretaría General de la Comunidad Andina, Programa Regional ECOBONA, CONDESAN. Proyecto Páramo Andino, Programa BioAndes, EcoCiencia, NatureServe, LTA-UNALM, IAvH, ICAE-ULA, CDCUNALM, RUMBOL SRL: Lima. p. 100. Disponible en: http://www.condesan.org/ppa/sites/default/files/recursos/archivos/atlas_memoria_tecnica.pdf
- Jørgensen, S. E. 2009a. Introduction. Pp: 3-7. *En: Ecosystem Ecology*. Jørgensen S. E. (Ed.). First edition, Elsevier B. V. Amsterdam, The Netherlands.
 - Jørgensen, S. E. 2009b. Fundamental laws in ecology. Pp. 33-38. *En: Ecosystem Ecology*. Jørgensen, S. E. (Ed). First edition, Elsevier B.V. Amsterdam, The Netherlands.
 - Junk, W. J. (Ed.). 1997. The Central Amazon Floodplain: Ecology of a Pulsing System (Berlin: Springer). 529 pp.
 - Junk, W. J. (Ed.). 2000. The Central Amazon floodplain: Actual use and options for a sustainable management. Berlin: Springer. 574 pp.
 - Junk, W. J., P. B. Bayley y R. E. Sparks. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences* 106: 110-127.
 - Junk, W. J. y K. M. Wantzen. 2004. The flood pulse concept: new aspects, approaches, and applications—an update. Pp.117-149. *En: Welcomme, R. y T. Petr (Eds.). Proceedings of the Second Large River Symposium (LARS), Pnom Penh, Cambodia. Bangkok. RAP Publication.*
 - Margalef, R. 1983. *Limnología*. Ediciones Omega, Barcelona, 1010 pp.
 - Millennium Ecosystems Assessment - MEA. 2005. Ecosystems and human well-being: Wetlands and water synthesis. World Resources Institute, Washington, DC. Disponible en: www.millenniumassessment.org/documents/document.358.aspx.pdf.
 - Ministerio del Medio Ambiente - MMA . 2002. Política Nacional para humedales interiores de Colombia, estrategias para su conservación y uso sostenible. Ministerio del Medio Ambiente. 67 pp.
 - Ministerio del Medio Ambiente - MMA y Centro de Ecología Aplicada. 2011. Diseño del inventario nacional de humedales y el seguimiento ambiental. Santiago: Ministerio de Medio Ambiente. 172 pp.
 - Niering, W. A. 1985. Wetlands. Audubon Society Nature Guides. Knopf Doubleday Publishing Group, New York. 638 pp.
 - Odum, E. P. 1972. *Ecología* (Tercera edición). Interamericana, México. 295 pp.
 - O'Neill, R. V., D. L. DeAngelis, J. B. Waide y T. F. H. Allen. 1986. A hierarchical concept of ecosystems. Princeton, Princeton University Press, New Jersey. 262 pp.
 - Pianka, R. R. 2011. *Evolutionary Ecology* (seventh edition-ebook). Pianka, R. R. 512 pp.
 - Pickett, S. y M. Cadenasso. 2002. The ecosystem as a multidimensional concept: Meaning, model, and metaphor. *Ecosystems* 5: 1-10 DOI: 10.1007/s10021-001-0051.
 - Roldán, G. y J. J. Ramírez. 2008. Fundamentos de limnología neotropical. Segunda edición. Universidad de Antioquia, Medellín. 440 pp.
 - Rodríguez-Iturbe, I. 2000. Ecohydrology: A hydrologic perspective of climate-soil-vegetation dynamics. *Water Resources Research* 36 (1): 3-9.
 - Secretaría de la Convención de Ramsar. 2010. Manejo de cuencas hidrográficas: integración de la conservación y del uso racional de los humedales en el manejo de las cuencas hidrográficas. Cuarta edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland.
 - Secretaría de la Convención de Ramsar. 2012. Definición de "humedales" y Sistema de Clasificación de Tipos de Humedales de la Convención de Ramsar. Disponible en: http://www.ramsar.org/cda/es/ramsar-about-sites-classification-system/main/ramsar/1-36-55%5E21235_4000_2__.
 - Semarnat, INEGI, CONABIO, Conap. INE, Conagua, 2008. Documento Estratégico Rector del Inventario Nacional de Humedales. Semarnat, México. Disponible en: <http://www.inecc.gob.mx/descargas/emc/der.pdf>.
 - Sioli, H. (Ed.). 1984. The Amazon. Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. *Monographiae Biologicae* Dordrecht: Boston. 763 pp.
 - Smith, R. K. y T. M. Smith. 2001. *Ecología*. Madrid: Pearson Education. 642 pp.
 - Tansley, A. G. 1935. The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology* 16: 84-307.
 - Téllez, P., P. Petry, T. Walschburger, J. Higgins y C. Apse. 2012. Portafolio de conservación de agua dulce para la cuenca del Magdalena - Cauca. Segunda edición. The Nature Conservancy y Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena -Cormagdalena. Bogotá, Colombia. 101 pp.
 - Thieme M., B. Lehner, R. Abell, S. K. Hamilton, J. Kellendorfer, G. Powell y J. C. Riveros. 2007. Freshwater conservation planning in data - poor areas: An example from a remote Amazonian basin (Madre de Dios River, Perú and Bolivia). *Biological Conservation* 135 (4): 500-517.
 - United States Environmental Protection Agency - U. S. EPA. 2010. Identify Priority Sites for Wetland Conservation and/or Restoration. Wetlands-At-Risk Protection Tool. Disponible en: <http://www.wetlandprotection.org/identify-priority-wetlands.html>.
 - Van der Hammen, T. y G. Andrade. 2003. Estructura ecológica principal de Colombia, una primera aproximación. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Ideam. Bogotá. 74 pp.
 - Vanotte, 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.
 - Ward J. V. 1989. The four-dimensional nature of lotic ecosystems. *Journal of the North American Benthological Society* 8 (1): 2- 8.
 - Welcomme, R. L. 1979. The fisheries ecology of floodplain fisheries. London, Longman group Ltda. 317 pp.
 - Welcomme, R. L. 1985. River fisheries. *FAO Technical Paper* No 262, Rome. 320 pp.
 - Wishart M. J. y B. R. Davies. 2013. Beyond catchment considerations in the conservation of lotic biodiversity. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 13: 429-43.
 - Zoltai, S. C. y C. Tarnocai. 1975. Basis for regional wetland studies. Northern Forestry Centre. Disponible en: http://cfs.nrcan.gc.ca/bookstore_pdfs/23472.pdf.



F. A. Ochoa F.



Páramo Tauso, Nariño. Foto: M. Cabrera.



Laguna del Cocuy. Foto: F. A. Ochoa F.



3. HUMEDALES: identificación y definiciones

Diana Morales-B., Francisco de Paula Gutiérrez y Carlos A. Lasso

Las diferentes definiciones de humedales hacen referencia a áreas, tierras o zonas con ciertas características relacionadas con presencia de agua (Mitsch y Gosselink 2000, Cowardin *et al.* 1979, Zoltai 1979, Niering 1985, Rivera-Gutiérrez y Caicedo 2002) y en sus definiciones muchas veces se describen como ecosistemas (Zoltai y Tarnocai 1975). Entre los elementos que permiten distinguir los humedales, están las características estructurales y funcionales, sin embargo los criterios utilizados más frecuentemente son únicamente la hidrología, la vegetación y los suelos (Keddy 2000).

La presencia de agua en la superficie y los suelos, expresa de manera directa las condiciones del humedal. Adicionalmente, las plantas, en el caso de ecosistemas no transformados, constituyen un elemento clave tanto para su identificación y definición, como para el establecimiento de límites. Estas formas de vida toleran y reflejan la condición de los suelos con un nivel de agua elevado tanto de forma permanente como periódica (Mitsch y Gosselink 2000).

La hidrología del paisaje influye y cambia el ambiente físico-químico y ambos deter-

minan las comunidades vegetales que se encuentran en el humedal (Mitsch *et al.* 2009). No obstante, otros factores pueden intervenir en los patrones espaciales y temporales de las especies animales (van der Valk 2006). La zonación de las plantas está determinada en gran medida por la geo-pedología, la físico-química del agua y el relieve, restringiendo así las especies cuyas formas de vida puedan sobrellevar las condiciones fluctuantes (Collantes y Faggi 1999).

Los suelos permiten evidenciar los periodos anaeróbicos que experimentan, dada la saturación temporal o permanente de agua, por lo que se han convertido en uno de los factores de clasificación, especialmente en el hemisferio norte (China, Rusia, Canadá, Estados Unidos, Europa). Sin embargo, en el caso de Brasil, se propone la omisión de este parámetro como factor de identificación, debido a los periodos extensos de aguas altas y bajas (inundación y sequía), que no evidencian en todos los casos el límite del área de humedal, como ocurre en el Amazonas, el Pantanal y algunas planicies inundables del Neotrópico (Junk *et al.* 2013).



F. A. Ochoa F.

HUMEDALES: IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIONES

El componente vegetal es de uso frecuente en la mayoría de clasificaciones, con excepción de la clasificación hidrogeomórfica (Brinson y Rheinhardt 1996). En una primera escala o de manera general, las clasificaciones utilizan las comunidades vegetales como uno de los determinantes al igual que los suelos, ya que la especies presentes tendrán características particulares de adaptación a las condiciones del suelo, aunque estas comunidades no son factores emergentes que expresen necesariamente las condiciones funcionales del humedal (Brinson y Rheinhardt 1996).

La clasificación provee uniformidad en los conceptos y terminologías para la tipología de humedales en una región determinada, permitiendo identificarlos y delimitarlos (Mitsch y Gosselink 2000). La Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional (Convención de Ramsar) propone una clasificación de tipos de humedales que “tiene como objeto aportar un marco muy amplio que facilite la identificación rápida de los

principales hábitats de humedales representados en cada sitio” (Ramsar 2012, párr. 4) (Tabla 1).

La Convención sobre los Humedales (Ramsar-Irán, 1971), establece la siguiente definición sobre los humedales:

Párrafo 1 del artículo 1: “*a los efectos de la presente Convención son humedales las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros*”.

El párrafo 1 del artículo 2 estipula que los humedales: “*podrán comprender sus zonas ribereñas o costeras adyacentes, así como las islas o extensiones de agua marina de una profundidad superior a los seis metros en marea baja, cuando se encuentren dentro del humedal*”.

Tabla 1. Clasificación de la ficha informativa de los humedales de Ramsar versión, 2009-2014.

Humedales marino/costeros

Sistema	Subsistema	Clase	Clasificación
Agua salina	Permanente	< 6 m de profundidad	A - Aguas marinas someras permanentes, en la mayoría de los casos de menos de seis metros de profundidad en marea baja; se incluyen bahías y estrechos.
		Vegetación submarina	B - Lechos marinos submareales; se incluyen praderas de algas, praderas de pastos marinos, praderas marinas mixtas tropicales .
		Arrecifes de coral	C - Arrecifes de coral.

Sistema	Subsistema	Clase	Clasificación
Agua salina	Costas	Rocosas	D - Costas marinas rocosas; incluye islotes rocosos y acantilados.
		Playas de arena o guijarros	E - Playas de arena o de guijarros; incluye barreras, bancos, cordones, puntas e islotes de arena; incluye sistemas y hondonales de dunas.
Agua salina o salobre	Intermareal	Bajos (lodo, arena o con suelos salinos)	G - Bajos intermareales de lodo, arena o con suelos salinos (“saladillos”).
		Pantanos y esteros	H - Pantanos y esteros (zonas inundadas) intermareales; incluye marismas y zonas inundadas con agua salada, praderas halófilas, salitrales, zonas elevadas inundadas con agua salada, zonas de agua dulce y salobre inundadas por la marea.
		Bosques	I - Humedales intermareales arbolados; incluye manglares, pantanos de “nipa”, bosques inundados o inundables mareales de agua dulce.
	Lagunas	J - Lagunas costeras salobres/saladas; lagunas de agua entre salobre y salada con por lo menos una relativamente angosta conexión al mar.	
	Estuarios	F - Estuarios; aguas permanentes de estuarios y sistemas estuarinos de deltas.	
Agua salina, salobre o dulce	Subterránea		Zk (a) - Sistemas kársticos y otros sistemas hídricos subterráneos, marinos y costeros.
Agua dulce	Lagunas		K - Lagunas costeras de agua dulce; incluye lagunas deltaicas de agua dulce.

Humedales continentales

Sistema	Subsistema	Clase	Subclase	Clasificación
Agua dulce	Corrientes de agua	Permanentes	Ríos, arroyos	M - Ríos/arroyos permanentes; incluye cascadas y cataratas.
			Deltas	L - Deltas interiores (permanentes).
			Manantiales, oasis	Y - Manantiales de agua dulce, oasis.
		Estacionales/intermitentes	Ríos, arroyos	N -- Ríos/arroyos estacionales/intermitentes/irregulares.



F. A. Ochoa F.

HUMEDALES: IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIONES

Sistema	Subsistema	Clase	Subclase	Clasificación	
Agua dulce	Lagos y lagunas	Permanentes	> 8 ha	O - Lagos permanentes de agua dulce (de más de 8 ha); incluye grandes madrevejas (meandros o brazos muertos de río).	
			< 8 ha	Tp - Pantanos/esteros/charcas permanentes de agua dulce; charcas (de menos de 8 ha), pantanos y esteros sobre suelos inorgánicos, con vegetación emergente en agua por lo menos durante la mayor parte del período de crecimiento.	
		Estacionales/intermitentes	> 8 ha	P - Lagos estacionales/intermitentes de agua dulce (de más de 8 ha); incluye lagos en llanuras de inundación.	
			< 8 ha	Ts - Pantanos/esteros/charcas estacionales/intermitentes de agua dulce sobre suelos inorgánicos; incluye depresiones inundadas (lagunas de carga y recarga), "potholes", praderas inundadas estacionalmente, pantanos de ciperáceas.	
		Pantanos sobre suelos inorgánicos	Permanentes	Dominio de la vegetación	Tp - Pantanos/esteros/charcas permanentes de agua dulce; charcas (de menos de 8 ha), pantanos y esteros sobre suelos inorgánicos, con vegetación emergente en agua por lo menos durante la mayor parte del período de crecimiento.
				Dominio del arbusto	W - Pantanos con vegetación arbustiva; incluye pantanos y esteros de agua dulce dominados por vegetación arbustiva, turberas arbustivas ("carr"), arbustales de <i>Alnus</i> sp; sobre suelos inorgánicos.
	Permanentes/estacionales/intermitentes		Dominio del árbol	Xf - Humedales boscosos de agua dulce; incluye bosques pantanosos de agua dulce, bosques inundados estacionalmente, pantanos arbolados; sobre suelos inorgánicos.	
			Estacionales/intermitentes	Dominio de la vegetación	Ts - Pantanos/esteros/charcas estacionales/intermitentes de agua dulce sobre suelos inorgánicos; incluye depresiones inundadas (lagunas de carga y recarga), "potholes", praderas inundadas estacionalmente, pantanos de ciperáceas.

Sistema	Subsistema	Clase	Subclase	Clasificación
Agua dulce	Pantanos sobre suelos de turba	Permanentes	No arboladas	U - Turberas no arboladas; incluye turberas arbustivas o abiertas ("bog"), turberas de gramíneas o carrizo ("fen"), bofedales, turberas bajas.
			Arboladas	Xp - Turberas arboladas; bosques inundados turbosos.
	Pantanos sobre suelos inorgánicos o de turbera	Gran altitud (alpino)		Va - Humedales alpinos/de montaña; incluye praderas alpinas y de montaña, aguas estacionales originadas por el deshielo.
			Tundra	Vt - Humedales de la tundra; incluye charcas y aguas estacionales originadas por el deshielo.
Agua salina, salobre o alcalina	Lagos	Permanentes		Q - Lagos permanentes salinos/salobres/alcalinos.
			Estacionales/intermitentes	R - Lagos y zonas inundadas estacionales/intermitentes salinos/salobres/alcalinos.
	Pantanos, esteros y charcas	Permanentes		Sp - Pantanos/esteros/charcas permanentes salinas/salobres/alcalinos.
			Estacionales/intermitentes	Ss - Pantanos/esteros/charcas estacionales/intermitentes salinos/salobres/alcalinos.
Agua fresca, salina, salobre o alcalina	Geotérmica			Zg - Humedales geotérmicos.
	Subterránea			Zk (b) - Sistemas kársticos y otros sistemas hídricos subterráneos, continentales.

Otros sistemas de clasificación se realizan con el fin de adelantar inventarios. Cada clasificación establece una definición de humedal, por lo que no en todos los inventarios quedan incluidos todos los humedales (Costa *et al.* 1996). En estos se realiza una identificación para su posterior priorización en la conservación o restauración (ver Rosa 2009, U. S. EPA 2010).

Así, las clasificaciones con objetivos diferentes a los de inventarios, incluyen otros indicadores que enfatizan los factores de

interés. Aunque un mismo humedal puede ser identificado y clasificado por diferentes propuestas, el límite resultante va a diferir, incluso si el sistema de clasificación es el mismo pero el procedimiento metodológico se modifica (Brinson y Rheinhardt 1996).

Es por esto que la conectividad de los humedales en nuestra región requiere de una aproximación a escala de paisajes de humedales (Benzaquén *et al.* 2013), pues dejan de ser ecotonos para ser ecosistemas diná-

HUMEDALES: IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIONES

micos (Neiff 1999) y abordarlos de manera individual, pondría en riesgo la integridad del sistema (Benzaquén *et al.* 2013), así como el mantenimiento de sus servicios y funciones (MEA 2005).

Definirlos no es una labor sencilla y ello dependerá del objetivo de la definición en sí misma, ya que los elementos interactuantes del humedal son, a su vez, parte de un sistema mayor (O'Neill *et al.* 1989) e intercambian diferentes elementos permanentemente (Farina 2010), se encuentren o no limitados de manera intangible o física, por unos parámetros o criterios que respondan a las necesidades u objetivos del reconocimiento de los límites.

En varios países las definiciones cambian y asignan mayor peso a una característica respecto a otra y algunas son más incluyentes en la diversidad de ambientes, que otras. A continuación se describen algunos enfoques de los países que ejemplifican esta variación: Francia, México, Estados Unidos de América, Brasil y Venezuela. La información referente a Colombia es abordada en el siguiente capítulo.

Francia

El Código del Ambiente (*Code de l'environnement*¹) define los humedales como tierras explotadas o no, generalmente inundadas o anegadas por agua dulce o salobre, permanente o temporal. La vegetación, cuando existe, es dominada por plantas hidrófilas por lo menos durante una parte del año (Art. L.211-1). Los criterios que utiliza son la morfología del suelo con agua de origen natural y la presencia de

plantas hidrófilas (Figura 1 y 2). Las plantas se identifican tomando como base las listas elaboradas para cada región biogeográfica. En ausencia de vegetación hidrófila, la morfología del suelo es suficiente para definir un humedal. El establecimiento de límites del humedal se realiza utilizando el nivel freático máximo o las frecuencias y amplitudes de las mareas, aplicado en lugares en donde se observaron los criterios de morfología de los suelos y vegetación, definidos anteriormente. No se incluyen cursos de agua, canales o infraestructura creada para el tratamiento de aguas residuales o pluviales (Art. R211-108).

México

Este país cuenta con un Documento Estratégico Rector (DER) (2008) para llevar a cabo el Inventario Nacional de Humedales. El documento define que “*los humedales son las zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres, que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, tanto continentales como costeras, sujetas o no a la influencia de mareas*” (p. 10). La identificación de los humedales se rige por tres características: “*1) como componentes del paisaje, naturales o artificiales, se caracterizan básicamente por contener suelos predominantemente hídricos y comunidades vegetales hidrófilas o hidrófitas, además de presentar fauna, microflora y usos humanos diferentes a los de los espacios adyacentes; 2) el contenido de humedad debe ser determinante en los procesos físico-químicos y biológicos observados (es decir, se promueven procesos de humedal o acuáticos) de acuerdo con los indicadores que se registren para suelos y vegetación, entre otros; 3) los humedales son estructuras auto-organizadas, que colectan, almacenan y transportan agua, en partes del ciclo hidrológico, así como materia y energía. Pueden ser identificados como unidades funcionales, que tienen valor económico y/o ecológico, sin perder de*

1 Disponible en Legifrance: <http://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do?cidTexte=LEGITEXT000006074220>



F. A. Ochoa F.



Figura 1. Humedal de montaña, Francia. Foto: N. Poulet.



Figura 2. Humedal lótico en Francia, con presencia de plantas sumergidas que sirven de bioindicador. Foto: N. Poulet.

HUMEDALES: IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIONES



Figura 3. Lagunas de Montebello (Chiapas, México), son un complejo de 59 lagunas que varían de color dada la diferencia mineral del sustrato. Foto: D. Morales-B.

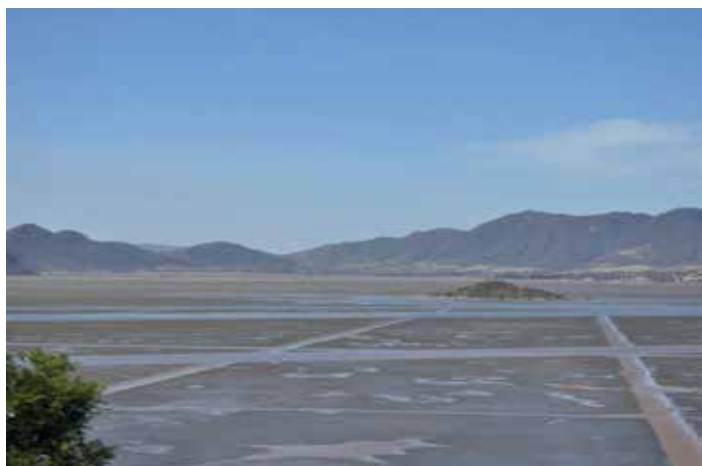


Figura 4. En Michoacán (México), algunos humedales lénticos presentan niveles de eutrofización tan elevados, que se debe realizar extracción continua de plantas para permitir la navegación, quedando el espejo de agua visible en las cuadrículas donde se han realizado las labores de mantenimiento. Foto: D. Morales-B.

vista que son, a su vez, componentes integrales de unidades funcionales y procesos de mayor escala, como son las cuencas hidrológicas, las ecorregiones y los ciclos hidrológicos, con los cuales se dan conexiones e interrelaciones ecológicas y funcionales, cuyo mantenimiento resulta imprescindible para asegurar el adecuado funcionamiento de los humedales” (p. 10). Los criterios de el establecimiento de límites incluyen tres elementos: 1) inundación o saturación del suelo de forma permanente o temporal (criterio hidrológico); 2) presencia de vegetación hidrófila o freatófitas (criterio botánico con base en tipos de vegetación) y 3) suelos hídricos (criterios edafológicos con base en tipos de suelo). Se especifica que un humedal puede tener uno o más criterios y su el establecimiento de límites incluye el gradiente de los paisajes húmedos. La clasificación es jerárquica, se basa en la similitud de atributos naturales

homogéneos y retoma documentos diferentes que se adaptan o aplican a las condiciones presentes el país (Figura 3 y 4). Utiliza “los ámbitos, sistemas y subsistemas de la Convención de Ramsar (1996), las clases de Cowardin et al. (1979), el sistema acuático subterráneo de Abarca y Cervantes (1996), los humedales artificiales de la Convención de Ramsar y los descriptores de Semeniuk y Semeniuk (1995)”.

Estados Unidos de América

El los Estados Unidos se manejan diversas definiciones científicas y legales. Las primeras, ampliamente adoptadas, se realizaron por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada Estadounidense (*U.S. Army Corps of Engineers*), para dar ejecución a su deber legal estipulado en el *Clean Water Act* y el *Food Security Act*. El Cuerpo de Ingenieros debe aprobar las áreas de humedal que pue-



Figura 5. Green river (Colorado, Estados Unidos), principal afluente del río Colorado. El manejo de esta cuenca ha generado gran controversia entre las comunidades locales por la alteración de los regímenes de caudal, que modifican el movimiento de sedimentos y las características físico-químicas del agua. Foto: D. Morales-B.



F. A. Ochoa F.

HUMEDALES: IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIONES



Figura 6. La alteración de los regímenes hidrológicos en Estados Unidos, afecta los ecosistemas lénticos y su conexión lateral con ecosistemas lóticos. En el Dinosaur National Monument (Utah), se realiza un manejo hidráulico evitando los cambios naturales en los niveles del agua. Foto: D. Morales-B.

den rellenarse o las áreas que pueden limpiarse con fines de navegación. Para esto se realizó una primera definición en 1977 como “aquellas áreas que normalmente se caracterizan por la prevalencia de vegetación que requiere condiciones de suelo saturados para su crecimiento y reproducción” (42 Fed. Reg.3712X, 1977) y una posterior en 1984 (33CFR 328.3(b), 1984). La segunda ley busca la protección de estos ecosistemas en áreas agrícolas y los define como áreas con predominancia de suelos hídricos, inundadas o saturadas superficialmente en el suelo, con frecuencia y duración suficiente para mantener la prevalencia de vegetación hidromórfica típica, adaptada a la vida en condiciones de suelos saturados que bajo circunstancias normales mantiene esta

vegetación. Se hace la aclaración “en circunstancias normales” debido a que la vegetación pudo ser removida o alterada por eventos naturales o humanos. Se excluyen las áreas de Alaska con potencial de desarrollo para la agricultura, con predominancia de suelos congelados (*permafrost*) (16 CFR 801(a) (16),1985). Para inventarios se utiliza la definición del *Fish and Wildlife Service*: “los humedales son áreas transitorias entre sistemas acuáticos y terrestres donde el nivel freático está en o cerca de la superficie o se encuentran cubiertos de agua somera y deben tener al menos uno de los siguientes atributos: 1) soportar al menos periódicamente, vegetación hidrofítica predominante; 2) el sustrato es fundamentalmente suelo del tipo hídrico no drenado y 3) el sustrato está satu-

rado de agua o cubierto por agua somera durante el periodo de crecimiento de cada año” (Cowardin *et al.* 1979) (Figura 5 y 6).

Brasil

El gobierno brasileño adoptó la definición de Ramsar y sigue la clasificación de humedales de interior de la Amazonia según los criterios propuesto por Junk *et al.* (2011), excluyendo las características físico-químicas de las aguas. Sin embargo, Junk *et al.* (2013), propusieron recientemente una definición más precisa que abarca todo el

- 2 El periodo de crecimiento de cada año, ocurre cuando los cultivos y las plantas nativas y ornamentales pueden crecer como consecuencia del clima y la elevación que se presenta en un área en particular.



Figura 7. Salto Corumbá (Estado de Goias, Brasil), un gran atractivo ecoturístico en el área de la divisoria de la cuenca del río Amazonas y del río La Plata. El río recibe en otros sectores aguas servidas de diferentes asentamientos humanos. Se ha extraído en algunos puntos grandes cantidades de arena y grava para construcciones incluyendo la ciudad de Brasilia. Foto: D. Morales-B.



F. A. Ochoa F.

país, de acuerdo a las condiciones hidrológicas: “ecosistemas de interfase entre los ambientes acuáticos y terrestres, continentales o costeros, naturales o artificiales, que permanecen total o periódicamente inundados por aguas poco profundas (someras) o con suelos saturados. Pueden ser dulceacuícolas, salados o salobres. Los humedales son hábitat para plantas específicas y comunidades animales, adaptadas a las dinámicas hidrológicas” (Junk *et al.* 2013, p. 8).

Esta nueva propuesta de clasificación se planteó debido a que los sistemas existentes no se adaptaban a la realidad del país, ya que no reflejaban la heterogeneidad geomórfica de las planas de inundación de los grandes ríos y sus deltas. Los sistemas de clasificación internacional, suelen incluir

HUMEDALES: IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIONES



Figura 8. Río Paracatu, bioma del Cerrado. Desemboca en el río São Francisco después de 485 km de recorrido. Foto: D. Morales-B.

los suelos hídricos como un indicador esencial, lo cual, dadas las condiciones de Brasil, no es incluyente para las áreas donde existe una fase de inundación prolongada seguida por fases terrestres igualmente extensas (incluso de más de un año), ya que estos largos periodos hidrológicos no permiten evidenciar la acumulación de materia orgánica. La clasificación de Junk *et al.* (2013) es jerárquica y se basa en dos atributos: hidrología y vegetación. Se prioriza la hidrología debido a que esta es la principal característica que determina un humedal. Se reconoce el sistema costero, interior y artificial, con sus características hidrológicas (Junk *et al.* 2011), incluyendo los tipos de aguas para la región de la Amazonia y la estructura de la comunidad y ocurrencia de plantas superiores (Figura 7 y 8).

Venezuela

Marrero realizó un estudio comprensivo sobre los humedales de los llanos venezolanos (2011a) y otro, donde propone métodos para identificar, caracterizar y delimitar los humedales de agua dulce de Venezuela (2011b). En estos documentos se establecen tres atributos básicos de identificación para todos los humedales: "1) si el área está cubierta con una lámina de agua permanente, o se anega de manera periódica, o al menos presenta una alta tasa de saturación con agua y en consecuencia se presentan evidencias de rasgos hidrológicos asociados con inundación u otra forma de sobreflujo de agua; 2) si los suelos han desarrollado propiedades químicas o físicas que indiquen rasgos hidromórficos (suelos hídricos o hidromórficos) y 3) si al menos 50% de las especies dominantes que crecen



F. A. Ochoa F.



Figura 9. Río en el piedemonte andino venezolano. Foto: O. M. Lasso-Alcalá.



Figura 10. Bosque inundable del río Ventuari, cuenca del Orinoco. Foto: C. A. Lasso.

HUMEDALES: IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIONES



F. A. Ochoa F.

en el lugar son hidrófitas o vegetación hidrófila” (Marrero 2011b, p. 36). Se reconoce que si existe perturbación, uno o dos atributos pueden no presentarse. Debido a la pérdida de rasgos morfológicos de los suelos hídricos y otros indicadores hidrológicos que dificultan el estudio de humedales en zonas tropicales (Tiner 1999), se recomienda seguir métodos auxiliares. Para el primer atributo los métodos auxiliares son los indicadores de saturación de sustratos e inundación, como la proximidad a cuerpos de agua; historia ambiental presente en la población local; marcas de inundación lenta como algas secas en ramas de árboles o esponjas (coincidiendo con el análisis para Colombia), detritus y rocas de gran tamaño en inundaciones súbitas, costas, grietas y depósitos minerales que indican el secado de los suelos, marcas de fluctuación, hoyos de inspección y marcas de lixiviación. Segundo atributo: perfil edáfico y el uso de la tabla de colores de Munsell. Tercero: para la vegetación utiliza las definiciones de Reed (1998), sin seguir su metodología, con el argumento de la ausencia de inventarios de plantas acuáticas para Venezuela, y la zona de transición o ecotono es determinada por la distribución espacial de los gremios de plantas, pero no determina el límite del humedal debido a su plasticidad. Hoy día, es conocido que existen inventarios más completos de plantas acuáticas para el país (p. e. Velásquez 1994, Rial y Lasso 1998, Rial y Rott 1999, Rial y Fedón 1999, Rial 2009), incluido el fenómeno de la plasticidad explicado por Rial (1998, 2004 a, b y 2014).

La identificación del tipo de humedal se hace una vez se determine la cuenca hidrográfica donde este se ubica. Se plantean dos opciones: matrices de características básicas o diagrama de flujo, siendo esta última recomendada para estudios menos detallados. Las matrices describen grupos de humedales con base en el hidroperiodo y

el régimen hidrológico. Para grupos de humedales sigue la propuesta de Scott (1989), pero adaptado (toponimia y descripción) a Venezuela. Para hidroperiodos y el régimen hidrológico, se sigue el Plan Andaluz de Humedales (2002). El diagrama de flujo donde se explica el procedimiento es una versión adaptada del *Riverine Wetland Field Book* (2008).

La caracterización se hace entendiendo el contexto de la cuencas. Es necesario realizar un reconocimiento de hábitats o microhábitats para diseñar el estudio en campo, el cual debe tener en cuenta la zonificación horizontal y vertical (físico-química y biótica). Los parámetros biológicos se centran en las plantas acuáticas (composición de especies, estratos, índice de dominancia y abundancia relativa), pero se sugiere realizar un estudio detallado incluyendo otros indicadores como clorofila a, fitoplancton, perifiton, zooplancton, macroinvertebrados acuáticos y vertebrados (peces principalmente, aunque se pueden evaluar también anfibios, aves y mamíferos).

Finalmente, para la el establecimiento de límites se propone la metodología de Lyon (1993), manejando información secundaria y verificación en campo, la cual puede incluir el uso de sensores remotos y SIG para incorporar y analizar la información secundaria y primaria.

Bibliografía

- Benzaquén, L., D. E. Blanco, R. F. Bó, P. Kandus, G. F. Lingua, P. Minotti, R. D. Quintana, S. Sverlij y L. Vidal (Eds). 2013. Inventario de los humedales de la Argentina, sistema de paisaje de humedales del corredor fluvial Paraná-Paraguay. Buenos Aires: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. 376 pp.
- Brinson, M. y R. Rheinhardt. 1996. The role of reference wetlands in functional

assessment and mitigation. *Ecological applications* 6 (1): 69-70.

- Collantes, M. B. y A. M. Faggi. 1999. Los humedales del Sur de Sudamérica. Pp. 14-24. En: A. I. Malvárez (Ed). Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica. Montevideo: Unesco.
- Costa, L. T., J. C. Farinha, N. Hecker y P. Tomás-Vives. 1996. Mediterranean wetland inventory: a reference manual. Instituto da Conservação da Natureza y Wetlands International, Lisboa, Portugal. 90 pp.
- Cowardin, L. M., V. Carter, F. C. Golet, y E. T. LaRoe. 1979. Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. FWS/OBS-79/31. Washington: Fish and Wildlife Service, U.S. Department of Interior. 131 pp.
- Farina, A. 2010. Ecology, cognition and landscape: linking natural and social systems. Dordrecht: Springer. 163 pp.
- Junk, W. J., M. T. F. Piedade, F. Lourival, F. Wittman, P. Kandus, L. D. Lacerda, R. L. Bozelli, F. A. Esteves, C. Nunes da Cunha, L. Maltchik, J. Schöngart, Y. Schaeffer-Novelli y A. A. Agostinho. 2013. Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification for research, sustainable management, and protection. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 24 (1): 5-22.
- Junk, W. J., M. T. F. Piedade, J. Schöngart, M. Cohn-Haft, J. M. Adeney y F. Wittmann. 2011. A classification of major naturally-occurring Amazonian lowland wetlands. *Wetlands* 31: 623-640.
- Keddy, P. A. 2000. Wetland ecology, principles and conservation Cambridge: Cambridge University Press. 516 pp.
- Marrero, C. 2011a. Los humedales de los llanos venezolanos. Unellez, Barinas. 159 pp.
- Marrero, C. 2011b. Métodos para identificar, caracterizar y delimitar los humedales de agua dulce de Venezuela. Unellez, Barinas. 216 pp.
- Millennium Ecosystems Assessment - MEA. 2005. Ecosystems and human wellbeing: Wetlands and water synthesis. World Resources Institute, Washington, DC. Disponible en: www.millenniumassessment.org/documents/document.358.aspx.pdf.
- Mitsch W. J. y J. G. Gosselink 2000. Wetlands (Third edition). New York: John Wiley & Sons, Inc. 600 pp.
- Mitsch W. J., J. G. Gosselink Anderson y L. Zhang. 2009. Wetland ecosystems. 256 pp.
- Neiff, J. J. 1999. El régimen de pulsos en ríos y grandes humedales de Sudamérica. Pp. 90-139. En: A. I. Malvarez y P. Kandus (Eds.). Tópicos sobre grandes humedales sudamericanos Montevideo: Unesco.
- Rial, A. 1998. Adicionales a la flora del estado Apure, llanos inundables del Orinoco, Venezuela. *Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle* 150 (58): 59-68.
- Rial, A. y C. A. Lasso. 1998. *Ricciocarpus natas* (L.) Corda (Ricciaceae) in Venezuela: Taxonomical and ecological observations. *Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle* 149 (58): 85-88.
- Rial, A. y V. Pott. 1999. *Landoltia punctata* en Venezuela. *Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle* 152 (59): 25-28.
- Rial, A. y C. Fedón 1999. Nuevos registros de ciperáceas para el estado Apure, llanos inundables del Orinoco, Venezuela. *Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle* 152 (59): 35-42.
- Rivera-Gutiérrez, M. y D. Caicedo (Eds). 2002. Manejo de humedales, memorias curso de entrenamiento. Bogotá: Ministerio del Medio Ambiente. 49 pp.
- Rosa, M. R. 2009. Processo de priorização das áreas úmidas brasileiras [archivo PDF]. Ministério do Meio Ambiente. 48 pp.
- United States Environmental Protection Agency - U.S. EPA. 2002. Wetlands classification. Methods for evaluating wetland conditions. EPA-822-R-02-017. Washington: Office of water, EPA. 36 pp.
- Van der Valk, A. G. 2006. The biology of freshwater wetlands. New York: Oxford University Press. 173 pp.
- Velásquez, J. 1999. Plantas acuáticas vasculares de Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Consejo de desarrollo Científico y Humanístico - UCV. Caracas. 992 pp.
- Zoltai, S. C. y C. Tarnocai. 1975. Basis for regional wetland studies. Pp. 49- 57. En: G.P. Williams y J. Curran (Eds.). Proceedings of the sixteenth muskeg research conference, October 7, 1975. Technical memorandum No. 116. Ottawa: Canadian Forest Service Publications.



Sagittaria guayanensis. Orinoquia. F. Trujillo



4. HUMEDALES INTERIORES DE COLOMBIA: principales investigaciones, tipologías y propuestas de clasificación

Francisco de Paula Gutiérrez, Diana Morales-B. y Carlos A. Lasso

Antecedentes

A nivel internacional se reconocen dentro de las principales regiones del mundo, áreas extensas de humedales a lo largo de los grandes ríos y muy especialmente en la región tropical de Suramérica. Mitsch y Gosselink (2000) identifican dos grandes tipos: a) los humedales de las sabanas con plantas herbáceas y palmas dispersas con importancia como hábitat para las aves y otras especies acuáticas propias del área; y b) el Amazonas, donde se integran con humedales de planos inundables y boscosos, ambos con periodos marcados de lluvias y sequía.

En Colombia los estudios relacionados con los humedales interiores son relativamente escasos, parciales o puntuales y se han direccionado al manejo de los mismos. Desafortunadamente, en la mayoría de los casos no se ha superado la formulación de planes, es decir, no se ha logrado el proceso de implementar la ordenación y las acciones de manejo. En el marco legal colombiano, se han realizado esfuerzos en la conceptualización, protección y reconocimiento de

estos ecosistemas acuáticos, en razón a la adopción de la convención Ramsar de 1971 (ratificada por la Ley de 357 de 1997), con el propósito básico de conservarlos para las rutas migratorias de aves del hemisferio norte, aunque la concepción original fue modificada y se incluyeron todos los taxones que allí residen (Ministerio del Medio Ambiente e IAvH 2002).

La Política para los Humedales Interiores de Colombia (Ministerio del Medio Ambiente 2002, Naranjo *et al.* 1999), adoptó la definición de la Convención de Ramsar: “*son humedales aquellas extensiones de marismas, pantanos, turberas o aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluyendo las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros (Fide Scott y Carbonell, 1986)*” (Ministerio del Medio Ambiente 2002, Naranjo *et al.* 1999, p. 16).

Una de las primeras aproximaciones de clasificación -de índole biogeográfica-, fue propuesta por Donato (1991), quien



D. Morales-B.

consideró las condiciones altitudinales, climáticas, geográficas y biológicas. Esta clasificación reconoce cuatro categorías denominadas Provincias: alta montaña tropical (páramo), andina, tierras bajas y costera. Las provincias podrían subdividirse a su vez, especificando variaciones a una escala menor.

En los humedales de la Provincia de alta montaña tropical, se presenta una condición oligotrófica, con variables químicas distintas entre las lagunas de la cordillera Occidental y Central, con respecto a las de la cordillera Oriental. En la Provincia andina, los sistemas se encuentran muy intervenidos, con algunas lagunas eutrofizadas (por efecto antrópico) en estado de colmatación avanzada. En las Provincias de tierras bajas especifica que para la Orinoquia, la estacionalidad climática es marcada y la contaminación se refleja en sus condiciones. Se dividen en dos sistemas: a) lóticos, con origen en la altillanura, temperaturas altas, pH ácido, alto ingreso de plaguicidas, y b) un segundo grupo léntico, con origen en la cordillera, pH neutro, con una carga elevada de pesticidas (aldin, lindano y metilparation) en el agua, el sedimento y los peces. Reseña que en ambos sistemas la contaminación por las diversas actividades asociadas a la industria del petróleo, genera alteraciones en la productividad, el olor, color, temperatura, turbidez, oxígeno disuelto, niveles de nitrógeno, fósforo y potasio, modificando la calidad del agua y aumentando la comunidad de cianofíceas, que genera impacto en otras especies aprovechables, como los peces (Donato 1991).

Dicho autor, menciona que los sistemas de la cuenca del Magdalena-Cauca, fluctúan con una estacionalidad distinta. Son muy

marcados los efectos de contaminación en los ríos Bogotá, Cauca, Medellín y en el propio Magdalena. Por último menciona que la Provincia costera presenta un nivel elevado de deterioro en la Ciénaga Grande de Santa Marta, la Bahía de Cartagena y la Ciénaga de La Virgen (Donato 1991).

Naranjo *et al.* (1999) adoptan en el documento “Humedales interiores de Colombia: bases técnicas para su conservación y uso sostenible”, la definición adoptada por la Convención de Ramsar. Se sigue la clasificación por niveles jerárquicos de Scott y Carbonell (1999) y de acuerdo con ello, la sección aplicable a los humedales de interior. Se excluye el ámbito marino y costero (Tabla 1).

De acuerdo a la diversidad biogeográfica, tipológica y funcional, se identificaron 27 complejos de humedales a escala nacional (1:1'500.000), clasificados geográficamente de acuerdo a las “Ecorregiones de Agua Dulce”, propuestas por WWF y Wetlands International (Oslo *et al.* 1997), en las cuales se ajustan en parte a las cuencas hidrográficas del país (Tabla 2), aunque no incluye por ejemplo el río Orinoco.

La investigación sobre los humedales en Colombia ha sido profusa. Sin embargo, está focalizada en algunas regiones y en ciertos grupos taxonómicos, sin que exista una compilación de la misma. A continuación se reseñan algunas de las contribuciones de mayor importancia agrupadas por cuencas hidrográficas.

Cuenca del Amazonas

Destacan los trabajos sobre limnología (Duque *et al.* 1997); bosques inundables del medio Caquetá (Urrego 1997); cananguchales (Lasso *et al.* 2013b,

Tabla 1. Humedales de ámbito interior. Fuente: Scott y Carbonell (1999), en Naranjo *et al.* (1999).

Ámbito	Sistema	Subsistema	Clase	Subclase
Interior	Fluvial	Perenne	Emergente	Ríos / arroyos permanentes
		Intermitente	Emergente	Deltas interiores /ríos / arroyos intermitentes
	Lacustre	Permanente		Lagos dulces permanentes
		Estacional		Lagos dulces estacionales
		Permanente/ Estacional		Lagos y pantanos salinos permanentes/ estacionales
	Palustre ¹	Permanente	Emergente	Pantanos y ciénagas dulces permanentes
				Turberas abiertas
				Humedales alpinos y de tundra
		Arbustivo	Emergente	Pantanos arbustivos
				Boscoso
		Estacional	Emergente	Ojos de agua/oasis
	Ciénaga estacional dulce			
	Geotérmico			Humedales geotérmicos

1 De acuerdo con Cowardin *et al.* (1979) un ecosistema palustre incluye humedales dominados por árboles, arbustos, emergentes persistentes, musgos o líquenes y todos aquellos similares en áreas con salinidad menor a 0.5% o humedales sin dicha vegetación que presenten: 1) área menor a 8 ha; 2) que no presente bordos o diques, 3) profundidad máxima menor a 2 m en aguas bajas y 4) salinidad menor a 0.5%. Se encuentran a orillas de lagos, canales ribereños, estuarinos, en terrenos aluviales o aislados, en islas, lagos o ríos; limitado por tierras altas u otro sistema.

Urrego *et al.* 2013), el proyecto “Acciones para el uso y conservación de la fauna acuática amenazada de la Amazonía Colombiana - FACUAM Fase I”, el cual

incluyó investigación de seis especies acuáticas amenazadas: delfín rosado (*Inia geoffrensis*), delfín gris (*Sotalia fluviatilis*), nutria gigante (*Pteronura brasiliensis*),



D. Morales-B.

Tabla 2. Complejos de humedales a escala nacional. Fuente: Naranjo *et al.* (1999).

Región	Complejos	Especificaciones
Caribe	Río Atrato	Ciénagas, bañados, planicies inundables incluyendo las del río León
	Río Sinú	Ciénagas, bañados, planicies aluviales, delta de Tinajones y río Sinú
	Depresión Momposina	Humedales formados por los ríos San Jorge, Cauca y Magdalena
	Canal del Dique	Planicies inundables hasta la desembocadura
	Bajo Magdalena	Planicies inundables posteriores a la desembocadura del Cauca
	Delta río Magdalena	Desembocadura y Ciénaga Grande de Santa Marta
	Alto río Cauca	Rápidos y planicies aluviales
	Magdalena medio Alto Magdalena	Llanura aluvial y ciénagas desde La Dorada hasta Cesar Arrozales, represas y laguna El Juncal
Pacífica	Interior	Lagunas La Tola, El Trueno y andén Pacífico en Nariño
Montañosa	Central	Páramos y lagos glaciales de la cordillera
	Oriental	Humedales altoandinos en páramos, Tota, Fúquene y La Herrera
	Macizo colombiano	Nacimiento del Cauca, Magdalena, Patía y Putumayo, Lago de la Cocha y humedales de páramo
Orinoquia	Río Arauca	
	Río Meta	Llanuras aluviales inundables y madre viejas
	Río Casanare	
	Río Vichada	Planos inundables y lagunas permanentes
	Río Tomo	Planos inundables y laguna spermanentes
	Río Guaviare	Llanuras aluviales inundables y madre viejas
	Río Inírida	
Amazonia	Río Vaupés	
	Río Apaporis	Llanuras aluviales, madre viejas, ciénagas, bosques inundables
	Río Caguán	Llanuras aluviales, madre viejas, ciénagas, bosques inundables
	Río Putumayo	Llanuras aluviales, madre viejas, ciénagas, bosques inundables
Río Amazonas	Llanuras aluviales, madre viejas, ciénagas, bosques inundables	
Catatumbo	Río Catatumbo	Ciénagas permanentes, madre viejas y planos inundables

**Figura 1.** a) Río Putumayo. b) Arracachales, laguna Bermeo. Putumayo. c) Jagüeyes para ganadería. Putumayo. d) Río Putumayo, cuenca del Amazonas. Fotos: M. A. Morales-Betan-court.

manatí (*Trichechus inunguis*), caimán negro (*Melanosuchus niger*) y tortugas charapa y terecay (*Podocnemis expansa*, *Podocnemis unifilis*), para elaborar el plan de acción para la conservación de estas especies (Bermúdez-Romero *et al.* 2010). En la figura 1 se muestran algunos humedales del río Putumayo.

Recientemente, Trujillo y Duque (2014) recogen información sobre los humedales de Tarapoto, incluyendo datos limnológicos, florísticos, peces, anfibios, reptiles, mamíferos y uso de recursos.

Cuenca del Orinoco

Destacan los relacionados con la conservación en la Reserva de Biosfera El Tuparro (Gómez *et al.* 2007); cuenca baja del río Inírida (IAvH *et al.* 2007, Trujillo *et al.* 2014); biodiversidad del departamento del Casanare (Usma y Trujillo 2011) y los talleres binacionales sobre biodiversidad de la cuenca del Orinoco (Lasso *et al.* 2010, Lasso *et al.* 2011c). De estas últimas, hay que destacar las definiciones de las subregiones biogeográficas y ambientes acuáticos de la cuenca (Machado-Allison *et al.* 2010); las ecorregiones (Rosales *et*

HUMEDALES INTERIORES DE COLOMBIA



Figura 2. a) En el río Bitá, como en otros ríos de la cuenca del Orinoco, se produce una drástica reducción en el nivel de las aguas durante el verano dejando algunas áreas de humedales aisladas. Foto: M. A. Morales-Betancourt. b) Humedal en Casanare. Foto: F. Trujillo. c) Jagüey desbordado. Casanare. Foto: F. Trujillo. d) Río llanero. Arauca. Foto: F. Trujillo.

al. 2010) y la evaluación y oferta regional de humedales de la Orinoquia (Caro *et al.* 2010). Es importante desatacar los trabajos de morichales (González y Rial 2013, Mesa y Lasso 2013 y Lasso *et al.* 2013b, entre otros). Por último, en la actualidad el IAvH lidera una iniciativa sobre la clasificación, topología y descripción de todos los humedales de la Orinoquia que incluyen

49 humedales naturales y siete creados o transformados por el hombre (Lasso *et al.* 2014a) (Figura 2).

Cuenca o vertiente Caribe

Existe información sobre los manglares de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Kapetsky 1977, Garay *et al.* 2004); proyectos de protección y recuperación de la laguna



D. Morales-B.



Figura 3. a) Los jagüeyes en la cuenca Caribe, de origen antrópico, tienen una gran importancia para la conservación de las especies, generando el efecto de “stepping stones” y brindan recursos a la fauna silvestre y acuática. Foto: M. A. Morales-Betancourt. b) Humedal de la planicie Caribe. Foto: J. De La Ossa. c) Humedal temporal, PNN Makuira. Guajira. Foto: C. A. Lasso. d) Jagüey, planicie Caribe. Foto: J. De La Ossa.

Buenavista y la laguna de Navío Quebrado en La Guajira (Ricerca e Cooperazione y Corpoguajira 2002, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano 2001) y la importancia de los jagüeyes (Botero *et al.* 2009) y los estudios de Rangel en distintos departamentos y complejos de humedales (2012a, 2012b, 2013) (Figura 3).

En este momento el IAvH lidera una iniciativa editorial sobre los ríos y arroyos costeros de las vertientes Pacífico y Caribe, incluyendo la región insular (Lasso *et al.* 2015).

Cuenca Magdalena-Cauca

Hay trabajos muy completos sobre las lagunas Fúquene, Cucunuba y Palacio (Franco y Andrade 2007); lagunas de páramos (Guhl 1982); fauna asociada al delta estuarino del río Magdalena (Moreno-Bejarano y Álvarez-León 2003); la historia de transformación de los humedales en Bogotá (DAMA 2000); el portafolio de las áreas de conservación de agua dulce (Téllez *et al.* 2012), y el deterioro del Magdalena medio (Garzón y Gutiérrez 2013, Vilardy y Cortés Duque 2014), entre otros (Figura 4).

HUMEDALES INTERIORES DE COLOMBIA



Figura 4. a) Concentración de cotúas, ciénaga de Paredes. Foto: F. Cáceres. b) Ciénaga de Paredes. Foto: F. Cáceres. c) Ciénaga El Llanito. Foto: E. Briceño. d) Buchón, ciénaga El Llanito, cuenca del Magdalena. Foto: E. Briceño.

Cuenca o vertiente Pacífico

Se destacan el libro de peces dulceacuícolas del Chocó (Maldonado-Ocampo *et al.* 2012), así como los trabajos de Laíz y Borda (1999), Ortega-Lara *et al.* (2006) y Sánchez-Garcés *et al.* (2006). También están los documentos derivados de proyectos de conservación del Chocó biogeográfico y varias de sus especies bandera lideradas por fundaciones, entre ellas Fundación Darién, Fundación Natura, MarViva, Fundación Malpelo, Conservación Internacional y Fundación Omacha, corporaciones autónomas regionales (Corponariño, CVC, CodeChocó) y otras entidades del estado (PNN e IIAP) (Figura 5).

Estudios a nivel nacional

Hay documentos que integran información general sobre la biodiversidad de los humedales colombianos. Este es el caso del estudio sobre la flora acuática y mamíferos asociados a los humedales de las cuencas Orinoco, Magdalena y Cauca (Trujillo *et al.* 2010a) y la Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia editado por el IAvH, que la ha incluido hasta el momento además temas de pesca continental (Lasso *et al.* 2011a, Lasso *et al.* 2011b) y pesca ornamental (Ajiaco-Martínez *et al.* 2012), tortugas (Páez *et al.* 2012), crocodilidos (Morales-Betancourt *et al.* 2013), rayas (Lasso *et al.* 2013a), espe-



Figura 5. a) Boca del río Cajambre. Valle del Cauca. b) Río Cajambre. Valle del Cauca. c) Asentamientos sobre el río Cajambre. Valle del Cauca. d) Bahía La Sierpe, Málaga. Valle del Cauca, cuenca del Pacífico. Fotos: H. García.

cies acuáticas exóticas y trasplantadas (Gutiérrez *et al.* 2012), morichales y cananguales de la Orinoquia y Amazonia (Lasso *et al.* 2013b), así como revisiones taxonómicas (Mesa y Lasso 2011).

Adicionalmente, otras fuentes importantes de información son los planes de manejo de cuencas y humedales, revisados y compilados por Morales-Betancourt (2012), los cuales han sido realizados en su mayoría

por las corporaciones ambientales y para el desarrollo sostenible, con la colaboración en algunos casos, de organizaciones de la sociedad civil.

A manera de ejemplo se encuentran las citadas a continuación.

En la cuenca del Amazonas hay planes de manejo a nivel de cuencas, quebradas, ríos y humedales, realizados a solicitud de las



D. Morales-B.

corporaciones autónomas regionales. Se destaca el realizado de la Quebrada Arenoso y Resaca, el río Hacha y Solita y la cuenca alta del río Mocoa (disponibles en el sitio web de Corpoamazonia) y el Plan de manejo ambiental de los humedales localizados en el sistema de várzea comprendido en el interfluvio de los ríos Loretoyacu y Amazonas (Universidad Nacional – Fundación Omacha 2007). En la cuenca del Orinoco se han elaborado planes de manejo de los humedales Coroncoro, El Charco, Calatrava, Juanambu y Caraco ubicados en el Meta (Barrera-Torres 2008) y laguna La Primavera en Vichada (Trujillo *et al.* 2010 b). En el Caribe algunos ejemplos son la ciénaga de La Caimanera (CVS y Conservación Internacional Colombia 2009), ciénaga de Mallorquín (CRA *et al.* 2006), valle del río Sinú (IDEAM 1998), bajo Sinú (Corpomojana 2000, Correa-Velásquez *et al.* 2008) y ciénaga de Zapatosa (Rangel *et al.* 2013). En la cuenca del Magdalena-Cauca hay una mayor cantidad de documentos de planificación, entre ellos, el del valle del río Cauca (Salazar *et al.* 2009), los correspondientes a los del territorio CAR (CAR 2011) y los humedales del Totumo, El Guájaro y El Jobo (CRA-Cardique 2002). Finalmente, en la cuenca del Pacífico los documentos mas relevantes son el Plan de manejo del sitio Ramsar Delta del río Baudó (Villa-Rivera *et al.* 2009) y los planes de manejo de los territorios colectivos. Adicionalmente se reconoce el aporte de los planes de manejo para áreas con algún nivel de protección en área de influencia de humedales.

Cartografía de los ecosistemas acuáticos con miras al establecimiento de límites

Otra vía de análisis, es la elaboración de cartografía sobre los ecosistemas acuáticos, para lo cual hay múltiples metodologías. Se puede hacer siguiendo los linea-

mientos de la Directriz Marco del Agua Europea (DMA), que corresponde a una tipología biológica de ecosistemas fluviales. Esta utiliza como primera medida, las condiciones de referencia como un estado en el presente o en el pasado, que corresponde a bajos niveles de presión e impacto antrópico, sin los efectos de la industrialización, urbanización e intensificación de la agricultura. Un segundo aspecto que aborda, es la determinación del tipo de ecosistemas, los cuales varían de acuerdo al número de tipos de masas de agua. Estas pueden variar sustancialmente entre regiones, dependiendo de la complejidad de las condiciones geográficas, geológicas e hidrológicas (Pardo *et al.* 2010).

La tipología que siguen estos lineamientos, está basada en descriptores de carácter geográfico, geológico, hidrológico, físico y químico. De esta forma, se presupone que los factores físicos y químicos determinan las características de cada masa de agua y por ende, la estructura y la composición de sus asociaciones biológicas (Hering *et al.* 2010).

Se puede optar por dos sistemas de tipificación (Pardo *et al.* 2010):

Sistema A. Basado en las regiones ecológicas y los valores establecidos para un grupo de descriptores físicos. Los descriptores del sistema son: región ecológica, posición en función de la altitud, tamaño en función de la superficie de la cuenca de alimentación y geología. Se establecen límites para la altitud y el tamaño de cuenca de drenaje.

Sistema B. Flexibilidad en la definición de parámetros a medir (algunos obligatorios y otros opcionales) y no se establecen valores numéricos, por lo que este sistema tiene mayor uso. Utiliza descriptores similares

al del sistema A, con algunas variaciones. La región ecológica se modifica por la coordenadas geográficas. Se incluyen además entre otros descriptores optativos, la distancia al nacimiento, la concentración de cloruros y la precipitación. Debido a que se fundamentan en la selección de hábitat de las especies tanto de flora como de fauna, el sistema representa de manera más precisa, la continuidad física e hidromorfológica de la cuenca hidrológica a lo largo de un eje longitudinal (Vannote *et al.* 1980, Brinson 1993) o de un eje transversal, tal como lo define el pulso de inundación en secciones bajas de los ríos (Junk *et al.* 1989).

Es válido entonces como delimitantes, las condiciones geomorfológicas y climáticas a una escala jerárquica superior y luego de ello, las características determinantes de los ecosistemas, basándose en los principios de coberturas de la tierra.

Así, las variables que pudiesen ser consideradas para el mapeo de los ecosistemas acuáticos continentales podrían ser:

Regionalización ecológica: corresponde a macrozonas que tienen una interpretación ecológica e hidrográfica asociada con los ecosistemas acuáticos continentales.

Factores delimitadores: corresponden básicamente a cuerpos de agua incluyendo los planos de inundación. Estos delimitadores están relacionados con el clima, la geología y la cobertura de la tierra en la categoría de aguas continentales.

Tipología: tipos de ríos, planos de inundación y humedales en términos de altitud, tamaño de la cuenca, geología y de los criterios propuestos por Junk *et al.* (2011) para planos inundables en el sentido amplio, y por Cowardin (1979), para humedales en particular.

Revisadas las referencias más ilustrativas de la literatura nacional respecto a los humedales interiores y a los ecosistemas acuáticos en general, se pueden identificar cuatro factores de estado como los responsables para explicar la distribución y diferenciación de las unidades de ecosistemas acuáticos y por ende de los humedales: (1) clima; (2) geomorfología y suelos; (3) cobertura de la tierra y (4) la biota.

Colombia

La aproximación para generar cartografía de los ecosistemas a escala regional del país, está soportada en una aproximación de sistemas, es decir, de arriba (jerarquías superiores) hacia abajo (jerarquías inferiores), centrada en la identificación de patrones espaciales determinados básicamente por los factores de estado (clima, geología, agua, suelos, biota, etc.). Este enfoque corresponde a la llamada aproximación genética (Bailey 2009) o al enfoque deductivo aplicado en varios mapas de ecosistemas (Sayre *et al.* 2009, Baéz *et al.* 2010), que se centran en comprender los procesos que causan y controlan el patrón de los ecosistemas en un lugar determinado y así delimitar las unidades de estos ecosistemas, a partir de la identificación y variación en el espacio y tiempo de su estructura vertical. Estas aproximaciones consideran las unidades de ecosistemas como unidades discretas, donde se asume que los procesos ecológicos y las comunidades bióticas son particulares y responden a los factores formadores que originaron la unidad.

La identificación de ecosistemas en mapas se ha desarrollado particularmente para incorporar políticas nacionales relacionadas con humedales (Etter 1998, Ministerio de Ambiente y IAvH 1999, Ministerio del Medio Ambiente 2002), establecer tendencias sobre los recursos naturales, conservar



D. Morales-B.



D. Morales-B.



Figura 6. a) Bosque de galería inundado. Amazonas. Foto: M. A. Morales-Betancourt. b) Bosque inundable, Yahuaraca. Amazonas. Foto: M. A. Morales-Betancourt. c) Morichal, Casanare. Foto: F. Trujillo. d) Vegetación acuática en lagos de la Amazonia. Foto: M. A. Morales-Betancourt. e) Laguna inundable de origen pluvial Casanare. Foto: F. Trujillo. f) Laguna construída por la industria petrolera. Foto: F. Trujillo.

(uso y manejo) y más recientemente, para entender los efectos de periodos invernales atípicos (Ministerio de Ambiente y IAvH 1999, Ministerio del Medio Ambiente 2002, Ideam 2010, Sinchi 2012).

Crear cartografía de los ecosistemas acuáticos de agua dulce, tiene que ver con la definición de una clasificación que pueda ser traducida a referentes espaciales explícitos en toda la geografía nacional, consi-

derando como se ha hecho con la inclusión de los biomas y coberturas de la tierra, que son parámetros iniciales (Brinson 1993, Meidinger 2003). Cualquier clasificación y mapeo de ecosistemas de agua dulce o de humedales de aguas interiores deben partir de la Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra, metodología CORINE Land Cover, adaptada para Colombia a escala 1:100.000 (Ideam 2010). Esta se aplicó a los hábitats de humedales del piedemonte amazónico, donde se identificaron pantanos arbustivos herbáceos interfluviales de chusquias, humedales riparios o bosques riparios, complejos de humedales periódicos o pantanos y bosques inundables, madrevejas o lagunas y humedales en islas periódicas (Ricaurte *et al.* 2012).

De acuerdo al trabajo del Ideam (2010), es clave hacer referencia al capítulo 5 “Superficies de agua continentales”, las coberturas del capítulo 4 correspondiente a “Áreas húmedas” y el capítulo 3 “Bosques y áreas seminaturales”, específicamente los correspondientes a bosques inundables y herbazales inundables, ya que deberán vincularse los biomas que dan cuenta de los aspectos físicos relacionados con el clima y el relieve, para identificar los ecosistemas de agua dulce.

La caracterización de coberturas oficial para Colombia a escala 1:100.000, permite seleccionar los ecosistemas que están asociados a cuerpos de agua o a zonas periódicamente inundables. Estas áreas, combinadas con los biomas, permitirán contar con unidades discretas cuyas diferenciaciones lleven a definir lo que en primera instancia se han denominado ecosistemas de agua dulce, que pueden asimilarse a humedales de aguas interiores (Hernández y Sánchez 1992). Los análisis dentro de los cuerpos de agua deben incluir las superficies y cau-

ces que son permanentes, intermitentes y/o estacionales, localizados al interior del continente. Esta categoría está constituida por ríos, lagunas, lagos, ciénagas naturales, canales y cuerpos de agua artificiales.

Las zonas inundables periódicamente comprenden aquellas coberturas constituidas por terrenos anegadizos, que pueden ser temporalmente inundados y estar parcialmente cubiertos por vegetación acuática y localizados al interior del continente. En esta categoría también se incluyen las áreas con vegetación de tipo arbóreo, localizadas en las franjas adyacentes a los cuerpos de agua (lóticos), y que corresponden a las vegas de divagación y llanuras de desborde con procesos periódicos de inundación. Los ecosistemas a definir en estas zonas inundables están asociadas a zonas pantanosas, turberas, vegetación acuática sobre cuerpos de agua, bosque denso alto inundable, bosque denso bajo inundable, bosque abierto alto inundable, bosque abierto bajo inundable y herbazal denso inundable (Figura 6).

Por último, la Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra (Ideam 2010), describe las coberturas asociadas a estos ecosistemas. Dada la importancia de la misma para efectos de este documento, a continuación se incluyen los principales consideraciones de dicha aproximación.

a) Bosques y áreas seminaturales

“Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales que son el resultado de procesos climáticos; también por aquellos territorios constituidos por suelos desnudos y afloramientos rocosos y arenosos, resultantes de la ocurrencia de procesos naturales o inducidos de degradación” (p. 39).

HUMEDALES INTERIORES DE COLOMBIA



D. Morales-B.

Bosque denso alto inundable. “Corresponde a 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 metros y que se encuentra localizada en las franjas adyacentes a los cuerpos de agua (lóticos), las cuales corresponden principalmente a las vegas de divagación y llanuras de desborde con procesos de inundación periódicos con una duración mayor a dos meses” (p. 42).

Bosque denso bajo inundable. “Corresponde a 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, y con altura del dosel entre 5 y 15 metros y que se encuentra localizada en las franjas adyacentes a los cuerpos de agua (lóticos), las cuales corresponden principalmente a las vegas de divagación y llanuras de desborde con procesos de inundación periódicos con una duración superior a dos meses” (p. 43).

Bosque abierto alto inundable. “Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos regularmente distribuidos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) discontinuo, con altura del dosel superior a 15 metros, cuya área de cobertura arbórea representa entre 30% y 70% del área total de la unidad y que se encuentra localizada en las franjas adyacentes a los cuerpos de agua (lóticos), las cuales corresponden principalmente a las vegas de divagación y llanuras de desborde con procesos de inundación periódicos con una duración de más de dos meses” (p.44).

Bosque abierto bajo inundable. “Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos

regularmente distribuidos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) discontinuo, con altura del dosel superior a cinco metros e inferior a 15 metros, cuya área de cobertura arbórea representa entre 30% y 70% del área total de la unidad. Se encuentra localizado en las franjas adyacentes a los cuerpos de agua (lóticos), las cuales corresponden principalmente a las vegas de divagación y llanuras de desborde con procesos de inundación periódicos con una duración de más de dos meses” (p.45).

Bosque de galería y ripario. “Se refiere a las coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. Este tipo de cobertura está limitada por su amplitud, ya que bordea los cursos de agua y los drenajes naturales. Cuando la presencia de estas franjas de bosques ocurre en regiones de sabanas se conoce como bosque de galería o cañadas, las otras franjas de bosque en cursos de agua de zonas andinas son conocidas como bosque ripario” (p. 46).

Herbazal denso inundable. “Corresponde a una cobertura natural constituida por un herbazal denso, el cual se desarrolla en áreas que están sujetas a periodos de inundaciones, las cuales pueden presentar o no elementos arbóreos y/o arbustivos dispersos. Se recomienda el uso de información secundaria de apoyo para complementar el análisis pictórico para la identificación de las áreas inundables” (p. 50).

b) Áreas húmedas continentales

“Las áreas húmedas hacen referencia a los diferentes tipos de zonas inundables, pantanos y terrenos anegadizos en los cuales el nivel freático está a nivel del suelo en forma temporal o permanente. Fueron diferenciados los siguientes tipos” (p. 61)

Zonas pantanosas. “Esta cobertura comprende las tierras bajas, que generalmente

permanecen inundadas durante la mayor parte del año; pueden estar constituidas por zonas de divagación de cursos de agua, llanuras de inundación, antiguas vegas de divagación y depresiones naturales donde la capa freática aflora de manera permanente o estacional. Comprenden hondonadas donde se recogen y naturalmente se detienen las aguas, con fondos más o menos cenagosos. Dentro de los pantanos se pueden encontrar cuerpos de agua, algunos con cobertura parcial de vegetación acuática, con tamaño menor a 25 ha, y que en total representan menos de 30% del área total del pantano” (p. 61).

Turberas. “Son terrenos bajos de tipo pantanoso, de textura esponjosa, cuyo suelo está compuesto principalmente por musgos y materias vegetales descompuestas. Se encuentran frecuentemente en áreas andinas en terrenos situados por encima de los 3.200 m s.n.m.” (p. 62).

Vegetación acuática sobre cuerpos de agua. “Bajo esta categoría se clasifica toda aquella vegetación flotante que se encuentra establecida sobre cuerpos de agua, recubriéndolos en forma parcial o total. Comprende vegetación biotipológicamente clasificada como Pleustophyta, Rizophyta y Haptophyta. En Colombia, esta cobertura se encuentra asociada con lagos y lagunas andinos en proceso de eutrofización y en las zonas bajas asociada con cuerpos de agua localizados en las planicies de inundación o desborde” (p. 62).

c) Superficies de agua / aguas continentales

“Son cuerpos de agua permanentes, intermitentes y estacionales que comprenden lagos, lagunas, ciénagas, depósitos y estanques naturales o artificiales de agua dulce (no salina), embalses y cuerpos de agua en movimiento, como los ríos y canales. Dentro esta

categoría se encuentran los siguientes elementos” (p. 65).

Ríos (50 m). “Un río es una corriente natural de agua que fluye con continuidad, posee un caudal considerable y desemboca en el mar, en un lago o en otro río. Se considera como unidad mínima cartografiada aquellos ríos que presenten un ancho del cauce mayor o igual a 50 m” (p. 65).

Lagunas, lagos y ciénagas naturales. “Superficies o depósitos de agua naturales de carácter abierto o cerrado, dulce o salobre, que pueden estar conectadas o no con un río o con el mar. En la zona andina hay cuerpos de agua (lagos y lagunas) situados en alta montaña que constituyen las áreas de nacimiento de ríos. En las planicies aluviales se forman cuerpos de agua denominados ciénagas, que están asociadas con las áreas de desborde de los grandes ríos. Las ciénagas pueden contener pequeños islotes arenosos y lodosos, de formas irregulares alargadas y fragmentadas, de pequeña área, los cuales quedan incluidos en el cuerpo de agua siempre que no representen más de 30% del área del cuerpo de agua” (p. 66).

Canal. “Cauce artificial abierto que contiene agua en movimiento de forma permanente, que tiene un ancho mínimo de 50 m y que puede enlazar o no dos masas de agua. Comprende los canales de navegación y los de los distritos de riego” (p. 66).

Cuerpos de agua artificiales. “Esta cobertura comprende los cuerpos de agua de carácter artificial, que fueron creados por el hombre para almacenar agua usualmente con el propósito de generación de electricidad y el abastecimiento de acueductos, aunque también para prestar otros servicios tales como control de caudales, inundaciones, abastecimiento de agua, riego y con fines turísticos y recreativos” (p. 67).



D. Morales-B.

Bibliografía

- Ajiaco-Martínez, R. E., H. Ramírez-Gil, P. Sánchez-Duarte, C. A. Lasso y F. Trujillo. 2012. IV. Diagnóstico de la pesca ornamental en Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C., Colombia. 152 pp.
- Baéz, S., S. Salgado, J. Santiana, F. Cuesta, M. Peralvo, R. Galeas, C. Josse, Z. Aguirre, G. Navarro, W. Ferreira, X. Cornejo, H. Moggollón, C. Ulloa-Ulloa, S. León-Yáñez, B. Stáhl y G. Toasa. 2010. Propuesta metodológica para la representación cartográfica de los ecosistemas del Ecuador Continental. Ministerio de Ambiente del Ecuador, Quito. 113 pp.
- Bailey, R. G. 2009. Ecosystem geography: from ecoregion to sites. Second Edition. New York: Springer-Verlag. 216 pp.
- Barrera, N. 2008. Formulación del plan de manejo ambiental de los humedales urbanos y suburbanos de Coroncoro, El Charco, Calatrava, Juanambú, Caracolí, Zuria en el municipio de Villavicencio y la laguna de San Vicente en el municipio de Puerto Rico departamento del Meta. Cormacarena. 20 pp.
- Bermúdez-Romero, A. L., F. Trujillo, C. Solano, J. C. Alonso y B. L. Ceballos-Ruiz (Eds). 2010. Retos locales y regionales para la conservación de la fauna acuática del Sur de la Amazonía colombiana. Corpoamazonia, Instituto Sinchi, Fundación Omacha, Fundación Natura. Bogotá, Colombia. 150 pp.
- Botero, A. L., V. J. de la Ossa, P. Espitia y A. de la Ossa-Lacayo. 2009. Importancia de los jagüeyes en las sabanas del Caribe colombiano. *Revista Colombiana de Ciencia Animal* 1 (1): 71- 84.
- Brinson, M. M. 1993. A hydrogeomorphic classification for wetlands, Technical Report WRP-DE-4, U.S. Army Corps of Engineers Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS. 8 pp.
- Caro C. I., F. Trujillo, C. F. Suárez y J. S. Usmá. 2010. Evaluación y oferta regional de humedales de la Orinoquia: contribución a un sistema de clasificación de ambientes acuáticos. Pp. 433-447. En: Lasso, C. A., J. S. Usmá, F. Trujillo y A. Rial (eds.). 2010. Biodiversidad de la cuenca del Orinoco: bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle e Instituto de Estudios de la Orinoquia (Universidad Nacional de Colombia). Bogotá, D. C. Colombia.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR. 2011. Humedales del territorio CAR, consolidación del sistema de humedales de la jurisdicción CAR. Bogotá, CAR. 75 pp.
- Corporación para el Desarrollo Sostenible de la Mojana y el San Jorge - Corpomojana. 2000. Plan de manejo ambiental de los humedales asociados al bajo río San Jorge en los municipios de Caimito, San Benito Abad y San Marcos, Sucre. Corpomojana. 128 pp.
- Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge - CVS y Conservación Internacional Colombia. 2009. Plan de manejo y gestión ambiental del complejo cenagoso de la cuenca del caño La Caimanera. Bogotá. 150 pp.
- Cowardin, L. M., V. Carter, F. C. Golet, y E. T. LaRoe. 1979. Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. FWS/OBS-79/31. Washington: Fish and Wildlife Service, U.S. Department of Interior. 131 pp.
- Correa Velásquez, P. L., A. Barrientos Zuluaga, M. Benjumea Hernández y A. L. Estrada. 2008. Plan de manejo y ordenamiento ambiental del complejo cenagoso del Bajo Sinú. Medellín: Corporación autónoma regional de los valles del Sinú y del San Jorge, Universidad Nacional de Colombia. 208 pp.
- Corporación Autónoma Regional del Atlántico - CRA y Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique - Cardique. 2002. Plan de manejo ambiental del complejo de ciénagas el Totumo, el Guájaro y el Jobo en la ecorregión del canal del Dique. Ministerio de Medio Ambiente-Banco Interamericano de Desarrollo (convenio No. 201680). 243 pp.
- Corporación Autónoma Regional del Atlántico - CRA, Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente - DAMAB, Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena - Cormagdalena y Conservación Internacional Colombia. 2006. Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca hidrográfica de la ciénaga de Mallorca. Disponible en: <http://www.crautonoma.gov.co/documentos/mallorquin/aprestamiento/proyectomallorquin.pdf>.
- Departamento Técnico Administrativo Medio Ambiente - DAMA. 2000. Historia de los humedales de Bogotá, con énfasis en cinco de ellos. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C. 106 pp.
- Donato J. C. 1991. Los sistemas acuáticos de Colombia síntesis y revisión. *Universidad Javeriana Cuadernos Divulgativos* 4: 1-8.
- Duque, S. R., J. E. Ruiz, J. Gómez, y E. Roessler. 1997. Limnología. Pp: 71-134. En: IGAC (ed.). Zonificación ambiental para el plan modelo Colombo - Brasileiro (Eje Apaporis- Tabatinga: PAT). Editorial Linotipia. Santafé de Bogotá.
- Duque, A. D. 2002. Clasificación y localización de los humedales en Colombia. Pp. 48-50. En: Rivera Gutiérrez, M. y Caicedo D. (Eds). Manejo de humedales, memorias curso de entrenamiento. Bogotá: Ministerio del Medio Ambiente.
- Etter, A. 1998. Mapa de general de ecosistemas de Colombia, escala 1:2.000.000. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, D. C.
- Franco, L. y G. Andrade (Eds). 2007. Fúquene, Cucunubá y Palacío. Conservación de la biodiversidad y manejo sostenible de un ecosistema lagunar andino. Bogotá: Fundación Humedales, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 364 pp.
- Garay, J., J. Restrepo, O. Casas, O. Solano, y F. Newmark. 2004. Los manglares de la Ecorregión Ciénaga Grande de Santa Marta: pasado, presente y futuro. Serie de publicaciones especiales Número 11. Santa Marta: Invepar.
- Garzón, N. V. y Gutiérrez J. C. 2013. Deterioro de humedales en el Magdalena Medio: un llamado para su conservación. Fundación Alma e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá. 145 pp.
- Gómez, I., A. Rivera, y J. Guzman. 2007. Humedales de la reserva de biosfera El Tuparro, una guía para su conocimiento y conservación. Bogotá: Fundación Omacha. 143 pp.
- Guhl, E. 1982. Los páramos circundantes de la sabana de Bogotá. Jardín Botánico José Celestino Mutis. Bogotá. 127 pp.
- Guerrero, E. (Ed.) 1998. Una aproximación a los humedales en Colombia. Bogotá: Fondo FEN Colombia. 163 pp.
- 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 los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia, 335 pp.
- Hering, D., A. Borja, J. Carstensen, L. Carvalho, M. Elliott, C. K. Feld, A. S. Heiskanen, R. K. Johnson, J. Moe, D. Pont, A. L. Solheim, y W. Van De Bund. 2010. The European water framework directive at the age of 10: A critical review of the achievements with recommendations for the future. *The Science of the Total Environment* 408: 4007-4019.
- Hernández J. y H. Sánchez 1992. Biomas de Colombia. En: Diversidad Biológica de Iberoamérica. *Acta Zoológica Mexicana*: 153-174.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia- Ideam. 1998. Humedal del valle del río Sinú. Ideam Bogotá. 26 pp.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia- Ideam.



D. Morales-B.

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.
- IAvH, Fundación Omacha, WWF Colombia. 2007. Ambientes acuáticos identificados en la cuenca baja del río Inírida y estrella fluvial. Contribución a la designación de área Ramsar en la Estrella Fluvial de Inírida. Informe. Fundación Omacha Bogotá. 24 pp.
 - Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. 2012. Documento conceptual: antecedentes y propuesta de macrozonas para clasificar ecosistemas acuáticos en Colombia. Informe de avance No 2, del convenio 17 de 2012 (MADS-SINCHI). Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Bogotá, D. C.
 - Junk, W., M. T. F. Piedade, J. Schöngart, M. Cohn-Haft, J. M. Adeney, F. Wittmann. 2011. A classification of major naturally-occurring Amazonian lowland wetlands. *Wetlands* 31: 623–640.
 - Junk, W. J., P. B. Bayley y R. E. Sparks. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences* 106: 110–127.
 - Kapetsky, J. M. 1977. Some ecological aspects of the shallow lakes of the Magdalena floodplain, Colombia. Paper presented to the Intertropical Symposium on stability and diversity in tropical communities. Panamá.
 - Laíz, O. y C. A. Borda. 1999. Aporte al conocimiento de la ictiofauna asociada a la PCH Bahía solano, Quebrada Mutatá, cuenca río Valle, costa norte Pacífico chocoano. Pp. 200-225. En: Plan de Manejo Ambiental PCH Mutatá - Bahía Solano, Consorcio Colombo - Cubano.
 - Lasso, C. A., J. S. Usma, F. Trujillo y A. Rial (Eds.) 2010. Biodiversidad de la cuenca del Orinoco: bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle de Ciencias Naturales e Instituto de Estudios de la Orinoquia. Bogotá, D. C., Colombia. 609 pp.
 - 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 (Eds.). 2011a. I. Catálogo de recursos pesqueros continentales de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt Colombia. Bogotá. 714 pp.
 - Lasso, C. A., F. de P. Gutiérrez, M. Morales-Betancourt, E. Agudelo, H. Ramírez-Gil y R.E. Ajiaco-Martínez (Eds.). 2011b. II. Pesquerías continentales de Colombia: cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertiente del Pacífico. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia, 304 pp.
 - Lasso, C. A., A. Rial, C. Matallana, W. Ramírez, J.C. Señaris, A. Díaz-Pulido, G. Corzo, A. Machado-Allison (eds.). 2011c Biodiversidad de la cuenca del Orinoco. II. Áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle de Ciencias Naturales e Instituto de Estudios de la Orinoquia. Bogotá, D. C., Colombia. 304 pp.
 - Lasso, C. A., R. S. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt y E. Agudelo-Córdoba (Eds.). 2013a. IX. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia. 368 pp.
 - Lasso, C. A., A. Rial y V. González-B. (Eds). 2013b. VII. Morichales y canangunchales de la Orinoquia y Amazonia: Colombia - Venezuela. Parte I. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia. 344 pp.
 - Lasso, C. A., A. Rial, G. Colonello, A. Machado- Allison, y F. Trujillo (Eds.). 2014a. XI. Humedales de la Orinoquia (Colombia-Venezuela). Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia. 305 pp.
 - Lasso, C. A. J. F. Blanco-Libreros y P. Sánchez-Duarte (Eds.). 2015. 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. 455 pp.
 - Maldonado-Ocampo, J., R. Vari y J. S. Usma. 2008. Checklist of the freshwater fishes in Colombia. *Biota Colombiana* 9: 143–237.
 - Mesa S., L. M. y C. A. Lasso. 2011. III. Revisión del género *Apistogramma* Regan, 1913 (Perciformes, Cichlidae) en la cuenca del río Orinoco. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. 192 pp.
 - Meidinger, D.V. 2003. Protocol for accuracy assessment of ecosystem maps. Technical report 11. British Columbia, Ministry of Forest, Forest Science Program. Victoria: Crown Publications. 23 pp.
 - Ministerio del Medio Ambiente, IAvH. 2002 Política Nacional para humedales interiores de Colombia, estrategias para su conservación y uso sostenible. Ministerio del Medio Ambiente. 67 pp.
 - Mitsch W. J. y J. G. Gosselink. 2000. Wetlands (Third edition). New York: John Wiley & Sons, Inc. 920 pp.
 - Morales-Betancourt, M. A., C. A. Lasso, J. de La Ossa y A. Fajardo-Patiño (Eds). 2013. VIII. Biología y conservación de los Crocodylia 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, 336 pp.
 - Morales-Betancourt, M. A., C. A. Lasso, F. Trujillo y V. P. Páez. 2012. Planes de manejo y/o acción. Pp. 417-502. En: Páez, V. P., M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, O. V. Castaño-Mora y B. C. Boock (Eds.). V. Biología y conservación de las tortugas 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.
 - Moreno-Bejarano, M. y R. Álvarez- León. 2003. Fauna asociada a los manglares y otros humedales en el delta-estuarino del río Magdalena, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 27 (105): 517-534.
 - Naranjo, L. G., G. I. Andrade y E. Ponce De León. 1999. Humedales interiores de Colombia: bases técnicas para su conservación y uso sostenible. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH) y Ministerio del Medio Ambiente. 79 pp.
 - Olson, D., B. Chenoff, G. Burgess, I. Davidson, P. Canevari, E. Dinerstein, G. Castro, V. Morisset, R. Abell y E. Toledo. 1997. Freshwater biodiversity in Latin America and the Caribbean: a conservation assessment. Santa Cruz de la Sierra Workshop. 70 pp.
 - Ortega-Lara, A., J. Usma, P. Bonilla y N. Santos 2006. Peces de la cuenca del río Patía, vertiente del Pacífico colombiano. *Biota Colombiana* 7 (2): 179 - 190.

HUMEDALES INTERIORES DE COLOMBIA

- Páez, V. P., M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, O. V. Castaño-Mora y B. C. Bock (Editores). 2012. V. Biología y conservación de las tortugas 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, 528 pp.
- Pardo I., R. Abraín, C. Gómez-Rodríguez y E. García-Roselló. 2010. Aplicación de los sistemas de evaluación del estado ecológico desarrollados para ríos en la aplicación de la Directiva Marco del agua en la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico. Ministerio de Agricultura, alimentación y medio ambiente: España. 141 pp.
- Rangel-Ch., J. O. 2012a. Colombia diversidad biótica XII. La región Caribe de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. 1018 pp.
- Rangel-Ch., J. O. 2012b. La biodiversidad de municipios del Caribe de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. 694 pp.
- Rangel-Ch., J. O., H. Arellano y H. Garay. 2013. Zonificación y plan de manejo ambiental del complejo cenagoso de Zapatosa. CorpoCesar- Universidad Nacional de Colombia. 81 pp.
- Ricaurte, L. F., J. Jukka, A. Siqueira, M. Nuñez-Avellaneda, C. Martín, A. Velázquez-Valencia y K. M. Wantzen. 2012. Wetland habitat diversity in the amazonian piedmont of Colombia. *Wetlands* 32:1189-1202. DOI 10.1007/s13157-012-0348-y.
- Ricerca e cooperazione y Corpogujira. 2002. La laguna Buenavista y su gente. Proyecto prolagunas, protección y recuperación de humedales costeros del caribe colombiano. Bogotá: Nueva gráfica. 20 pp.
- Sánchez-Garcés, G. C., A. Ortega-Lara y O. Valencia. 2006. Caracterización de la ictiofauna en la cuenca baja de los ríos San Cipriano y Escalerete, Pacífico Vallecaucano. Buenaventura. Universidad Autónoma de Occidente - Fundación para la Investigación y el Desarrollo Sostenible, Funindes - Fundación San Cipriano. 119 pp.
- Salazar Ramírez, M. I., M. Carmona-Tobar, N. Gómez-Hoyos, L. A. Muñoz-Ascárate, M. C. Ossa-Guevara, y L. F. Ordóñez-Escobar (Eds). 2009. Humedales del valle geográfico del río Cauca: génesis, biodiversidad y conservación. Cali: Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. 182 pp.
- Sayre, R., P. Comer, H. Warner y J. Cress. 2009. A new map of standardized terrestrial ecosystems of the conterminous United States, in professional paper 1768. U.S. Geological Survey. 17 pp.
- Scott, D. A. y M. Carbonell. 1986. A directory of neotropical wetlands. Cambridge: IUCN Conservation Monitoring Centre. 684 pp.
- Trujillo, F., J. S. Usma y C. A. Lasso (Eds.). 2014. Biodiversidad de la Estrella Fluvial Inírida - WWF Colombia, CDA, Fundación Omacha, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Colombia, Bogotá. 328 pp.
- Téllez, P., P. Petry, T. Walschburger, J. Higgins y C. Apse. 2012. Portafolio de conservación de agua dulce para la cuenca del Magdalena-Cauca (Segunda edición). Bogotá: Cormagdalena, The Nature Conservancy. 199 pp.
- Trujillo, F., J. C. Alonso, M. C. Diazgranados y C. Gómez. 2008. Fauna acuática amenazada en la Amazonía Colombiana, análisis y propuesta para su conservación. Fundación Omacha, Fundación Natura, Instituto Sinchi, Corpoamazonía. Bogotá, Colombia. 150 pp.
- Trujillo F., A. Rial, S. Canon, D. M. Rojas, F. Sierra. 2010a. Informe Diagnóstico sobre el estado de conocimiento y conservación de la flora acuática y mamíferos asociados a los humedales de las cuencas Orinoco, Magdalena y Cauca. Bogotá: Fundación Omacha - IAvH.
- Trujillo, F., M. A. Montes, J. D. Quesada, C. R. Largo, M. Erazo, D. Riaño, J. Gómez, L. Cortez, D. Rodríguez y J. M. García. 2010b. Informe Diseño y formulación del plan de conservación y manejo integral de la Laguna La Primavera, Municipio de La Primavera, Departamento del Vichada. Fundación Omacha - Corporinoquia.
- Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano (Ed.). 2001. La laguna de Navío Quebrado, el ambiente y su gente. Proyecto prolagunas, protección y recuperación de humedales costeros del caribe colombiano. Bogotá. 15 pp.
- Universidad Nacional de Colombia - Fundación Omacha. 2007. Plan de manejo ambiental de los humedales localizados en el sistema de várzea comprendida en el interfluvio de los ríos Loretoyacu y Amazonas, en el marco del plan de vida del Resguardo Indígena Ticuna, Cocama y Yagua de Puerto Nariño y el Esquema de Ordenamiento Territorial Municipal de Puerto Nariño (Amazonas). Convenio Interadministrativo 0992006 Universidad Nacional - Corpoamazonía. Leticia, Colombia. 251pp.
- Urrego L. E. 1997. Los bosques inundables del medio Caquetá: caracterización y sucesión. Estudios en la Amazonia Colombiana (Tomo XIV). Bogotá: Tropenbos Colombia. 335 pp.
- Vanotte, 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.
- Usma, J. S. y F. Trujillo (Eds.). 2011. Biodiversidad del departamento de Casanare: identificación de ecosistemas estratégicos. Gobernación del Casanare - WWF Colombia. Bogotá D.C. Colombia. 286 pp.
- Villa-Rivera, W., D. López-Matta, H. A. Tavera-Escobar, y M. F. Delgado-Hernández. 2009. Plan de manejo del sitio Ramsar Delta del río Baudó. Cali: Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, y WWF Colombia.



D. Morales-B.



Laguna Colorada, Cumbal. Foto: M. Cabrera.



5. Uso de la biota acuática en la identificación, caracterización y establecimiento de límites en humedales interiores

5.1 Marco biogeográfico

Carlos A. Lasso, Monica A. Morales-Betancourt y Diana Morales-B.

En Suramérica, Canevari *et al.* (2001), identificaron 19 ecorregiones de humedales. En esta clasificación se reconocieron las cuencas de los ríos Amazonas, Orinoco y humedales asociados; la costa Pacífica de Colombia y Ecuador; la región Andes del norte y costas del Caribe, coincidiendo en gran medida con el mapa de zonificación hidrográfica de Colombia elaborado por el Ideam (2013) (Figura 1). Las ecorregiones de humedales fueron establecidas considerando la biodiversidad, especialmente las especies endémicas, raras, en peligro de extinción, carismáticas, de valor económico; fenómenos biológicos relevantes; beneficios económicos y sociales; las amenazas e impactos de la actividad humana y el potencial de conservación en función de la condición del sitio y de la cuenca de captación; la población humana y la existencia de planes de conservación, entre otros (Canevari *et al.* 2001). Aún incluyendo estas variables, los humedales se siguen agrupando en una zonificación hidrológica que da cuenta finalmente, del marco biogeográfico del país.

Hernández-Camacho *et al.* (1992), propusieron nueve unidades biogeográficas para Colombia: Territorios Insulares Oceánicos Caribeños; Territorios Insulares Oceánicos del Pacífico; Cinturón Árido Pericaribeño; Macizo de la Sierra Nevada de Santa Marta; Provincia Biogeográfica Choco-Magdalena; Provincia Biogeográfica de la Orinoquia; Provincia Biogeográfica de la Guayana; Provincia Biogeográfica de la Amazonia y Provincia Biogeográfica Norandina.

Por otro lado, las cinco áreas o cuencas hidrográficas reconocidas de acuerdo a la zonificación realizada por el Ideam (2013) son: Amazonas, Orinoco, Caribe, Magdalena-Cauca y Pacífico (Figura 1), las cuales se pueden agrupar en dos grandes regiones: cisandina (áreas que drenan hacia la cuenca del Amazonas y Orinoco) y transandina (áreas que drenan hacia la vertiente de Caribe, Magdalena-Cauca y Pacífico) (Hernández-Camacho *et al.* 1992). Estas áreas son resultado del proceso geológico y paleohidrográfico que fue moldeando el territorio colombiano, dando origen a las cuencas actuales como se explica detalladamente en Flórez (2003) y Galvis *et al.* (2012).

En la Era Mesozoica (Cretáceo) existía una separación clara entre África y Suramérica,



M. A. Morales-Betancourt

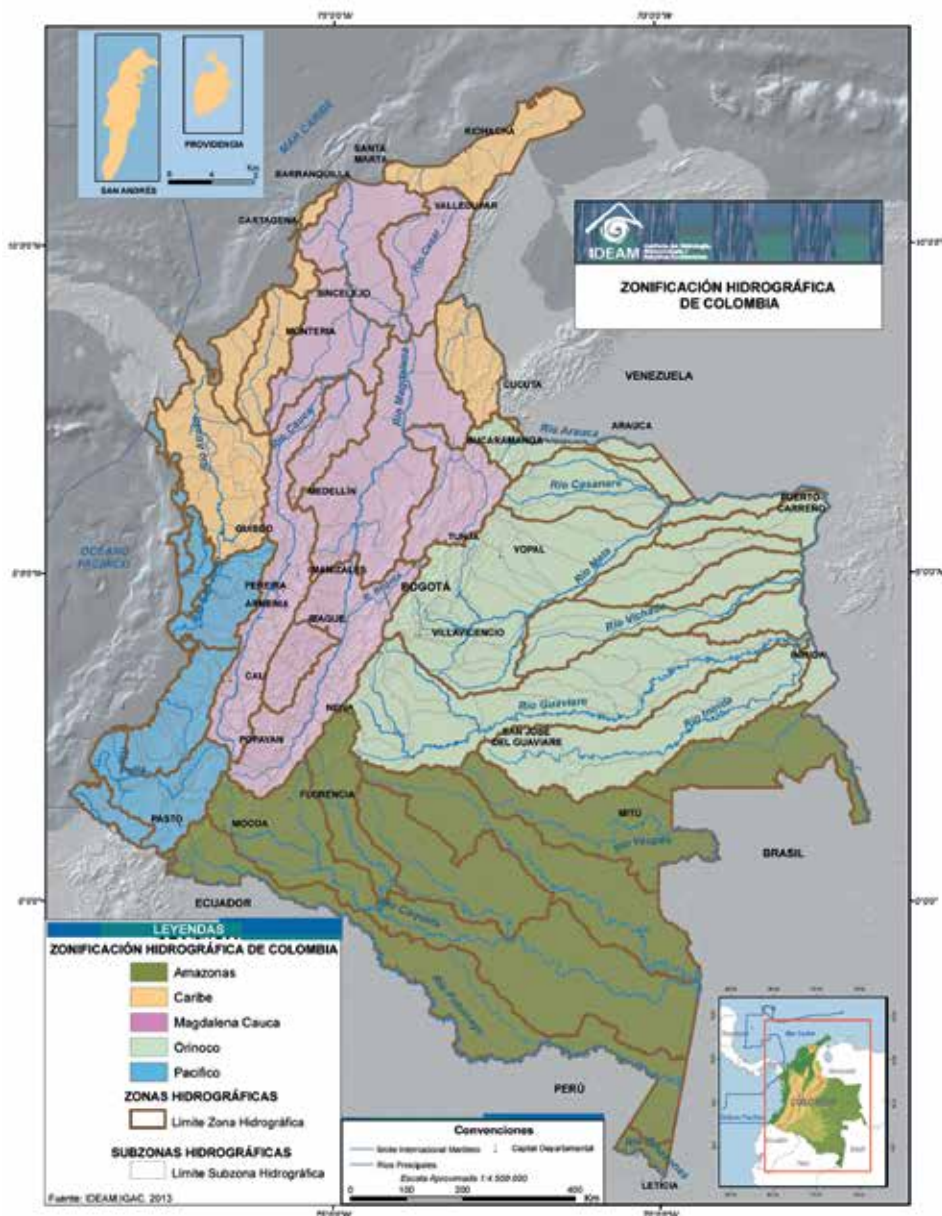


Figura 1. Zonificación hidrológica de Colombia. Fuente: Ideam (2013).

la cordillera Central había emergido como una isla y mantenía unida la Serranía de San Lucas y la Sierra Nevada de Santa Marta. El norte del continente continuó emergiendo, el Escudo Guayanés y la cordillera Central drenaban a una zona de pantanos y turberas que se consolidó como el Sistema Pebas, una megacuenca semi-endorreica, que abarcaba desde Bolivia hasta el Lago de Maracaibo, y que posteriormente comenzó a drenar hacia el Caribe (Cadena 2012). Al inicio de la era Cenozoica (Paleoceno), la cordillera Occidental era una cadena volcánica submarina. Posteriormente, durante el Eoceno, emergieron la Serranía de San Jacinto al norte, y la serranía de Los Paraguas, cerros Tatamá, y más al suroriente, los Farallones de Citará. En el Mioceno tuvo lugar la mayor actividad volcánica. Se inicia el levantamiento de la cordillera Oriental en la región entre Huila y Caquetá y se desprende la Sierra Nevada de Santa Marta de la Serranía de San Lucas, pero no así la Serranía del Perijá, por lo que durante este periodo el río Magdalena todavía drenaba al Lago Maracaibo. Posteriormente, la plataforma continental del norte colapsó y el río Magdalena se dirigió hacia la depresión Momposina. Se inició la formación del istmo de Panamá; las serranías del Darién, Baudó y Dabeiba se elevaron creando las primeras cuencas del Chocó biogeográfico, pero se mantuvo la separación del Atrato entre América del Sur y Centroamérica. Los procesos más recientes incluyeron el levantamiento del Macizo de Garzón, de la cordillera Oriental y la formación del valle del alto Magdalena; la división de la Sierra Nevada de Santa Marta de la Serranía de San Lucas y el levantamiento del Arco del Vaupés, que dividió el Orinoco del Amazonas y el desborde de este último, dando origen a la desembocadura actual (Flores 2003, Galvis *et al.* 2012).

5.2 Cuencas hidrográficas

En Colombia la primera vez mención relativa a la ordenación de las cuencas hidrográficas y la necesidad de establecer planes para su manejo se hace en 1974 con el Decreto Ley 2811. Posteriormente, tras la nueva Constitución de 1991 y en el marco de la Ley 99 de 1993, se articula su manejo dentro de los Planes de Ordenamiento Territorial-POT con la Ley 388 de 1997 y con subsiguientes decretos, que reglamentan su zonificación y los casos de cuencas compartidas entre diferentes entidades con jurisdicción en ellas. En 2010, la Política Nacional de Gestión Integral de Recurso Hídrico, incluye el enfoque de cuenca (MA-VDT 2010).

En concordancia con la normativa y políticas nacionales, primero el Inderena y posteriormente el Ideam, se han encargado de brindar lineamientos técnicos sobre este tema. En 1982 el Inderena publicó las memorias del “Primer congreso nacional de cuencas” (Inderena - ISA 1982) y el fomento al tema fue tal, que en 1983 la CVC compila la información referente a cuencas a nivel nacional (Hernández de Caldas 1983). Tras la creación del Ideam en 1993, el instituto establece la “Guía técnica científica para la ordenación de cuencas hidrográficas” (Ideam 2004a, 2008), actualizada posteriormente por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en 2013.

En 2012 por el Decreto 1640 se establecen como primera unidad hidrográfica, cinco macrocuencas o áreas hidrográficas: Caribe, Magdalena-Cauca, Orinoco, Amazonas y Pacífico (artículo 4 y artículo 10), de acuerdo al mapa de zonificación ambiental del Ideam (artículo 16). A continuación se hace una breve reseña de cada una de ellas.

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA

Amazonas

La cuenca del Amazonas incluye nueve zonas o subcuencas: Guainía, Vaupés, Apaporis, Caquetá, Yari, Caguán, Putumayo, Napo y Amazonas (Ideam 2013), con 447.274 km², que equivalen al 3,7% de los bosques húmedos tropicales del mundo (Agudelo *et al.* 2011) (Figura 2).

Se caracteriza por un clima que responde a los vientos alisios cálidos y húmedos del noreste y sureste, que llegan cerca a la zona del Ecuador terrestre, pero que se devuelven sin encontrarse, lo que genera un área nubosa (Zona de Convergencia Intertropical -ZCIT) y efectos en el caudal y nivel del agua (Sinchi 2007). Presenta radiación directa durante casi todo el año, una precipitación media anual de 3.307 mm, con máximas en mayo-junio y mínimas en di-

ciembre-enero, con algunas variaciones en la región, así como una temperatura media de 25,3°C (Sinchi 2006).

Se reconocen tres tipos aguas de acuerdo a su origen según Sioli 1965: blancas, claras y negras. Adicionalmente, para la Amazonia colombiana, Duque *et al.* (1996), consideran dos tipos de aguas blancas (tipo I y tipo II).

Las aguas negras son de origen amazónico tienen transparencia elevada (más de 50 cm), alto contenido húmico y fúlvico, son pobres en nutrientes y tienen pH ácido, como ejemplo los ríos Mirití, Paraná, Cara-Paraná e Igara-Paraná. Las aguas blancas son de origen andino, tienen muchos sedimentos suspendidos y disueltos, por lo que son poco transparentes (15-30 cm), mues-

tran altas concentraciones de nutrientes y pH cercano al neutro (tipo I), como el río Amazonas. Las aguas blancas que reciben aportes significativos de ríos de aguas negras, se conocen como tipo II, por los cambios físico-químicos que producen la entrada de estos afluentes. Entre este tipo de aguas están los ríos Putumayo y Caquetá.

Las aguas claras tienen origen en el área del Escudo Guayanés, contienen menos ácidos húmicos y tienen características intermedias entre los dos anteriores. Este es el caso de los ríos Ajajú, San Jorge y Tauraré (Martínez y Sánchez 2007). Rail y Hill (1980) proponen además aguas mixtas en los puntos de confluencia entre las aguas blancas y algunos de los otros dos tipos: claras o negras (Pinilla 2005).

En la región del Amazonas hay importantes zonas de humedales, como es el caso de los ríos Caquetá, Putumayo y Apaporis. Para los dos primeros hay bosque alto inundado y para el último, bosque denso inundable. Son característicos los bosques inundables de aguas blancas (várzeas) y los bosques inundables de aguas negras (igapos) (Sinchi 2007).

Orinoco

La cuenca del Orinoco en Colombia incluye de acuerdo al Ideam (2013), las áreas del propio río Orinoco (Figura 3), además del Inírida, Guaviare, Vichada, Tomo, Meta, Casanare y Arauca, con 347.165 km², donde las principales zonas de humedales se distribuyen en las subcuencas del Meta, Casanare y Guaviare (Ideam 2010).



Figura 2. Río Amazonas, cerca de Leticia. Foto: M. A. Morales-Betancourt.



Figura 3. Raudal Las Ventanas, río Orinoco. Foto: M. A. Morales-Betancourt.



M. A. Morales-Betancourt

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA

La temperatura varía entre 28 a 8°C en la parte alta de la cordillera Oriental, pero en general el clima es cálido y cubre una gran extensión de la cuenca (Ideam 2004b). La mayor precipitación tiene lugar en la vertiente este de la cordillera Oriental, entre los departamentos de Meta y Cundinamarca (4.300 mm), le siguen los otros departamentos del piedemonte andino y la región centro y sur del departamento del Vichada (Rosales *et al.* 2010). Este departamento incluye la región más cálida con temperatura promedio anual de 28 °C en la zona noreste, mientras que la cordillera Oriental registra las temperaturas más bajas (Rosales *et al.* 2010).

La precipitación es monomodal, con periodo de lluvias de abril-diciembre, lo cual produce aumento del caudal de nueve a doce metros en los ríos Orinoco y Guaviare y el incremento de tres a seis en los ríos Arauca y Meta. Entre enero-marzo se presenta el periodo seco. La variación del caudal no implica sólo un cambio en el volumen o la profundidad, sino que además genera cambios físico-químicos que hacen parte de los procesos de los sistemas ecológicos (Ramírez-Gil y Ajiaco-Martínez 2011).

La Orinoquia colombiana, tiene una diferencia geomorfológica significativa a lo largo de la cuenca con variaciones en el relieve entre 5.350 m s.n.m. y 51 m s.n.m., desde montañas en la cordillera de los Andes, la Serranía de La Macarena y sus piedemontes, penillanuras del Guainía y el Vichada, hasta llanuras inundables en el Arauca, Casanare y la altillanura (llanura no inundable), en Meta-Vichada. Así, junto con otras variables se definen que pueden agruparse en cuatro regiones: la Orinoquia andina, la Orinoquia llanera, la Orinoquia guayanesa y el delta.

Los tipos de agua corresponden a los mencionados para el Amazonas: blancas, más productivas con origen en la cordillera Oriental (Guaviare, Meta y Arauca); claras, con origen en la regiones planas cubiertas de bosque (Bita, Daguas-Mesetas, Mataven, Tomo, Tuparro y Vichada); y negras con origen en penillanuras del Escudo Guayanés (Atabapo e Inírida) (Rosales *et al.* 2010).

Caribe

La cuenca del Caribe incluye las siguientes zonas: Atrato-Darién, Caribe-Litoral, Sinú, Caribe-La Guajira, Catatumbo y la zona de las islas del Caribe (Ideam 2013). La subcuenca del Catatumbo si bien es incluida en la vertiente o cuenca del Caribe, forma parte de la cuenca del Lago de Maracaibo en Venezuela, con la que comparte mayor afinidad biogeográfica a nivel faunístico (Lasso obs. pers.). Su variabilidad geográfica es notable, la mayor parte del territorio son planicies bajas, pero a su vez presenta la mayor altura del país en el Pico Cristóbal Colón en la Sierra Nevada de Santa Marta (5.775 m s.n.m.) (Ideam 2012). Incluye además, las serranías de Ayapel y Perijá al sureste y la serranía del Perijá al este. Este relieve genera un clima cálido pero húmedo, contrastando con las demás áreas más secas (Morales-Betancourt *et al.* 2012). La temperatura varía desde los 32°C en la Guajira hasta los 24°C en las estribaciones de las serranías (Ideam 2004a).

Ejemplo de esta variación climática es la cuenca del río Sinú (Figura 4). En su tramo final cerca al mar, la precipitación es menor de 800 mm/año y la temperatura nunca se encuentra por debajo de los 28°C; en la zona del valle la precipitación varía entre los 1.000 y 2.000 mm; hacia la cordillera la temperatura entre 24 a 28°C y la precipitación se registra sobre los 3.000 mm al año

(CVS 2004). En el Atrato, la variación de la precipitación repercute en todo el sistema debido a la estacionalidad de las lluvias, así el caudal aumenta de abril hasta octubre, generando un valle inundado durante todo el año, y solo permanece la parte alta sin inundación (Gutiérrez *et al.* 2011).

Presenta una zona extensa de humedales costeros, donde destacan los del bajo Sinú y Atrato, la Ciénaga Grande de Santa Marta, las lagunas de montaña en la Sierra Nevada de Santa Marta y una importante área en La Mojana. Se considera una de las regiones con mayor transformación del ecosistema natural, del cual se estima que se mantiene sólo un 27,6% sin alteración significativa (Morales-Betancourt *et al.* 2012).



Figura 4. El bajo Sinú (Caribe) se encuentra transformado por múltiples procesos antrópicos asociados a la alteración del cauce, su caudal y la cobertura vegetal adyacente. Foto: D. Morales-B.



M. A. Morales-Betancourt

Magdalena-Cauca

La cuenca del Magdalena-Cauca a pesar de encontrarse en la vertiente Caribe, se separa de esta por su importancia política y económica (Ideam 2013) (Figura 5). Esta cuenca genera el 86% del Producto Interno Bruto (PIB), 75% de la producción agropecuaria (90% de la producción cafetera), el 77% del agua para el consumo, el 70% de la energía de origen hidráulico y 90% de origen termoelectrónica. En resumen, presenta una presión antrópica alta y es, a su vez, estratégica en provisión de servicios de control y amortiguación de inundaciones (Téllez *et al.* 2012).

El río Magdalena nace en el Macizo Colombiano a 3.685 m s.n.m. y el río Cauca

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA



Figura 5. Río Magdalena. Foto: E. Briceño.

a 4.000 m s.n.m. en el Páramo de Sotaró en el Macizo Central (Téllez *et al.* 2012). El área incluye las zonas: alto Magdalena, Saldaña, medio Magdalena, Sogamoso, Cauca, Nechí, bajo Magdalena-Cauca-San Juan, Cesar y bajo Magdalena (Ideam 2013), para un total de 273.459 km² (Téllez *et al.* 2012). La temperatura varía entre los 28°C en la zona de los valles a 4°C en las áreas de páramo (Ideam 2004b). El mayor aporte de caudal en la misma corresponde al Magdalena medio (35%), aunque su rendimiento es de los más bajos (35 l/s-km²). El mayor volumen se observa en noviembre, aunque hay que tener en consideración, que en años secos la escorrentía se reduce en un 55% (Ideam 2010). Otra particularidad de la cuenca es que la escorrentía aporta una gran carga de sólidos suspendidos, generando una descarga de 560 t km⁻² y r⁻¹, tres veces más que el río Amazonas (Restrepo *et al.* 2006).

Pacífico

La vertiente del Pacífico se divide en las siguientes subcuencas: Mira, Patía, (Figura 6) Tapaje Amarales-Dagua, San Juan, Baudó, Pacífico directo e islas del Pacífico (Ideam 2013). El área total de drenaje es de 76.365 km² integrado por más de 200 ríos, cortos y de gran caudal con clima principalmente perhúmedo (Gutiérrez *et al.* 2011), debido a la alta precipitación de la región, lo que se evidencia en los datos estimados para el municipio de Lloró con 13.300 mm, la mayor precipitación anual del mundo (National Oceanic and Atmospheric Administration -NOAA 2009¹).

¹ National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA. 2009. Global Measured Extremes of Temperature and Precipitation. Disponible en: <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/global-extremes.html#hightemp>



M. A. Morales-Betancourt



Figura 6. Río Patía. Foto: M. Longo.

La región tiene el rendimiento hídrico más alto del país, estimado en 124 l/s-km². De todo el volumen drenado, el 64% corresponde a la zona de Amarales-Dagua (caudal medio anual 3.212 mm) y San Juan (caudal medio anual 2431 mm). Durante años secos, se estima que el volumen de la escorrentía disminuye hasta en un 36% (Ideam 2010).

5.2 Biota acuática: generalidades

Santiago R. Duque y Carlos A. Lasso

A diferencia de los ecosistemas terrestres, en donde las especies cuentan solo con dos dimensiones para establecer y ocupar territorios a lo largo y ancho de la superficie

del terreno, en los ecosistemas acuáticos los organismos se organizan tridimensionalmente, haciendo aún más complejos los patrones de flujo de energía y ciclos de materia. La dimensión vertical de la profundidad ofrece entonces un recurso adaptativo sobre el cual los seres vivos pueden discriminar el uso del espacio para desarrollar sus funciones vitales y/o evitar la competencia y depredación. Esta ocupación diferencial del espacio a lo largo del ciclo de vida hace que el espacio vital se discrimine en fronteras reales - aunque no sean visibles al ojo humano -, dentro de lo que parece ser el medio físico homogéneo del agua (Briceño-Vanegas 2012). Esto hace mucho más complejo el proceso del establecimiento de límites del humedal.

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA

El uso de criterios biológicos y ecológicos se ha basado principalmente en la descripción de las comunidades de plantas acuáticas. Sin embargo, hay otros organismos, en muchos casos menos conocidos, que son de utilidad y revisten validez para el proceso no solo de identificación y/o caracterización, sino del establecimiento de límites en los humedales. Por supuesto, la utilidad de cada uno de ellos varía en función de la biología y ecología de las especies, así como del tipo de humedal.

En este capítulo se revisa el papel que tienen los diferentes grupos biológicos en este proceso, especialmente en Colombia y se exponen los criterios relacionados con las mismas.

Uso de las especies en el proceso de la identificación

Postulado: *especies que permiten determinar qué es un humedal, sin importar el tipo del mismo, pues parte o todo su ciclo de vida, se relaciona o dependen de este...*

En los ecosistemas acuáticos continentales, en especial en los denominados humedales, hay un elevado número de especies que se desarrollan o cumplen parcial o totalmente su ciclo de vida en el ambiente acuático. Entre ellos están los microorganismos de los cuatro reinos, Mónera, Protista, Fungi y Animalia, así como también especies del Reino Vegetal y organismos de mayor tamaño entre los animales. Pero muchos de estos organismos, en especial los de pequeño tamaño, por su alta capacidad de reproducción, bien sea sexual o no (vegetativa, asexual, entre otras), pueden poblar con facilidad cualquier entorno húmedo y con poca agua, incluyendo charcas aisladas y reservorios estacionales en zonas tanto naturales como urbanas. Por lo tanto, no son

únicos de ecosistemas contemplados dentro de lo que se concibe o entiende como un humedal.

Quizá en organismos de mayor tamaño entre los Reinos Vegetal y Animal, se pueden identificar algunos grupos que son dominantes en los humedales, como son las plantas acuáticas, especies relacionadas íntimamente con la humedad del suelo y/o la presencia de una película de agua. También animales, en particular los peces y una parte de los anfibios, reptiles, aves y mamíferos (Figura 7), que dependen en gran medida de la presencia de un humedal para la supervivencia.

En las plantas acuáticas, también llamadas macrófitas, estaría sin duda el mejor indicador del humedal, ya que son organismos no "móviles" por sí mismos, que germinan, crecen y se reproducen en estrecha relación con el agua, en especial en lugares donde el nivel freático es superficial. Es decir, la estructura y tipos de plantas acuáticas presentes, guardan relación con la presencia del agua en uno o varios momentos del ciclo anual.

Es importante indicar que la presencia de dichas especies supone la existencia de un humedal, en especial en sistemas muy influenciados por condiciones hidroclimáticas que cambian el nivel de las aguas y la expansión o retracción del mismo humedal (Figuras 8). Así, la presencia y ubicación de las macrófitas podrían ser un buen elemento a tener en cuenta para indicar que existe o existió un humedal.

Uso de las especies en el proceso de la caracterización

Postulado: *especies o características y propiedades asociadas a las especies, que permiten describir, caracterizar y diferenciar un*



Figura 7. Manatí amazónico (*Trichechus inunguis*). Foto: M. A. Morales-Betancourt.

tipo de humedal de otro... Por ejemplo, la dominancia de una especie determinada (cobertura, abundancia y biomasa)...

Las especies acuáticas se presentan generalmente en asociaciones, es decir, grupos particulares de organismos que tienen relación con las condiciones ambientales imperantes y entre ellas mismas, bien sean intraespecíficas (entre individuos de la misma especie) o interespecíficas (entre diferentes especies). Pueden ser asociaciones ecológicas o incluso taxonómicas (taxocenosis) y evolutivas (biocenosis). Algunas veces estas asociaciones son "laxas", es decir, los individuos y las especies que los conforman dependen más del medio donde viven. Sería este el caso de asociaciones como el plancton ("errante") que hace relación a organismos, en general de pequeño tamaño (microscópicos), donde encontramos el

bacterioplancton, el fitoplancton, el micropalancton de los hongos y el zooplancton. Por ser errantes, ellos describen bastante bien a los humedales lénticos o leníticos o sea, sistemas acuáticos de aguas más bien estancadas como charcas, lagunas, madre viejas, lagos, embalses, algunos morichales o cananguchales y esteros, entre otros.

Existen otras comunidades más recientemente denominadas "ensamblajes" en donde hay una verdadera interacción entre los individuos de una especie y entre las especies. En los mismos sistemas lénticos antes indicados, se puede hablar del perifiton, que son formas de organismos, también en su mayoría microscópicos que se asocian a un sustrato, el cual puede ser inorgánico u orgánico. En el perifiton se reconocen tres tipos: bacterioperifiton, fitoperifiton y zooperifiton. Otros nombres técnicos se utili-



M. A. Morales-Betancourt



M. A. Morales-Betancourt

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA



Figura 8. a) Las grandes lajas o rocas del Escudo Guayanés en el río Orinoco y las comunidades de plantas acuáticas (Podostemaceae) adheridas a estas, sirven de testigo para ejemplificar la subida de las aguas a lo largo del ciclo hidrológico anual. b) En humedales estacionales como los arroyos presentes en el PNN Makuira (La Guajira), las marcas del nivel hidrométrico son evidencia de la presencia del humedal. Fotos: C. A. Lasso.



Figura 9. a) *Sagittaria guayanensis*. Orinoquia. b) *Eleocharis* sp. Orinoquia. c) *Pontederiaceae* y morichales. Orinoquia. d) Plantas sumergidas en un morichal. Orinoquia. Fotos: F. Trujillo.

dulce) y más recientemente las esponjas dulceacuícolas.

Los peces son sin duda, con unas muy pocas excepciones (p. e. peces pulmonados: *Lepidosiren paradoxa*), los organismos que viven y dependen completamente del agua, de los humedales y las aguas tanto corrientes como lénticas para vivir. A nivel de especies algunos pueden llegar a

reconocer tipos de humedales particulares (ciertas especies sedentarias no migradoras). En este caso habría mayor claridad de la presencia de una o varias especies de peces en relación con uno o varios tipos de humedales.

No pueden dejarse de lado los anfibios, reptiles, aves y mamíferos, con diferentes niveles de dependencia del humedal.

zan para estas comunidades dependiendo del tipo de sustrato donde se desarrollan. Pero en general, el perifiton está presente en todo tipo de humedal lenítico, así como en muchos de los ecosistemas lóticos, donde se incluyen los ríos, quebradas y arroyos. En estos últimos pueden llegar a ser la única comunidad de microorganismos productores primarios del ecosistema, en especial en pequeños ríos y arroyos.

Otros organismos de mayor tamaño, en especial dentro de los animales y que también tienen relación estrecha con el sustrato, son los macroinvertebrados, que pueden ser parte del bentos o fondos de sistemas tanto leníticos como lóticos o estar asociados a las macrófitas. Estos, son sin duda, muy

específicos para los humedales, ya que en especial, en los insectos, hay órdenes donde una parte de su ciclo de vida ocurre en el agua (la mayor parte del tiempo). Aquí podríamos hablar de los órdenes Odonata, Trichoptera, Plecoptera y Ephemeroptera, entre otros. Ahora bien, no siempre son las mismas especies la que habitan las aguas estancadas o aguas corrientes, pero para poder discernir, con base en las especies de macroinvertebrados qué tipo de humedal puede ser, es requisito indispensable contar con el inventario de la fauna acuática de macroinvertebrados de una zona a nivel de especies, lo cual casi nunca ocurre. A este grupo se le suman los crustáceos decápodos (cangrejos y camarones), moluscos (caracoles, almejas y mejillones de agua

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA

Más que decir qué tipo de humedal es, la biota acuática como la reseñada aquí, relaciona condiciones metabólicas del sistema, estado de conservación y niveles diferenciales de impacto natural o humano. Por consiguiente, en todos los grupos existen asociaciones de especies y grupos funcionales, que se pueden analizar a la luz de índices ecológicos y multimétricos como los índices de integridad biótica o ecológica.

Uso de las especies en el proceso del establecimiento de límites

Postulado: *especies que permiten conocer cuál es el área o volumen que corresponde al humedal -dimensión física y/o geográfica- (p. e. lugar donde anida una especie, área de alimentación o límite de distribución), ya que la*

acción de delimitar es establecer una línea casi imperceptible en algunos casos, que separa este ecosistema de otros adyacentes.

La biota acuática que mejor relaciona al humedal y sus límites sin duda alguna, son las plantas acuáticas (macrófitas incluyendo árboles y arbustos de los bosques inundables (Figura 9 y 10). Estas, a nivel de especies, indican claramente la presencia de agua en niveles superficiales en alguna época del año, recordando que los humedales tienen cambios importantes de expansión y contracción muy pronunciados, especialmente los de la zona ecuatorial. Las macrófitas se desarrollan en los lugares donde les favorecen las condiciones, en especial edáficas y en muchos casos tienen una relación muy estrecha con los suelos hidromórficos,



Figura 10. La evidencia del máximo nivel hidrométrico se registra, en este caso, sobre los troncos del bosque en las zonas de ribera de afluentes del río Amazonas. Foto: C. A. Lasso.

es decir, suelos que se formaron en relación a la presencia del agua.

Es importante aclarar que hoy día hay muchos lugares, que aunque tienen suelos hidromórficos, ya no presentan humedales dada su desaparición por efectos antrópicos e incluso naturales (procesos de sucesión). En el caso de las macrófitas, estas indican sectores de terreno que son anegados o inundados (origen fluvial o pluvial) durante el ciclo anual y/o el nivel freático, que siempre es superficial.

El resto de la biota acuática, por su tamaño (muy pequeño) o por su movilidad en ciertos grupos, no permite relacionar tan claramente el límite de un humedal. Sin embargo, como se verá más adelante, ciertas especies (o partes y/o restos de estas), como por ejemplo las conchas de caracoles y almejas, restos quitinosos de insectos, esponjas adheridas a los árboles y rocas en el plano de inundación, algas multicelulares, etc., son de gran utilidad no solo para la identificación y caracterización del humedal, sino para conocer los límites, ya que estas extienden su distribución de acuerdo a la disponibilidad y extensión del espejo de agua, lo que denominamos cota máxima o nivel máximo de inundación en la Zona de Transición Acuático-Terrestre (ATTZ).

Por otro lado, hay otros grupos cuyos hábitos son clave para el establecimiento de límites. Estos incluyen directamente a las especies de anfibios, reptiles, aves y mamíferos o a evidencias de su existencia y uso del humedal (nidos, áreas de descanso, refugios, guaridas, restos fecales, etc.).

Los componentes bióticos considerados incluyen: plantas acuáticas; algas planctónicas; zooplancton; macroinvertebrados (insectos, crustáceos, moluscos) y esponjas,

fundamentalmente; peces; anfibios (ranas, sapos, cecilidos); reptiles (tortugas, crocodilos y serpientes); aves y mamíferos.

5.2.1 Plantas acuáticas

Anabel Rial B. y Carlos A. Lasso

El concepto de planta acuática ha sido entendido y aplicado de diversos modos desde hace más de 2000 años. Sin embargo, su aplicación en la identificación, caracterización y el establecimiento de límites de humedales es más reciente, especialmente en nuestro continente (Tiner 1993). El mayor conocimiento de los ecosistemas acuáticos en las últimas décadas ha ampliado su significado, pues la diversidad de ambientes y sus variaciones en el tiempo, en concordancia con el régimen hidrológico, son espacio y tiempo, para una amplia gama de formas de vida y fases ecológicas de plantas acuáticas. En este capítulo nos referimos a plantas acuáticas cuando se trata de vegetales cuya plasticidad genotípica les permite completar su ciclo vital en ambientes con inundaciones y sequías alternantes mediante diversos fenotipos y adaptaciones ecológicas que se expresan en las distintas fases (ecofases) del hidrociclo (sequía, entrada de aguas, aguas altas, bajada de aguas). Su empleo en la tipificación y el establecimiento de límites de humedales es bien conocida y ha ganado el consenso entre los especialistas alrededor de su importancia (Rial 2003).

Las plantas acuáticas y su utilidad en la identificación, caracterización y establecimiento de límites en los humedales

Ciertamente las plantas que viven permanentemente en el agua pueden considerarse estrictamente acuáticas o hidrófitas, y existe un término para las que viven en ambos medios (anfibias o helófitas). Pero si



M. A. Morales-Betancourt

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA



Figura 11. a) Ecofase acuática y b) ecofase terrestre de *Caperonia palustris*. Foto: A. Rial, c) Caña brava (*Gynerium sagittatum*) río Amazonas, especie que puede permanecer inundada por el río durante varios meses. Foto: M. A. Morales-Betancourt. d) Plantas asociadas a raudales o rápidos del río Orinoco (Podostemaceae), que permanecen con su verdor cuando están cubiertas por el río, florecen al bajar el nivel del agua, para luego secarse durante la época de aguas bajas. Foto: M. A. Morales-Betancourt. e) Plantas flotantes muy comunes en los humedales del Neotrópico: *Pistia stratiotes* y *Salvinia auriculata*. Foto: G. Galvis.



M. A. Morales-Betancourt

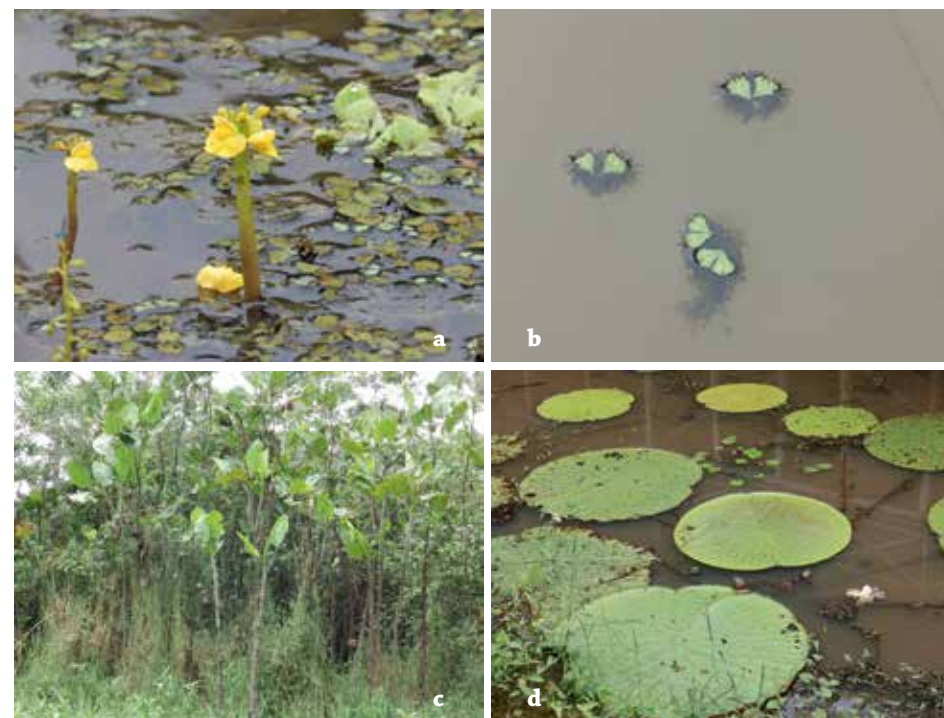


Figura 12. a) Especies arraigadas flotantes (*Utricularia cf. foliosa*, flor amarilla) y flotantes libres (*Salvinia auriculata*, *Pistia stratiotes*), Amazonas. Foto: M. A. Morales-Betancourt. b) *Riccioarpus natans*, Yahuaraca, Amazonas. Foto: M. A. Morales-Betancourt. c) Arracachos, *Montrichardia* sp, Amazonas. Foto: M. A. Morales-Betancourt. d) *Victoria amazonica*. Río Amazonas, Perú. Foto: C. A. Lasso.

se observa detenidamente a estos vegetales en los humedales neotropicales, se verá que las variaciones en la cantidad y calidad del agua durante el ciclo anual (pulso) determinan la existencia de más de una forma en la misma planta, es decir, la presencia natural de todos los fenotipos de un individuo, producidos dentro de un hábitat y dados por un solo genotipo (Neiff *et al.* 2004) (Figura 11 a-b). Estas formas diferentes que pueden confundir al que procura su identificación taxonómica, no son más que ecofenos

de la misma especie en suelo seco (ecofase terrestre) e inundado (ecofase acuática) (Neiff *et al.* 2004, Rial 2009) y es una característica que define a las plantas acuáticas de los grandes humedales sometidos a pulsos de inundación anual. Lo anterior, tiene importantes implicaciones en la caracterización y establecimiento de límites en los humedales, pues tanto la riqueza de plantas acuáticas como sus ecofases pueden emplearse como indicadores y descriptores del ambiente (Figura 11, 12 y 13).

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA



M. A. Morales-Betancourt



Figura 13. a) *Lemna* sp. y *Salvinia auriculata*, Amazonas. Foto: G. Galvis. b) Buchón (*Eichornia crassipes*), Amazonas. Foto: C. A. Lasso. c) Bora o buchón (*Eichornia crassipes*) y grama-lote (*Paspalum* sp), Lagos de Yahuaraca, Amazonas. Foto: M. A. Morales-Betancourt. d) Bora o buchón (*Eichornia crassipes*) en un sistema eutrofizado por desechos pecuarios, Isla de Trinidad. Foto: C. A. Lasso.

Por otra parte, habría que tener en cuenta que gran parte de las plantas de los humedales, que no se consideran acuáticas por muchos autores -por no estar en el agua permanentemente-, precisan del ciclo de inundación y sequía, y son por tanto indicadoras de áreas inundables, bien por anegamiento de lluvia o por desborde de otros cuerpos de agua. Son especies que permanecen bajo algún nivel de saturación hídrica: apenas unos días (efímeras), unos meses (temporales) o todo el año (perma-

nentes), y que caracterizan regiones, ambientes o microhábitats, como parte de las diversas comunidades que se alternan durante el ciclo anual.

Conocer la riqueza y diversidad de formas de la flora acuática de estos ambientes, sujetos a algún grado de inundación temporal o permanente, ayudará a entender la dinámica espacio-temporal que determina la vida en los humedales. Así que más allá de la convención semántica, el término planta

acuática se amplía en este documento -basado en Rial (2009)-, con el fin de describir y delimitar los humedales en la mejor representación de su flora como recurso hidrobiológico.

Siguiendo entonces los criterios establecidos y mejor conocidos para la cuenca del Orinoco tanto en Colombia como Venezuela (Rial 2003, 2004a, 2004b, 2009, 2014a), en relación a otras cuencas hidrográficas, se considerará como planta acuática, al conjunto de plantas de los ecosistemas inundables o anegables que completan sus ciclos vitales durante el ciclo hidrológico anual: a) indistintamente en agua o en suelos casi secos y sobreviviendo al siguiente ciclo; b) mediante modificaciones morfológicas (ecofenos) visibles en ambos periodos (lluvia y sequía) y con floración durante la ecofase acuática y c) sin variaciones morfológicas y con floración durante la ecofase terrestre.

Las plantas acuáticas como indicadoras de la calidad del agua y la integridad biótica

Ya se sabe que las plantas acuáticas son los productores primarios, además de filtradoras de sedimentos, de sustancias tóxicas y liberadoras de nutrientes, refugio, hábitat, sitio de desove y anidación de la fauna silvestre y acuática. Pero no siempre tenemos en cuenta que las plantas acuáticas condicionan las propiedades físico-químicas del agua y la estructura de otras comunidades bióticas (Jeppsen *et al.* 1998), porque regulan el intercambio entre los ecosistemas terrestres y acuáticos (Wetzel 1990, Mitsch y Gosselink 1993).

La flora acuática de cualquier humedal responde al ciclo hidrológico y depende de la integridad de los cuerpos de agua en los que habita. Si estos últimos se hallan en buen estado, con óptima cantidad y calidad

del agua durante el ciclo anual, su vegetación será la expresión de este balance. La dependencia vital de estos organismos con el agua, señala la dificultad que entraña conservar lo que apenas se conoce, pues la riqueza, función ecológica y valor como recurso hidrobiológico de las plantas acuáticas y sus sistemas, son aun poco conocidos en Colombia y Suramérica.

Para conservar la riqueza de flora y la funcionalidad de las comunidades vegetales asociadas a los humedales, el primer objetivo debe ser la preservación de la naturaleza de los cuerpos de agua que las albergan. En tal sentido, los criterios necesarios son dos: calidad y cantidad de agua, ambos dependientes de las alteraciones que produzcan las actividades humanas en los ambientes naturales y de los ciclos naturales (p. e. El Niño y La Niña).

Por naturaleza, en los grandes humedales de Suramérica, el flujo (cantidad) y características físico-químicas del agua (calidad) dependen del régimen climático; del pulso de inundación cuya duración y frecuencia anual durante el ciclo bimodal, es una condición que ha de mantenerse si se quiere preservar la riqueza, abundancia y funcionalidad de estos ecosistemas.

Mantener la calidad y cantidad de agua de los humedales depende básicamente, como se ha dicho, de que ocurran normalmente el flujo de agua y el balance de nutrientes durante el régimen anual de lluvia-sequía. Para esto hay que observar las principales fases del ciclo: entrada de aguas, aguas altas, bajada de aguas y sequía, es decir, los momentos del año en los que sube el nivel freático y los caudales de caños, ríos, arroyos, quebradas, etc.; cuando se anega la sabana o áreas adyacentes con agua de lluvia, y/o se inundan las planicies con el desborde

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA

de los ríos circundantes. En este momento las aguas enriquecen dichas áreas y se mueven los nutrientes de un sitio de a otro hasta que deja de llover y descienden los caudales hasta la próxima sequía, cerrando por dos o tres meses el ciclo que se reanudará, nunca de igual modo, con las primeras lluvias del año siguiente (Figura 14). Este pulso de inundación y sequía que ocurre en los humedales, se altera en cuanto las actividades humanas interfieren en: a) la duración y frecuencia de las inundaciones y anegamientos, mediante la intervención de caudales, desagües, recambios y recargas naturales (diques, represas, carreteras, etc.); y b) el aporte de nutrientes externos, incluso hasta la eutroficación (por actividades domésticas, agropecuarias, industriales y energéticas).

De modo que las comunidades de plantas acuáticas están amenazadas por las transformaciones del medio más que por otras causas. Así, solo se podrá conservar si se conoce el funcionamiento de estos sistemas pulsátiles y su riqueza natural, mediante observaciones e inventarios a lo largo del año y en varios años. De esta manera será posible registrar lo que sucede en un ambiente cuyas variaciones anuales (profundidad, condiciones fisicoquímicas, temperatura, etc.) dan lugar al reemplazo de comunidades vegetales, incluso a un clímax dinámico (Rial 2002) y una riqueza de especies dada por la oferta de microhábitats espacio-temporales, factores fundamentales que deben considerarse si se desea delimitar un humedal.

La riqueza (diversidad α) es pues, un atributo importante para efectos de identificación, caracterización y el establecimiento de límites, pero la diversidad β lo es aún más, pues se acerca a la composición real de especies en distintos ambientes-hume-

dales de un área o región, situados a pocos metros o a kilómetros, haciendo posible asociar gradientes, pulsos de inundación y otras características, con la riqueza de plantas en determinados cuerpos de agua, los cuales deben ser entonces, preservados íntegramente, es decir, en el conjunto de sus atributos.

Así, el área o volumen debe ser un criterio útil a la hora de escoger prioridades de conservación y llevar a cabo ejercicios de establecimiento de límites. Los humedales suelen ser complejos de ambientes y en consecuencia con una considerable diversidad de plantas acuáticas. Por ejemplo, en los humedales de las cuatro regiones (Andes, Guayana, Llanos y Delta) de la cuenca del Orinoco, se estiman unas 400 especies (Rial en prep.) y solo en la sabana inundable (complejo de ambientes) habita la mitad de ellas, y aunque esta diversidad es un atributo importante para estos procesos, lo es aún más la diferencia entre los distintos hábitats o humedales a nivel regional. Gradientes físicos y químicos, altitud, geomorfología, factores edáficos y muy especialmente el hidropereodo y el régimen hidrológico (inundación-sequía), son factores determinantes de la composición de especies que se deben considerar para decidir el modo y alcance de la intervención.

De esta manera, cualquier alteración en el régimen hidrológico (duración, frecuencia, etc.) tendrá efectos en la composición, riqueza y abundancia de plantas acuáticas de esta cuenca, así como en su fauna asociada y funciones ecológicas, ya que la variación de la lámina de agua a lo largo del tiempo, influye en la composición de especies de las comunidades (Gerritsen y Greening 1989, Rial 2006, 2014b), a través de procesos ecológicos tales como germinación y patrones de reclutamiento del banco de semillas

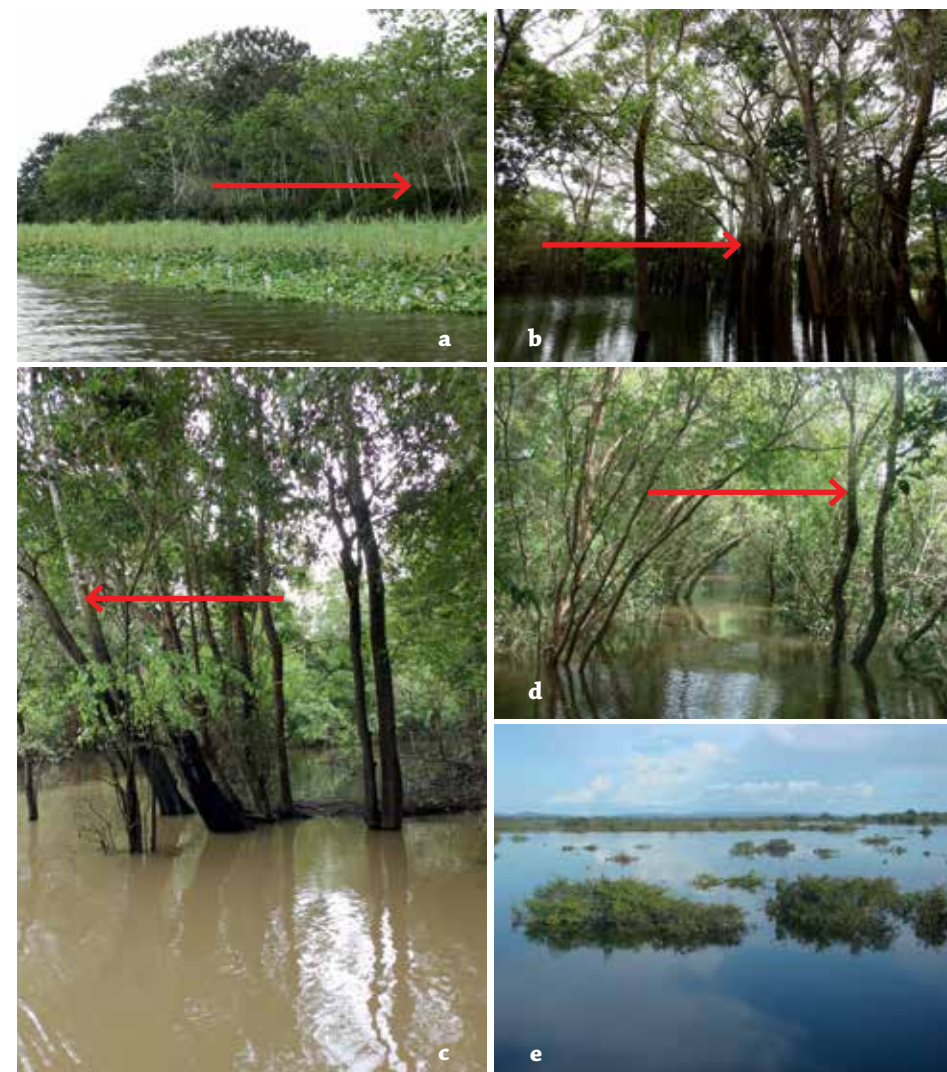


Figura 14. a) Relación entre el río y/o laguna y el bosque o margen inundable. A primera vista el buchón (*Eichornia crassipes*), el gramalote (*Paspalum repens*) y al fondo los yarrowos (*Cecropia* sp) con la marca del nivel hidrométrico. Foto: M. A. Morales-Betancourt. b) Bosque inundable aguas claras, Lagos de Yahuaraca, Amazonas. Foto: M. A. Morales-Betancourt. c) Bosque inundable aguas blancas. Foto: M. A. Morales-Betancourt. d) Bosque inundable aguas claras, afluente río Orinoco (Bojonawi). Foto: C. A. Lasso. e) Bosque inundable aguas claras y blancas, confluencia ríos Orinoco y Bitá. Se observa solo el dosel del bosque inundado. Foto: C. A. Lasso.



M. A. Morales-Betancourt

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA



M. A. Morales-Betancourt

(Van der Valk y Davis 1978, Welling *et al.* 1988) o crecimiento y productividad de especies (Gordon y Velásquez 1989). De este modo, las diversas comunidades que se suceden durante el ciclo lluvia-sequía, dependen de la existencia de semillas viables en el suelo, especialmente muchas bioformas efímeras que se regeneran a partir de la disponibilidad en el banco de semillas (Van der Valk 1981, Van der Valk y Davis 1978). De allí que el conocimiento de las relaciones entre las semillas almacenadas en el suelo, la vegetación y el ambiente sea también importante para predecir los cambios que se operan en la vegetación (Baldwin *et al.* 1996), y consecuentemente en la vegetación potencial de los humedales.

Se podrían mencionar algunos ejemplos de plantas acuáticas que indican algunas características que pueden servir para delimitar en un humedal. Por ejemplo *Thalia geniculata* L., que forma colonias conocidas ocasionalmente como bijaguales. Esta planta acuática desarrolla sus juveniles de pequeño porte y con una línea transversal púrpura en la hoja, en las márgenes y zonas someras de bajos y lagunas en presencia de agua, pero a medida que transcurre el ciclo anual y se secan los cuerpos de agua, la planta crece hasta alcanzar incluso los 2 m de altura para florecer y fructificar en suelos secos o encharcados. También son indicadores del avance de la sequía en el humedal, las flores vistosas color lila de *Hydroleila spinosa* L. que inician su crecimiento en el agua y alcanzan la floración y fructificación en suelos secos. Las plantas sumergidas siempre son indicadoras de una cierta transparencia del agua, con lo que ello pueda implicar, así como las arraigadas emergentes son más abundantes en humedales de orillas aptas para la colonización de estas bioformas. Algunas especies como *Salvinia auriculata* Aubl. o *Azolla fili-*

culoides Lam. se adaptan bien a cuerpos de agua confinados, así que en muchos casos, pueden ser indicadores de cuerpos de agua eutrofizados. Otras especies son nitrófilas y por tanto indicadores de altos contenidos de N en el suelo y agua, es el caso de algunas pontederiaceas como *Heteranthera reniformis* Ruiz y Pavón o *Heteranthera limosa* (Sw.) Willd. Si bien *Eichhornia crassipes* tiene una magnífica capacidad adaptativa al medio, lo cierto es que en la naturaleza, habita en aguas limpias y el aumento en su abundancia puede relacionarse con factores de colmatación de cuerpos de agua.

Los humedales ribereños y la zona de transición entre el sistema acuático y terrestre

El intercambio biótico intenso entre el plano inundable adyacente al cauce principal de un sistema lótico (p. e. río, caño, quebrada, arroyo, etc.) o del espejo de agua de un sistema léntico (p. e. laguna, embalse, lago, etc.), da como resultado por lo general, una diversidad de especies más elevada en el sistema río-laguna y plano de inundación, que en las áreas periféricas inundadas básicamente por aguas de lluvia (Lasso *et al.* 1999). La extensión y dinámica de la Zona de Transición Acuático-Terrestre (ATTZ) depende del pulso de inundación (Junk *et al.* 1989), está asociada con la duración, regularidad, frecuencia y amplitud de este último, regulando los patrones de distribución espacial de las especies (Figura 14). Por otro lado, las áreas ribereñas influenciadas por inundaciones anuales, son ecosistemas estructuralmente más complejos y más productivos en biomasa animal y vegetal, que las áreas adyacentes de tierra firme (Rosales 2000). La diversidad de los bosques ribereños es explicada por Colonello y posteriormente por Rosales (2000), quien propone un “Modelo Conceptual Ecohidrológico”, que se basa en las interacciones de las plan-

tas con el ambiente hidrológico, asumiendo que los valores de diversidad (alfa, beta y gamma) en un paisaje ribereño, atienden a las variables físicas: inundación (I), dinámica del canal (CD) y fertilidad del suelo (Fs), actuando a través de funciones ecológicas (terrestrialización, unicidad y sucesión). Este análisis llevado a una escala superior, permite evaluar la conservación de la biodiversidad a diferentes niveles y con ello inferir sobre el estado de las funciones del humedal y sus servicios ecosistémicos. Su empleo en la cuenca del Orinoco ha sido de gran utilidad. Para el caso de la Amazonia se recomienda considerar los criterios de Urrego (1997).

Conclusiones

La descripción de la vegetación acuática, entendida como la riqueza de especies y bioformas que se encuentran dentro de un cuerpo de agua, es decir, inventarios de especies y hábitos: arraigadas emergentes, arraigadas flotantes, flotantes libres y sumergidas, es útil en la identificación, caracterización, establecimiento de límites e incluso en la zonificación interna del humedal. Al realizar los inventarios, se deben considerar las variaciones espacio-temporales de los ambientes acuáticos (lluvia-sequía y consecuentes hidroperiodos), así como las respuestas de su flora (ecofenos, ecofases).

Para efectos prácticos, se recomienda considerar el concepto de planta acuática de Rial (2003), discutido y sometido a consenso por los especialistas durante el “Simposio construcción colectiva de criterios para la el establecimiento de límites de humedales: retos e implicaciones del país, en la Mesa de Trabajo: aspectos biológicos, 2013”, que incluye los distintos ecofenos de una misma especie en suelo seco (ecofase terrestre) e inundado (ecofase acuática) y que toma en cuenta para efectos de inventario y aná-

lisis, la permanencia en el tiempo de las especies de plantas acuáticas, pudiendo ser efímeras (permanecen apenas unos días), temporales (permanecen unos meses) o permanentes (permanecen todo el año).

Como criterio par el establecimiento de límites debe considerarse la cobertura por especie en el humedal. Medida que estima la abundancia para efectos, por ejemplo, de cálculo de la diversidad y cuyas variaciones en los cuatro periodos hidrológicos son comunes, por lo cual deben considerarse estos cambios anuales e interanuales con periodos de retorno de al menos 15 años. La tipificación de cada cobertura vegetal asociada al humedal, se determinará con base en su composición, estructura y función, tal como refleja la literatura sobre el tema y con las recomendaciones de la Mesa de Trabajo antes citada.

La determinación de la ATTZ entre los ambientes acuáticos y terrestres debería tener en cuenta: a) la presencia de plantas acuáticas en sus diversas ecofases tal como se expone aquí; b) las etapas de la comunidad que se suceden durante los periodos críticos del ciclo natural del humedal, concepto de “clímax dinámico” de la vegetación acuática (Rial 2002); c) el área más dinámica de los humedales, su litoral movable; “moveable shoreline” (Rial 2014a), definiendo transectos que inicien en el borde del espejo de agua en sequía y variando su posición inicial a medida que avanza el ciclo anual y aumenta el nivel del agua.

Por último, resultaría útil diferenciar y destacar la flora acuática como componente - indicador de los ecosistemas del país referidos por el Ideam. Es decir, considerar a estas comunidades vegetales como parte diferenciable del resto de los sistemas ecológicos: boscosos (manglares, bosques

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA



M. A. Morales-Betancourt

riparios) y no boscosos, vegetación azonal, otros ambientes marino-costeros continentales e incluso en los agro-ecosistemas.

5.2.2 Algas y fitoplancton

John Jairo Ramírez-Restrepo

Por sus características, el agua ocupa casi cualquier depresión que se encuentre en la corteza terrestre. Y si se acepta que la vida en el planeta Tierra se originó en ella, y que una vez presente fue, sigue y seguirá siendo colonizada por organismos tan diversos como los sitios donde se asientan, se puede concluir que en cualquier sitio del globo terráqueo existe una extensa gama de humedales que cobija una riqueza orgánica difícil de imaginar. Sin embargo, la variedad y complejidad de los mismos, al igual que la de los organismos que contiene, es mucho mayor en unas zonas del planeta que en otras. Colombia es una de estas regiones. Nuestro país, dada su heterogeneidad de pisos altitudinales, posee una amplia gradación de ecosistemas acuáticos tanto leníticos como lóticos. Muchos de ellos se hallan en zonas geológicas de origen reciente, otros en zonas más antiguas, lo que les confiere propiedades físicas y químicas individuales. Algunos ostentan un extenso espejo de agua y en otros esta zona está oculta por millares de plantas acuáticas que compiten por recursos y luz con el fitoplancton, pero que dan lugar a nuevos hábitats que albergan una vasta riqueza de algas ya no planctónicas, sino metafiticas y perifíticas.

Todos los sistemas acuáticos pertenecientes a este complejo son humedales y se localizan en una pequeña porción terrestre: las zonas ecuatorial y tropical colombianas, regiones que varían sustancialmente en los

regímenes de lluvia, vientos y humedad y están habitadas por una altísima diversidad de algas planctónicas.

El problema

Pero ¿qué es un alga planctónica? ¿A qué criterios debe ajustarse para cumplir tal condición? En primera instancia, hay que decir que las algas no son registradas como un concepto filogenético, pero que representan una colección ecológica y significativa de organismos. Además, como las algas pueden ser planctónicas, meroplanctónicas, neustónicas, bentónicas, aerofíticas y perifíticas (Tabla 1), y como no son “estrictamente acuáticas” (también se hallan en suelos húmedos, en las orillas del desierto y en ecosistemas sometidos a desecación periódica), establecer una definición de fitoplancton es una necesidad insoslayable. Además, hacerlo evitará al limnólogo y al fitoplanctólogo, al menos temporalmente, la confusión que se le presenta cuando llega a la orilla del sistema acuático, esto es, cuando “ya no hay humedal”.

La definición a la que se acudirá en este trabajo, es de cuño altamente restrictiva (no vaga ni ambigua) y, por su lenguaje objeto, dirigida al referente a ser definido, no caracterizado ni descrito. Además, utiliza un lenguaje *ad hoc* característico de la disciplina particular a la que se encuentra adscrito dicho objeto: el fenómeno material, ‘tangible’ y particular ‘alga planctónica’, esto es, perteneciente al fitoplancton. Un alga de este tipo es aquella que se circunscribe a una agrupación interactuante de plantas microscópicas adaptadas a vivir en suspensión, en el mar o en el agua dulce, y sometidas a movimiento pasivo generado fundamentalmente por la acción del viento y la corriente. Esta definición excluye a las algas meroplanctónicas que solo pasan una parte de su vida en el plancton, y a las

Tabla 1. Tipos de algas.

Alga	Descripción
Algas planctónicas	Son aquellas que pertenecen al plancton (plagctóz: errante, vagabundo), cuyos miembros son denominados colectivamente plancton vegetal o fitoplancton (juton: planta, vegetal) conformado por plantas adaptadas a vivir en suspensión, en el mar o en agua dulce y con un movimiento pasivo generado por la acción del viento y las corrientes. Muchas de las algas halladas en plancton pueden, en ocasiones, provenir del desprendimiento desde el epipelon o desde el epifiton.
Algas del perifiton o perifíticas	Según Wetzel (1983), el perifiton (<i>peri</i> , alrededor; <i>fiton</i> , vegetal) es una comunidad compleja de microorganismos vivos o muertos, en la que además de algas, hay bacterias, hongos, animales y detritos orgánicos e inorgánicos, fijados a un sustrato orgánico o inorgánico. Para Lock <i>et al.</i> (1984) es el conjunto de bacterias, algas, hongos y protozoos embebidos en una matriz de polisacáridos. Una denominación paralela, no muy usada por los biólogos, es la de biopelícula, <i>biofilm</i> o película microbiana que nombra al agregado de microorganismos y productos extracelulares asociados a un sustrato. Ambos términos son usados como sinónimos aunque perifiton se usa más para el complejo que se forma sobre plantas.
Algas meroplanctónicas	Algas que solo durante una parte (merhz: parte) de su existencia son planctónicas. También se define como plancton no permanente. Generalmente las matas algales se originan como epifiton que es desprendido por la turbulencia del agua y pueden flotar debido a la presencia de burbujas gaseosas dentro de la mata.
Algas neustónicas	Conjunto de algas que habitan en el neuston, por tanto, se localizan en la capa superficial que separa el agua de la atmósfera (interfase aire-agua). Se dividen en: a) epineustónicas, designa a las algas organismos que viven en la fase aérea (sobre la película de agua), y b) hiponeustónicas, las que habitan la fase acuosa (por debajo de la película). Entre las algas más comunes que componen el medio neustónico se encuentran las diatomeas, las crisofíceas y las xantofíceas.
Algas bentónicas o fitobentos	Complejo de comunidades algales fotoautotróficas que viven asociadas a un sustrato en el fondo de los cuerpos de agua. En él se pueden distinguir varios tipos de subcomunidades: a) algas epipélicas, que son aquellas que crecen sobre el sedimento; b) algas epilíticas, las que crecen sobre superficies rocosas; c) algas epifíticas, las que crecen sobre superficies de vegetales, d) algas epizoicas, las que crecen sobre superficies animales; e) algas endófitas, las que crecen dentro de células o tejidos vegetales; y f) algas episámicas, que son las algas que crecen sobre granos de arena.

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA



M. A. Morales-Betancourt

Alga	Descripción
Algas aerofíticas	Algas que colonizan una amplia variedad de ambientes terrestres, incluyendo rocas, suelo, paredes y trocos de árboles. Las algas verde-azules o Cyanobacteria son especialmente comunes en ambientes terrestres donde actúan reteniendo arcilla y limo y adicionando cantidades ingentes de carbono orgánico y de nitrógeno al suelo.
Algas fagocíticas	Son las que absorben partículas alimenticias dentro de vacuolas digestivas.
Algas auxotróficas	Aquellas que requieren pequeñas cantidades de material orgánico, pero no como fuente de energía; generalmente es una vitamina, vitamina B ₁₂ , por ejemplo. Muchos flagelados, como las euglenofitas y las criptofitas pertenecen a este grupo.
Algas osmotróficas	Algas que absorben nutrientes solubles a través de la membrana celular. De acuerdo a esta definición, la mayoría de las algas son osmotróficas, además de fotosintéticas.
Algas saprotroficas	Grupos específicos de algas que viven heterotróficamente sobre material muerto.
Algas criofílicas	Son especies que prosperan en hábitats extremadamente fríos como las aguas congeladas. <i>Chlamydomonas nivalis</i> es una microalga verde de este tipo pero poseedora de esporas de color rojizo debido al carotenoide astaxantina, que sirve al alga para bloquear los rayos UV que actúan mayormente en este tipo de hábitats. Por tanto, colorear la nieve no es la única función de esta alga: también protege a la nieve de las radiaciones solares y del calor.
Algas alcalófilas o alcalófitas	Habitan ambientes con pH por encima de 9, y suelos cargados de carbonatos y lagos salinos. Necesitan aislar el interior de la célula del medio alcalino exterior ya que algunas moléculas, especialmente las hechas a partir de ARN, se rompen con pH superior a 8. Como en el caso de los acidófilos las células se protegen con extremo-enzimas que se localizan en o cerca de la pared celular o también con secreciones externas; como ejemplo tenemos a <i>Spirulina platensis</i> .
Algas halófilas o halófitas	Viven en ambientes en los que el contenido de sal sea del 8 por ciento o mucho mayor; por ejemplo, <i>Dunaliella salina</i> , alga que crece muy cerca del límite de saturación y es la responsable de que muchas salinas se vean rojizas.

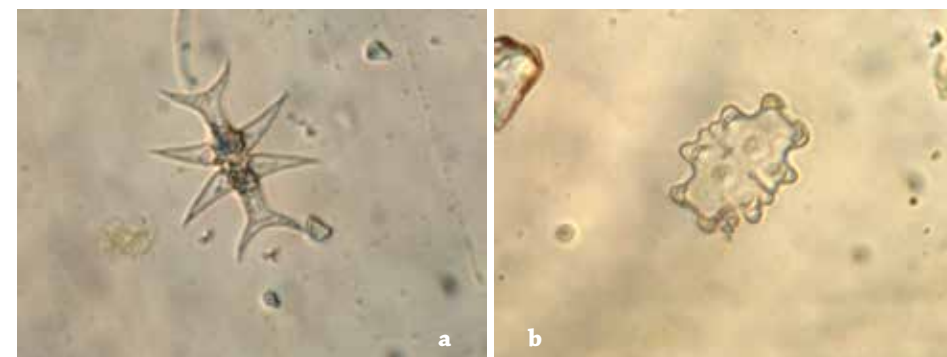


Figura 15. a) *Microasterias arcuata*, b) *Euastrum gemmatum*. Ambas especies de quebradas con corrientes lentas. Foto: M. Medina.

1974, 1983, Reynolds 1984, Harris 1986, Reynolds 2006, Ramírez 2000).

Aparejada a esta definición, ha de ir otro concepto (que al fin y al cabo no es más que una definición y que, como aquella, es producto de una abstracción), tan o más taxativo que el de fitoplancton (Figura 15). Se refiere a la definición de humedal, que por su dificultad para ser aplicada a un paisaje tan diverso como lo es el colombiano, debe ir mucho más allá de lo propuesto en la convención Ramsar. Si se parte del hecho de que deben considerarse como humedales no sólo áreas inundadas o saturadas de agua superficial o subterránea, sino también aquellas efímeras e intermitentes, dando con ello paso para afirmar que efectivamente las algas planctónicas permiten identificar, caracterizar y establecer los límites de un humedal y sus dislates entre lo húmedo y lo terrestre, tan característicos de este mundo del devenir de Heráclito.

Algunos pueden preguntarse qué lleva a afirmar tan categóricamente lo anterior. Pues que, como ya se vio, algunos miem-

bro del ensamblaje fitoplanctónico no requieren de luz para vivir pues pueden ser fagocíticos, auxotróficos, osmotróficos y saprofíticos; otros pueden vivir con porciones muy pequeñas de agua, como puede hacerlo el alga verde-azul *Nostoc*, y otros pueden medrar en hábitats extremos como aguas termales (algunas cianofitas lo hacen) y nieve (las criofílicas). Y, por si fuera poco, otros componentes de las algas toleran suelos cargados de carbonatos (alcalófilas) y lagos salinos (algas halófilas) y, en consecuencia, han de resistir amplios intervalos de variables vitales para ellas como temperatura, turbidez, pH, y concentraciones de CO₂ (Lund y Lund 1995, Graham *et al.* 2009, Bellinger y Sigee 2010), entre otras. Luego, que el humedal sea subterráneo, efímero, o permanente no es un escollo para un alga.

Aparentemente, el problema ha sido resuelto, ya que al interrogante ¿son importantes, útiles y válidas las algas del fitoplancton para identificar, caracterizar y establecer límites en humedales, no solo en Colombia, sino en cualquier lugar?, se

neustónicas (que efectivamente flotan en el agua) e incluye a: a) organismos como algunas diatomeas que, por el peso de sus frústulos, no necesariamente están siempre suspendidas formando parte del fito-

plancton sino que pueden pasar gran parte de su vida o de su ciclo vital en los sedimentos, y b) plantas no necesariamente fotosintéticas como algunos miembros de las euglenofitas (Hutchinson 1967, Margalef

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA

ha respondido afirmativamente. Todo lo dicho avala la respuesta siempre y cuando, se reitere, se acepten los dos conceptos establecidos atrás.

Pero ahora surgen nuevos cuestionamientos. Por ejemplo, puede suceder que el espejo de agua este plétórico de vida de otro tipo: las plantas acuáticas, avezadas competidoras por luz y nutrientes, elementos vitales a cualquier alga fotosintética del plancton. O que no se trate de un sistema lenítico, sino de uno lótico. ¿Aún serán significativas, útiles y válidas las algas fitoplanctónicas para cumplir con lo propuesto? Sí y no. Sí, porque todavía estarán ahí, con menor riqueza, densidad y biomasa, pero si hay agua, estarán ahí. Y no, porque otros ensamblajes y asociaciones algales, ya no fitoplanctónicas, pasarán a ser más útiles para caracterizar y definir el humedal. Se refiere entonces a los ya mencionados en el primer párrafo de este discurso, el metafiton y el perifiton. Las algas pertenecientes al primer tipo estarán 'posadas' en medio de la maraña subtendida por otras algas -como *Cladophora* (Figura 16 a), *Mougeotia* (Figura 16 b), *Oedogonium* (Figura 16 c), *Spirogya* (Figura 16 d), *Temnogametum*, entre otras. Destacan aquí por su riqueza las desmidiáceas unicelares *Cosmarium*, *Staurastrum* y *Micrasterias* (Figura 16 f). Las del segundo tipo son las adheridas a un sustrato que bien puede ser las raíces de las macrófitas acuáticas, tipo buchón de agua (*Eichhornia spp*); lenteja de agua (*Pistia spp*) u otra, o sustratos más sólidos como guijarros, rocas, plásticos, restos de madera, entre otros, presentes principalmente en ríos, quebradas y otros sistemas lótico. A ellos se adhieren 'macroalgas' como las clorofitas ya mencionadas para el metafiton, y otras como la rodofitas *Batrachospermum* y *Audouinella*, las diatomeas como *Aulacoseira* y *Melosira* (Figura 16 g), y las cianofitas *Oscillatoria* (Figura 16 h), entre otras.

Conclusiones

A manera de conclusión, hay que preguntar si bastará sólo con que haya una profusa y exuberante composición algal para la identificación, caracterización y establecimiento de límites en humedales. Es evidente que la sola presencia no será suficiente y se requerirán atributos estructurales y funcionales que llevarán no solo a identificar y delimitar claramente el humedal, sino al establecimiento de la calidad ecológica y tipo de sus aguas a una escala local. Se hace alusión a la diversidad, la biomasa, la producción y la productividad del compartimiento fitoplanctónico, su estado trófico y su capacidad de disipar los embates entrópicos del entorno. A una escala paisajística, podrían ser útiles las determinaciones de clorofila y otros pigmentos característicos de los grupos algales fitoplanctónicos, que podrían emplearse además para caracterizar, monitorear y manejar el humedal así como para delimitarlo. No obstante, en los humedales cubiertos por plantas acuáticas, éstas pueden llegar a desplazar competitivamente a las algas planctónicas. Bajo estas condiciones ya las algas de este tipo no servirían para delimitar el humedal y tampoco para identificarlo.

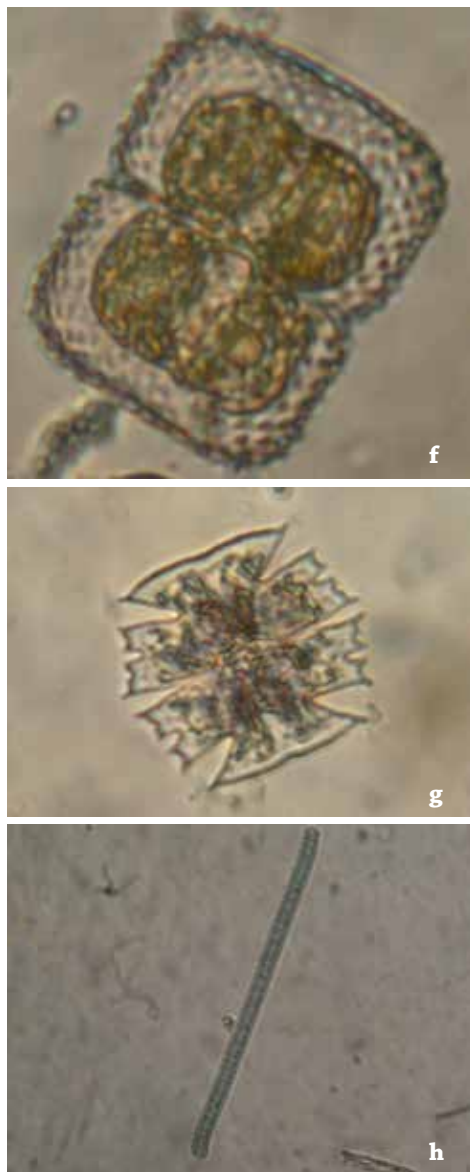
Finalmente, en los humedales intermitentes y los esporádicos ¿qué usar si puede llegar a ocurrir que las algas no estén donde se supone porque no hay agua? En estos casos, pueden usarse algunos tipos de algas que proporcionan evidencia, no sólo de su presencia sino de su abundancia, por poseer 'cubiertas duras' como los frústulos de las diatomeas, las tecas y 'quistes' de los dinoflagelados, los restos de la pared celulósica de *Botryococcus*, los quistes de crisofitas, y los restos fósiles de cianobacterias. Todos atestiguan que ahí estuvieron las infatigables algas brindando un ejemplo de persistencia y utilidad que trasciende la barrera de lo temporal y de lo humano.



M. A. Morales-Betancourt



Figura 16. Algas de importancia para identificar, caracterizar y delimitar humedales. a) *Cladophora*, b) *Mougeotia*, c) *Oedogonium*, d) *Spirogya*, e) *Cosmarium*. Fotos: M. Medina.



Continuación figura 16. Algas de importancia para identificar, caracterizar y delimitar humedales. f) *Micrasterias*, g) *Melosira* y h) *Oscillatoria*. Fotos: J. J. Ramírez Restrepo.

5.2.3 Zooplancton

Nelson Javier Aranguren Riaño

La complejidad de los ecosistemas acuáticos se hace evidente en la trama biológica que allí tiene lugar. El abordaje de esta complejidad basado en un criterio de ordenamiento espacial en el que las comunidades biológicas están aisladas, dificulta una comprensión objetiva de la dinámica y funcionalidad de estos ecosistemas (Schindler y Scheuerell 2002). Se debe reconocer la integralidad entre los procesos físicos, químicos y biológicos para lograr una mejor aproximación al conocimiento de la naturaleza y evolución de los ecosistemas acuáticos.

Los organismos asociados al zooplancton presentan una amplia variedad taxonómica y ecológica (Figura 17). Son un buen ejemplo del acoplamiento e integralidad funcional en los ecosistemas acuáticos, al punto que muchas de sus poblaciones no solo desarrollan las actividades biológicas en la zona de aguas libres, sino también lo hacen en la zona de vegetación de las orillas, conformando lo que Wetzel (2001) denomina zooplancton del litoral.

A continuación se reseña brevemente la importancia y utilidad del zooplancton en el proceso de identificación, caracterización y establecimiento de límites en humedales.

Papel del zooplancton en los humedales

Tradicionalmente se destaca el rol de estos organismos en el flujo de energía del ecosistema acuático, especialmente por participar activamente en la transferencia de los recursos provenientes de la producción primaria por algas a niveles tróficos superiores, en los que se incluyen los peces (Esteves 2011). Sin embargo, pueden tener un efecto integrador más importante ya que

una gran variedad de protozoos, rotíferos, cladóceros y algunos copépodos se consideran dinamizadores del reciclaje de nutrientes en el metabolismo de los ecosistemas, por usar vías detríticas como alternativa de fuente de recursos. Esta consideración es relevante porque la vía detrítica es fundamental en el balance energético, de productividad e incluso es determinante del mantenimiento de la diversidad en los ecosistemas (Moore *et al.* 2004).

A pesar de que no es un grupo con alta riqueza de especies en sistemas de agua dulce, el estudio del zooplancton en aspectos como distribución geográfica, roles de las especies y bioindicación, es fundamental para la determinación de la calidad ecológica de los ecosistemas acuáticos, así como para definir estrategias de conservación y gestión.

Aunque la investigación en Colombia se ha concentrado en localidades de las regiones Andina, Caribe y Amazónica, hay un conocimiento significativo de la diversidad taxonómica del zooplancton, especialmente de rotíferos, cladóceros y copépodos. Algunos de los trabajos publicados incluyen información de riqueza, composición y distribución geográfica de especies, y sobre la relación con aspectos del hábitat (p. e. Ruiz y Roldán 2001, Gaviria y Aranguren 2007, Montoya y Aguirre 2009 y Roldan 2009). Además, se ha explorado sobre los factores ambientales de regulación de dicha diversidad. Esto permite reconocer en algún grado, el efecto de tensores ambientales y por tanto evaluar la vulnerabilidad de la integralidad ecológica de los ambientes acuáticos. Factores de orden regional y local afectan el establecimiento de las especies del zooplancton, entre los que se destacan la localización (latitudinal y altitudinal), el tamaño y antigüedad del cuerpo de agua o



M. A. Morales-Betancourt



Figura 17. a) Copépodo importante en las redes tróficas de lagunas altoandinas. b) Copépodo omnívoro común en lagunas cálidas del Neotropico. c) *Moina micrura*, cladóceros importante en procesos de reciclaje de nutrientes en lagunas cálidas del Neotropico. Foto: N. J. Aranguren Riaño.

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA

humedal, el nivel de productividad, el aislamiento ante eventos de inmigración, el grado y frecuencia de perturbaciones naturales o antrópicas y la estabilidad temporal en las condiciones del hábitat (Aranguren *et al.* 2011). De esta forma, cada sistema es tan particular, que la composición, dinámica y función del zooplancton es reflejo de esta.

Otro aspecto importante es la relación positiva que puede existir entre la diversidad regional y la diversidad local. Los ecosistemas acuáticos no se pueden considerar como componentes aislados del paisaje. El flujo de organismos facilitado por agentes físicos y biológicos, la dispersión desde centros de diversificación regional y la heterogeneidad espacial, son determinantes para la comprensión de los principios funcionales de los ecosistemas y de cómo operan los filtros selectivos que explican la distribución y roles de las diferentes poblaciones. Esto es fundamental para establecer la calidad ecológica de un ambiente acuático, así como para realizar ejercicios de priorización, manejo y conservación.

Para finalizar, se recomienda considerar en el estudio del zooplancton, la diversidad de historias evolutivas de los diferentes grupos taxonómicos que lo conforman. La organización espacial de las comunidades es un criterio de ordenación, es una forma de aproximación a la complejidad, pero no la explica. Por tanto, podrían ponderarse otros aspectos de la biología de las especies como ciclos de vida, dinámica poblacional, patrones de distribución geográfica, roles tróficos análisis de redundancia, entre otros. En caso de abordar el estudio a un bajo nivel de resolución taxonómico como grupos de protozoos, rotíferos, cladóceros y copépodos, no hay que desconocer los diferentes potenciales evolutivos y biológicos,

partiendo de la escala temporal de respuesta, bien sea individual o poblacional ante la expresión y variabilidad del ambiente (Aranguren *et al.* 2011).

Conclusiones

El zooplancton que incluye grupos como protozoarios, rotíferos, cladóceros y copépodos, al igual que el fitoplancton, constituye un factor regulador clave en la dinámica energética y flujo de nutrientes en los humedales con implicación sobre la expresión de la biodiversidad en sus diferentes escalas. A pesar de que se ha utilizado con mayor frecuencia como un bioindicador de la calidad ecológica de los ecosistemas acuáticos, la suma de ciertos elementos de índole biogeográfico a escala regional (latitud, altitud, conectividad), unidos a factores ecológicos locales como productividad, tipo y temporalidad del cuerpo de agua, así como su relación con la dinámica hidrológica (pulsos) e incluso perturbaciones antrópicas, determinan la composición taxonómica, la estructura y función de las especies que conforman el zooplancton, condición que puede ser usada para la identificación, caracterización, tipificación y en esta medida, la el establecimiento de límites de los humedales.

5.2.4 Macroinvertebrados acuáticos (insectos acuáticos, crustáceos, moluscos) y esponjas

Magnolia Longo y Carlos A. Lasso

El establecimiento de límites en humedales debe contemplar el uso de variables que operen a gran escala y de procesos que se den de la macro a la microescala (*top down*), para así establecer la frontera humedal-ecosistema terrestre ribereño. Esto debe incluir variables botánicas, hidrológicas, geológicas y de suelo, principalmente, así

como variables relacionadas con otros grupos biológicos con los cuales se hacen sobre todo caracterizaciones. Por tanto, para la clasificación y el establecimiento de límites de los humedales frente a los ecosistemas terrestres ribereños, es recomendable emplear factores que estén siempre presentes y que sean medibles (p. e. vegetación acuática y ribereña).

En el caso de los macroinvertebrados comunidad que incluye organismos pertenecientes a insectos acuáticos, cangrejos, camarones, almejas, caracoles, entre otras, y las esponjas de agua dulce, es de importancia utilizar los datos de composición, estructura y funcionalidad de los ensamblajes para realizar la identificación, caracterización y establecimiento de límites en los humedales, teniendo en consideración la escala del paisaje a la que se vaya a trabajar.

Insectos acuáticos

Este grupo da información particularmente a escalas locales y son un complemento de las variables usadas a escala de paisaje.

De ahí que, por lo general, sean empleados más para caracterizar, evaluar y hacer seguimiento y manejo, y no para la identificación y el establecimiento de los límites del humedal como tal (Figura 18 a 21).

Sin embargo, es importante considerar algunas estrategias de los macroinvertebrados en el caso que se requiera incluirlos en la identificación y establecimiento de límites en los humedales. Estos organismos entonces pueden ser divididos en dos grupos según el hábitat donde se los encuentre: a) macroinvertebrados que habitan en el agua superficial y b) macroinvertebrados freáticos (organismos que viven permanente o temporalmente en el nivel freático). A estos se pueden sumar la complejidad de los moluscos y crustáceos, y en especial de las esponjas de agua dulce con sus estrategias particulares.

Los macroinvertebrados que habitan las aguas superficiales también pueden ser divididos en tres categorías según sus hábitos de vida y el tipo de ecosistema en el que se



M. A. Morales-Betancourt



Figura 18. Plecoptera-Perlidae, grupo de alta sensibilidad a cambios ambientales. Foto: O. M. Lasso-Alcalá.

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA



Figura 19. *Paraplea* (Notonectidae, Hemiptera). Foto: M. Longo.

encuentren (perenne, intermitente o esporádico): obligados, preferenciales y facultativos. Por ejemplo, algunos géneros tienen adaptaciones para resistir la desecación y desarrollarse exitosamente en sistemas intermitentes (organismos preferenciales), mientras que otros géneros de la misma familia no tienen dichas adaptaciones y por tanto están restringidos a sistemas perennes; muchos taxa son comunes a ambos tipos de sistemas temporales e intermitentes, siendo entonces “facultativos”.

En los ecosistemas intermitentes (lóticos y leníticos), la fauna predominante es dominada por organismos con estadios aéreos, los cuales se mueven desde los sistemas perennes. Estas presentan adaptaciones para sobrevivir en dichos sistemas, tales como: ciclo de vida univoltino (especies que

completan un único ciclo vital a lo largo de un año), alta movilidad en los adultos, crecimiento rápido durante las estaciones húmedas y puesta de huevos en sustratos húmedos (no saturados de agua) durante la finalización del verano (Clifford 1966) o de las épocas de lluvias bajas. Los ecosistemas efímeros generalmente no tienen presencia de invertebrados acuáticos, o presentan un número limitado de especies adventicias (especies que ocurren ocasional o accidentalmente en un lugar), las cuales pueden completar sus ciclos de vida rápidamente antes de que los lechos se sequen (Bonada *et al.* 2007).

Así, los ecosistemas lóticos intermitentes y los humedales de carácter lenítico, por sus cambios en los niveles de agua y por compartir hábitats de flujo lento, presentan

similitudes en cuanto a la composición de macroinvertebrados. En estos sistemas es más común encontrar organismos pertenecientes a las familias Simuliidae (Diptera), Chironomidae (Diptera), Elmidae (Coleoptera), Dytiscidae (Coleoptera), Corixidae (Hemiptera), Notonectidae (Hemiptera), Odonata, Leptoceridae (Trichoptera) e incluso camarones (Decapoda) (Boulton 2003, Gómez-Aguirre *et al.* 2009), donde hay dominancia clara del conjunto Odonata-Coleoptera-Hemiptera (OCH). No

obstante, es oportuno señalar que el conocimiento al respecto en Colombia es aún muy limitado.

En los humedales intermitentes y los esporádicos se requieren esfuerzos mayores para ser identificados y delineados, precisamente por la falta de agua en ciertos periodos. En estos casos, apoyarse con restos de los exoesqueletos (p. e. exoesqueletos quitinosos y cápsulas cefálicas) y huevos de los macroinvertebrados, puede ser una ayuda

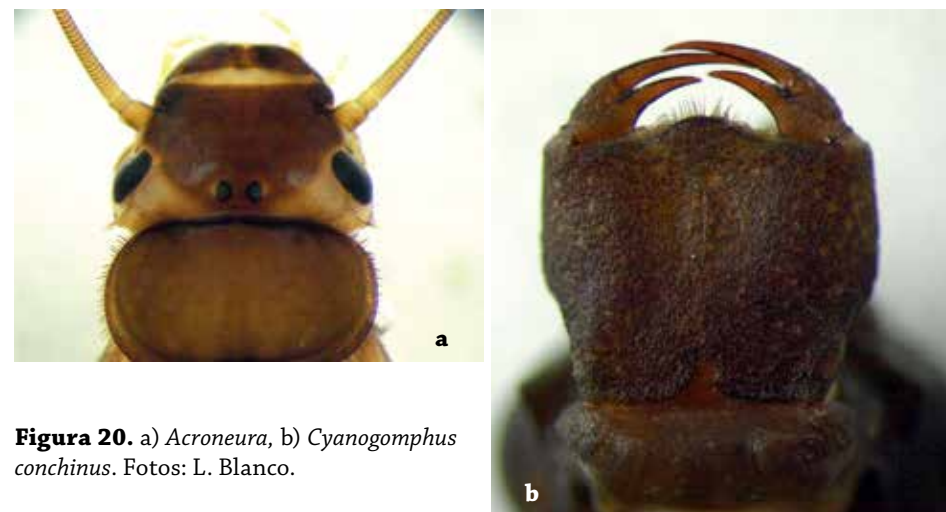


Figura 20. a) *Acroneura*, b) *Cyanogomphus conchinus*. Fotos: L. Blanco.

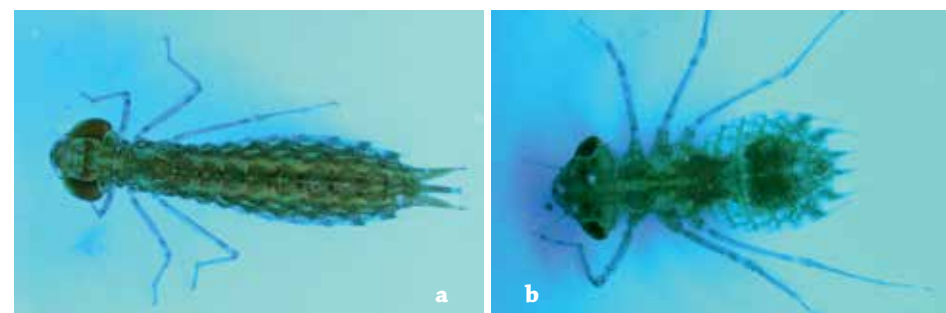


Figura 21. Odonata. a) Zigoptera y b) Anisoptera. Foto: O. M. Lasso-Alcalá.



M. A. Morales-Betancourt

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA

adicional o incluso el método apropiado para realizar dichas actividades (Euliss *et al.* 2001). Más adelante se verá claramente este ejemplo con el caso de los cangrejos, caracoles, almejas o mejillones y esponjas.

Por su parte, los macroinvertebrados freáticos se encuentran principalmente en ecosistemas acuáticos localizados en regiones secas y/o desérticas, y en sistemas como esteros, planicies de inundación y estuarios. No obstante, también son comunes en zonas húmedas, a lo largo de los cauces de los ríos y sobre zonas donde el nivel freático está a muy poca profundidad respecto de la superficie del suelo (cripto-humedales). Estos macroinvertebrados se componen fundamentalmente de crustáceos, gusanos e insectos. Así que su presencia también es un indicador de la “presencia” de humedad y por tanto de un humedal.

Crustáceos, moluscos y esponjas

Colombia cuenta con una enorme diversidad en cuanto a la decapofauna (cangrejos y camarones) se refiere. En la actualidad hay más de 100 especies de cangrejos dulceacuícolas agrupadas en dos familias: Trichodactylidae y Pseudothelphusidae (Campos 2005), lo que convierte al país en uno de los tres más diversos a nivel mundial. Aunado a esto, el nivel de endemismo es muy elevado. Los cangrejos son importantes desde diferentes puntos de vista: taxonómico, biogeográfico, biológico y social. Tienen una función esencial en la cadena trófica de los ecosistemas acuáticos y en particular de los humedales, pues contribuyen a acelerar la descomposición del material orgánico y son bioindicadores de aguas no contaminadas. También contribuyen a la dieta en áreas remotas (Campos *op. cit.*). Su alto nivel de endemismo junto a su poder de bioindicación ayuda a que se cons-

tituyan en buenos elementos a la hora de identificar, caracterizar y establecer límites en los humedales (Figura 22 a-b). En este último sentido, no solo los animales vivos son de interés, sino que los caparazones, que se encuentran en tierra firme cuando realizan la muda o cuando se retiran las aguas, sirven para indicar hasta donde llegó el agua de desborde, sea esta de origen fluvial o pluvial. También tienen el hábito de enterrarse en zonas húmedas cuando se secan los cuerpos de agua (Lasso *obs. pers.*). Por otro lado, los camarones son también muy útiles -aunque no tanto como los cangrejos-, pues cumplen muchos de los requisitos mencionados anteriormente para los cangrejos: diversidad y alto endemismo, función ecológica, importancia en la dieta de subsistencia y validez como bioindicadores. Dentro de esta familia destaca el género *Macrobrachium* con 20 especies conocidas para el país (Valencia y Campos 2007) (Figura 22 c-d).

Los moluscos (caracoles y almejas, ostras de agua dulce o mejillones de río), representan otro elemento clave para el proceso de identificación, caracterización y el establecimiento de límites. Sus hábitos acuáticos los convierten en buenos indicadores, puesto que se pueden encontrar tanto individuos vivos como conchas de caracoles y almejas en el sustrato cuando las aguas bajan o se retiran, indicando entonces hasta donde llegaba el humedal (cota máxima de inundación). Su nivel de endemismo es importante y juegan un papel clave en las comunidades acuáticas al ser presas o procesadores de materia orgánica (algas, perifiton, etc.). En Colombia se han reportado cerca de 60 especies (unos 21 bivalvos y 40 gastrópodos) (Linares y Vera 2012). Entre los caracoles de utilidad para la el establecimiento de límites, están todas las especies del género *Pomacea* así como *Marisa cornuarietis* y *Melanoides tu-*



M. A. Morales-Betancourt



Figura 22. a) *Dilocarcinus pagei*, lagos de Yaguarcaca, Amazonas. Foto: M. A. Morales-Betancourt. b) Trichodactylidae. Foto: F. Trujillo. c) *Macrobrachium amazonicum*, hembra ovada en el Orinoco. Foto: O. M. Lasso-Alcalá. d) *Macrobrachium carcinus*, hembra ovada. Foto: C. A. Lasso. e) *Procambarus clarkii* y f) *Cherax quadricarinatus*, crustáceos introducidos en Colombia. Ilustraciones: Liberum Donum Studios.

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA

berculata, ya que las conchas son fáciles de observar e identificar cuando se retiran las aguas (Figura 23 a-d). Además, sus estrategias reproductivas están íntimamente relacionadas con el nivel de inundación. Por ejemplo, *M. cornuarietis* pone larvas de cáscaras calcáreas de huevos dentro del agua (Figura 24 a). Otros como *Pomacea canaliculata* lo hace siempre encima del agua. *Pomacea glauca* (Figura 25) y *Pomacea urceus* depositan los huevos en tierra

y los cubre con su concha mientras dura la sequía (Martínez-E. com. pers.) (Figura 23 c-d). *Melanooides tuberculata* aprovecha la época de lluvias para congregarse y reproducirse, con lo cual la eclosión de los huevos ocurre durante el verano y/o sequía (en zonas húmedas); posteriormente, con las lluvias más fuertes, los individuos se dispersan en toda el área del humedal, y a lo largo de las quebradas (Longo *et al.* 2010).



Figura 23. a) y b) *Pomacea urceus*. Foto: M. Morales-Betancourt. c) Hembra estivante con la cría (Camaguán, Estado Guárico, Venezuela). d) Hembra estivando con las crías protegidas en verano (Camaguán, Estado Guárico, Venezuela). Fotos: E. Martínez.

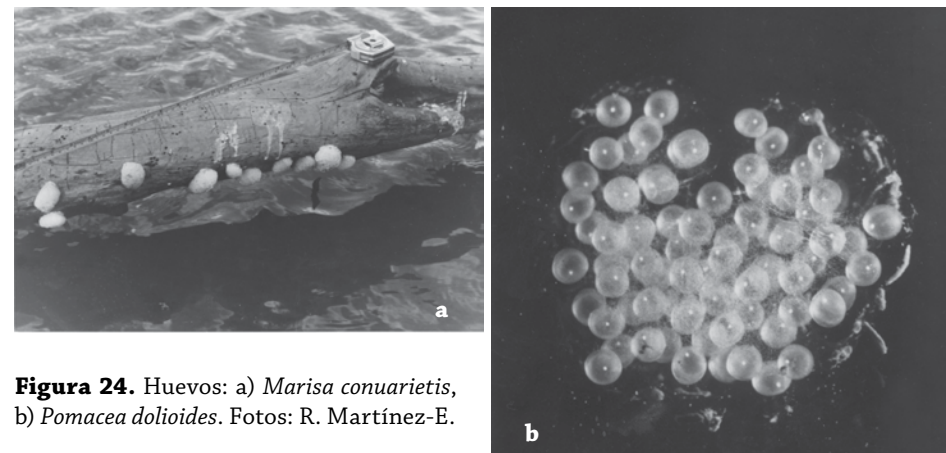


Figura 24. Huevos: a) *Marisa conuarietis*, b) *Pomacea dolioides*. Fotos: R. Martínez-E.

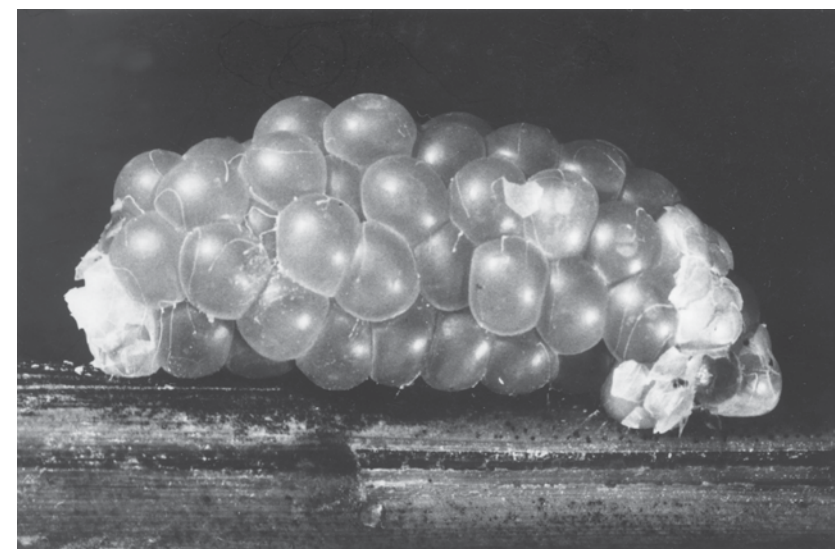


Figura 25. Ovimasa de *Pomacea glauca*, color verde esmeralda (Cumaná, Estado Sucre, Venezuela). Foto: R. Martínez-E.

Las conchas de los bivalvos son la gran utilidad para indicar hasta donde pueden llegar el límite de un humedal, especialmente en sistemas pulsátil (Figura 26 a y d). En

los anexos 1 y 2 se listan las especies de crustáceos y moluscos, y su distribución por cuencas.



M. A. Morales-Betancourt

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA



Figura 26. a) *Castalia orinocensis*. Río Orinoco. Foto: C. A. Lasso. b) *Acostea rivolii*, especie endémica de la cuenca del Magdalena. Foto: G. Reinoso. c) Mycetopodidae, Arauca. Foto: F. Mijares. d) *Drulia conifera* (esponja). Orinoco. Foto: M. A. Morales-Betancourt.

Por último, requieren mención especial, las esponjas de agua dulce. Este grupo de poríferos presenta particularidades biológicas y evolutivas muy interesantes que se manifiestan claramente en sus diferentes estrategias de vida. Pueden vivir adheridas a rocas, troncos sumergidos, barrancos de ríos y lagunas, y sobre todo, en las ramas, troncos y hojas del bosque inundable de los tres tipos de aguas (blancas, claras y negras). Es frecuente observarlas pegadas a estos árboles y arbustos a diferentes alturas, lo que marca claramente el nivel máximo de inundación del río o laguna. Este hecho las convierte en un taxón de gran utilidad y precisión a la hora de delimitar

el humedal en función de la cota máxima de inundación. Un ejemplo representativo de este fenómeno lo constituye el río Orinoco y los humedales de la región de la altillanura, donde hay unas cinco especies de esponjas que servirían como indicadores para delimitar. *Drulia uruguayensis* y dos especies de *Metania* (*M. fittkai* y *M. reticulata*), se adhieren en la vegetación a ramas de los bosques inundables y por ende son bioindicadores evidentes del nivel máximo de inundación y de la ATTZ (Figura 27 a-b). Por su parte, *Drulia conifera* que habita en las grandes lajas rocosas del río Orinoco (Figura 26 d), es un excelente indicador del nivel hidrométrico del río.



M. A. Morales-Betancourt



Figura 27. Esponjas: a) *Drulia uruguayensis* (parte superior) y *Metania fittkai* (parte inferior), río Bitá. b) *Drulia uruguayensis*, río Inírida. Fotos: M. A. Morales-Betancourt.

Conclusiones

Tanto los insectos como otros macroinvertebrados acuáticos (crustáceos, moluscos) y las esponjas, pueden ser utilizados para identificar, caracterizar y establecer límites en humedales. Su validez y utilidad dependen del objetivo del proceso. Sin embargo, algunos taxa son más útiles para medir calidad del agua y/o integridad biótica, mientras que otros sirven directamente para el establecimiento de límites.

5.2.5 Peces

Luz Fernanda Jiménez-Segura y Carlos A. Lasso

En Colombia, Maldonado *et al.* (2008) estimaron en 1435 las especies de peces dulceacuícolas, aunque revisiones recientes han

elevado el número a 1637 (Álvarez-León *et al.* 2013). Del análisis de estos trabajos, incluyendo la distribución de las especies entre las diferentes cuencas, se pueden establecer patrones según los endemismos. Así, aunque muchos humedales en Colombia sean similares desde el punto de vista geomorfológico (físico) e hidrológico (funcional), hay una impronta biogeográfica a la cual se suma el gradiente altitudinal y los sistemas de circulación (lótico vs. léntico), que condicionan o determinan en gran medida la distribución de los peces en los humedales interiores de Colombia. Partiendo de este hecho, se presenta el ejemplo de la cuenca Magdalena-Cauca como una unidad de trabajo, de cuyo análisis se podrían extrapolar los resultados al resto de las cuencas del país.

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA

La cuenca del río Magdalena-Cauca incluye 213 especies (Maldonado *et al.* 2008). Sus ensamblajes siguen un gradiente decreciente asociado con la altitud, la temperatura del agua, la pendiente del cauce y la velocidad del agua (Jaramillo *et al.* 2010). El número de especies del ensamblaje es inverso a la altitud, pero así como en otros grupos de organismos, se presenta un incremento a ciertas altitudes, entre los 5-100 m pueden haber 62 especies, entre los 100 y los 300 m puede llegar a 92 y arriba de los 2300 m s.n.m. los ensamblajes pueden estar conformadas por tres o cuatro especies en sectores por encima de los 2300 m s.n.m. (Jiménez-Segura *et al.* 2013a). Entre los 5 y los 120 m de altitud, las ciénagas o lagunas dentro del plano lateral del río Magdalena, son hábitat de unas 62 especies de peces. Dentro de estos ensamblajes, especies como *Cyphocharax magdalenae*, *Pimelodus blochii*, *Prochilodus magdalenae*, *Hoplosternum magdalenae* y *Astyanax magdalenae*, son dominantes en el sistema (Jiménez-Segura *et al.* 2012, Granada *et al.* 2012). A medida que aumenta la altitud, en los ríos andinos el ensamblaje está conformado por cerca de 100 especies, donde especies como *Chaetostoma spp*, *Andinoacara latifrons*, *Astyanax spp* y *Creagrutus magdalenae*, son representativas de este gradiente (Universidad de Antioquia-Isagen S.A. 2012). Entre los 200 y 700 m s.n.m., los géneros *Astroblepus*, *Trichomycterus*, *Lebiasina* y especies como *Brycon henni*, caracterizan la ictiofauna, que incluye un intervalo entre las 50 y 92 especies (Universidad de Antioquia-EPM 2013, Isagen S. A. 2010). En sistemas de corrientes entre los 1000 y los 1800 m de altitud, pueden encontrarse entre 20 y 30 especies (Jiménez-Segura *et al.* 2013a), donde carácidos como *B. henni* y *Creagrutus spp* son característicos. Entonces el

número de especies (riqueza), así como la composición de especies y su abundancia dentro del ensamblaje de peces en el gradiente de altitud y en su interacción con el tipo de humedal (río, quebrada, ciénaga), pueden ser un primer criterio de utilidad en la caracterización de los humedales de la cuenca Magdalena-Cauca.

La comunidad de peces no es estática ni en tiempo ni en espacio. La temporalidad climática imprime una dinámica bien conocida en las regiones tropicales (Lowe-McConnell 1995, Welcomme 1979), según la cual la reducción o incremento del caudal cambia las condiciones del hábitat en términos espaciales y en las interacciones bióticas (Junk *et al.* 1989), activa la migración de algunas especies desde o hacia las zonas bajas de los ríos (Carosfeld *et al.* 2003) y estimula el comienzo de la temporada reproductiva (Torres-Mejía y Ramírez-Pini-lla 2008, Jiménez-Segura *et al.* 2010). En la cuenca del río Magdalena-Cauca, la mayoría de los individuos de especies migratorias no sobrepasan los 700 m de altitud, aunque algunas especies (p. e. *Brycon spp*, *Prochilodus magdalenae*, *Salminus affinis*), pueden remontar hasta los 1100 m s.n.m. (Jiménez-Segura *et al.* 2013a). El comportamiento migratorio de estas especies determina que los ensamblajes de especies en ríos entre los 100 y los 700 m se reestructuren estacionalmente y en asocio con la temporalidad climática (Jiménez-Segura *et al.* 2014, sometido). Entonces, la dinámica hidrológica estacional y su influencia sobre la estructura de los ensamblajes, debe ser considerada también como un segundo criterio para delimitar espacialmente los humedales en la cuenca. Se clasificará jerárquicamente primero por tipo (ríos, quebradas, lagunas, ciénagas, entre otros) y dentro de cada uno de ellos, luego

por el cambio en la altura de la columna de agua asociada con la temporalidad climática (por lluvias, por ingreso del río o por su interacción). En la figura 28 se muestran algunas especies representativas.

Por otro lado, si se tiene en consideración los servicios ecosistémicos (p. e. reactores biológicos= productores de biomasa, amortiguadores de crecientes, recurso pesquero, etc.), que proveen las ciénagas del plano lateral del río Magdalena-Cauca a la población colombiana, es necesario considerarlas como sistemas acuáticos prioritarios en cualquier programa de conservación de humedales. Las ciénagas son depósito del sedimento y de la carga de nutrientes que lleva el río, también amortiguan el efecto de las grandes crecidas del río durante las

temporadas de lluvias, y dado que son áreas de crianza de las especies migratorias usadas en la pesca artesanal, son parte fundamental en el ciclo de vida de estas especies y en el reclutamiento de sus poblaciones, no solo en la ciénaga sino también sobre las del cauce del río. De hecho, los ciclos ENSO que ocasionan años de gran sequía seguidos de años con fuertes inundaciones, elevan la densidad de larvas de especies migratorias en la cuenca e impactan positivamente en la producción pesquera (Jiménez-Segura 2007, Jiménez-Segura 2013b, Barletta *et al.* sometido). Es por esto, que la interacción entre la estacionalidad climática, la conexión hidrológica permanente entre la ciénaga y el río, y el área de espejo de agua de estos ambientes, puede ser considerada como un tercer criterio para la identifica-



M. A. Morales-Betancourt

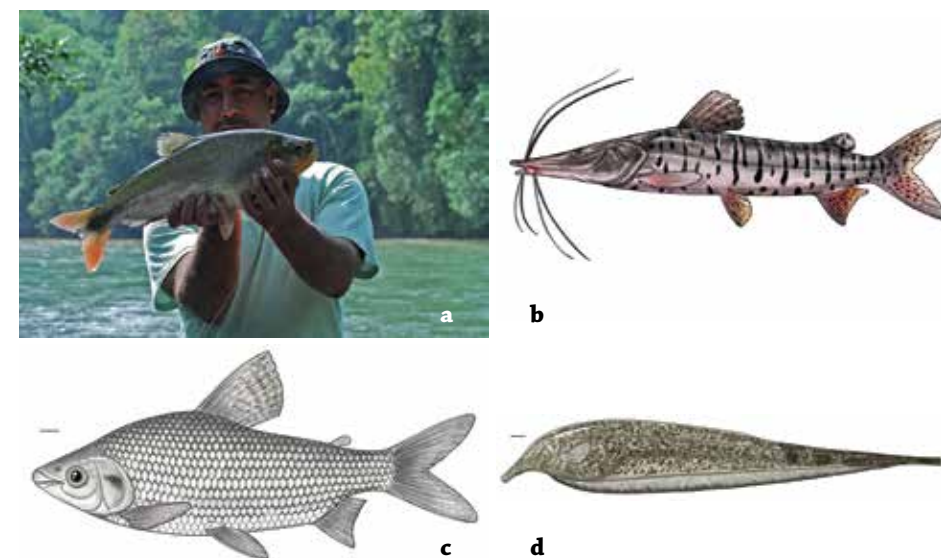


Figura 28. a) *Brycon* sp. La Miel. Foto: G. Urrea. b) Bagre rayado del Magdalena (*Pseudoplatystoma magdaleniatum*). c) Bocachico (*Prochilodus magdalenae*). d) *Apteronotus magdalenensis*. Ilustraciones: Liberum Donum Studios.



M. A. Morales-Betancourt

ción, caracterización y por supuesto, establecimiento de los humedales en la cuenca Magdalena-Cauca.

Conclusiones

El análisis de la cuenca del Magdalena-Cauca, muestra claramente tres criterios para la identificación, caracterización y el establecimiento de límites en los humedales interiores de Colombia:

- La composición de los ensamblajes de especies de peces en el gradiente de altitud (beta diversidad) y número de especies o riqueza (alfa diversidad).
- La dinámica hidrológica estacional y su influencia sobre la estructura de los ensamblajes.
- La interacción entre la estacionalidad climática, la conexión hidrológica permanente entre la ciénaga y el río (permanente o estacional), el área y volumen almacenado del cuerpo de agua.

Definir unos criterios para identificar, caracterizar y finalmente, establecer límites en los humedales en la cuenca Magdalena-Cauca, es un desafío para los gestores del ambiente dentro del Estado colombiano. Los humedales son ambientes acuáticos muy complejos, cuya dinámica está determinada por factores climáticos, geológicos, biológicos y antrópicos. De esta manera, se espera que la presentación de estos tres criterios pueda ser de utilidad para ayudar en la protección y conservación de estos sistemas acuáticos.

Los criterios acá definidos para la cuenca del Magdalena-Cauca se utilizan por el amplio nivel de información, pero pueden ser extrapolados y aplicados a las demás cuencas del país, en especial a los ríos con planicie de inundación (Amazonas, Orinoco, Pacífico y Caribe).

5.2.6 Anfibios

Josefa Celsa Señaris y Andrés R. Acosta-Galvis

A pesar de ser poco conocidos y en muchos casos pasar desapercibidos, los anfibios son un componente muy importante en los ecosistemas, especialmente en los bosques y humedales del trópico. Su relevancia radica en que algunas poblaciones de anfibios, especialmente sapos y ranas, son muy abundantes y aportan una biomasa muy significativa al flujo de energía. Así mismo, son pieza central en las redes tróficas, actuando como depredadores de invertebrados y, a su vez, como presas de otros vertebrados. Por la naturaleza bifásica en su historia de vida y su gran sensibilidad a los cambios ambientales, los anfibios son considerados como indicadores ideales de la calidad del hábitat, tanto en el medio terrestre como en el acuático, en especial los humedales.

Anfibios y humedales

En los últimos treinta años un número significativo de especies de anfibios se han extinto, especialmente en el Neotrópico, y otras poblaciones han declinado de forma alarmante. Según las listas rojas de la UICN un tercio de los anfibios del mundo están en peligro de extinción - alrededor de un 21% de las especies están catalogadas en las categorías de mayor riesgo de extinción -, y se considera que actualmente son los vertebrados más amenazados del mundo, ya que las proporciones de mamíferos y aves en riesgo solo alcanzan el 10% y 5%, respectivamente. Entre las causas asociadas más frecuentemente a esta pérdida de biodiversidad global, están la pérdida, fragmentación y degradación de los hábitats, la introducción de enfermedades o de especies exóticas y el cambio climático. Colom-

bia y México encabezan la lista de los países con mayor número de especies de anfibios con alguna categoría de amenaza, seguidos por Ecuador, Brasil, Perú y China.

Los ríos y sus llanuras aluviales, los lagos y en general los humedales, son los ecosistemas que han sufrido los cambios más drásticos como resultado de las actividades antrópicas (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica 2010). En general los humedales son importantes por su biodiversidad y alta productividad. Allí coexisten especies totalmente acuáticas con otras de necesidades mixtas, como anfibios y aves, conectando el medio terrestre al acuático. La composición de especies de anfibios de los humedales es el reflejo de la biogeografía y el proceso evolutivo de la región donde se desarrollan los humedales y, pese a que el número de especies endémicas en la mayoría de los humedales es bajo, usualmente se mantienen elevadas poblaciones de especies de amplia distribución y algunas raras o en peligro (Junk *et al.* 2006).

En Colombia los ambientes de humedales están distribuidos a lo largo de diferentes gradientes altitudinales que incluyen áreas de turberas y sistemas lagunares asociadas a los nacimientos de los ríos en los ambientes de páramo, incluyendo humedales y lagos de las altiplanicies en la región andina, hasta las áreas acuáticas propias de las tierras medias o bajas con ciénagas y morichales, áreas de desborde estacional asociadas a los grandes ríos en las regiones Caribe, Valle del Magdalena, Pacífico, Orinoquia y Amazonia. En este tipo de ecosistemas, algunos grupos de anfibios muestran hábitos semiacuáticos, donde su dependencia no es total ya que en la mayor parte de los casos, la relación con los ambientes de humedal se hace extensiva solo a las actividades reproductivas, mientras que en otras especies

involucra hábitos de vida acuáticos, donde su dependencia por los cuerpos de agua es mayor y la riqueza de especies es más baja (Tabla 2).

Anfibios acuáticos

Un grupo limitado de especies pueden considerarse estrictamente acuáticas debido a que todas sus actividades biológicas (alimentación, reproducción y uso del hábitat), se desarrolla estrictamente en los cuerpos de agua. En Colombia se reconocen diez especies restringidas a humedales en las tierras bajas. Estos grupos incluyen a todos los integrantes de la familia Pipidae (Tabla 2), que agrupa un complejo primitivo de especies de ranas que carecen de lengua, con hábitos de vida muy crípticos, en las cuales su dieta es principalmente ictiófaga, aunque consumen peces, crustáceos y también pequeños vertebrados semiacuáticos incluyendo otros anfibios (Figura 29).

Por otra parte, está un integrante autóctono de la familia de las ranas de la familia Hylidae, *Pseudis paradoxa* la cual es común en complejos cenagosos y sistemas de humedales de la región del Orinoco (Figura 30). También está la rana *Hydrolaetare schmidtii*, que habita en las lagunas asociadas a los sistemas ribereños en la Amazonia. Otras especies de anfibios incluyen tres especies de Caecilias ("culebras ciegas") propias de los ambientes ribereños y lagunares de las tierras bajas (Tabla 2), cuyos hábitos son principalmente carroñeros e ictiófagos (Figura 31).

Anfibios semiacuáticos asociados a los humedales

Al evaluar la información disponible de los anfibios asociados a los ambientes acuáticos y en contraste a lo expuesto anteriormente, un número elevado de especies de anfibios registrados en nuestro territorio,



Figura 29. *Pipa pipa*. Foto: J. C. Señaris.



Figura 30. *Pseudis paradoxa*. Foto: J. C. Señaris.



M. A. Morales-Betancourt

Tabla 2. Distribución y hábitos de las especies de anfibios estrictamente acuáticas, asociadas a los ambientes de humedales en Colombia.

Familia	Especie	Región	Altitud (m n.s.m.)
Bufonidae	<i>Pseudis paradoxa</i> (Linnaeus, 1758)	Tierras bajas Colombia	0-500
Pipidae	<i>Pipa myersi</i> Trueb, 1984	Pacífico	30-500
Pipidae	<i>Pipa parva</i> Ruthven & Gaige, 1923	Orinoco, Caribe	50-135
Pipidae	<i>Pipa pipa</i> (Linnaeus, 1758)	Orinoco, Amazonas	100-500
Pipidae	<i>Pipa snethlageae</i> Müller, 1914	Orinoco, Amazonas	0-100
Pipidae	<i>Xenopus laevis</i> (Daudin, 1802)	Andina*	2600
Leptodactylidae	<i>Hydrolaetare schmidti</i> (Cochran & Goin, 1959)	Amazonia	100
Orden Apoda			
Typhlonectidae	<i>Potomotyphlus kaupii</i> (Berthold, 1859)	Orinoco, Amazonas	100-300
Typhlonectidae	<i>Typhlonectes compressicauda</i> (Duméril & Bibron, 1841)	Orinoco, Amazonas	100-200
Typhlonectidae	<i>Typhlonectes natans</i> (Fischer, 1879)	Caribe, Valle del Magdalena, Andina.	0-900
Orden Caudata			
Familia Abystomatidae	<i>Ambystoma mexicanum</i> (Shaw & Nodder, 1798)	Andina*	2600

*Especies exóticas registradas de forma reciente en cautiverio en la ciudad de Bogotá, cuyos hábitos de vida se incluyen en este listado de especies acuáticas.

pueden ser consideradas como semiacuáticas (Anexo 3). Están las especies que ocupan las quebradas y arroyos (“reofilicas”) incluidas en los géneros de sapos *Atelopus* junto con algunos integrantes del género *Rhaebo*, las ranas aromobátidas de los géneros *Rheobates* y *Aromobates*, todas las ranas de “cristal” de la familia Centrolenidae, algunas especies del género *Stramobantis* (Craugastoridae), dos géneros de “ranas venenosas” (Dendrobatidae), algunas es-

pecies de *Colostethus* e *Hyloxalus* y la gran mayoría de las ranas arborícolas del género *Hyloscirtus* (Hylidae).

Por otra parte, no todas las especies reportadas en los ecosistemas de humedal poseen hábitos semiacuáticos, ya que no presentan de forma estricta adaptaciones o comportamientos de tipo acuático y solo en una primera perspectiva, involucran necesidades reproductivas que muchas veces



Figura 31. *Typhlonectes compressicauda*. Lagos de Yahuaraca, Amazonas. Foto: M. A. Morales-Betancourt.

son realizadas en microhábitats estacionales asociados a las áreas circundantes como charcas temporales. Este es el caso de un importante número de taxa, entre los que se puede citar como ejemplos algunas especies propias de las ciénagas de la región Caribe como *Ceratophrys calcarata* y *Pleurodema brachyops* (Figura 32) entre otras. En la actualidad, esta riqueza de anfibios registrada en algunos ecosistemas de humedales (ciénagas, humedales, esteros, etc.), ha sido documentado de forma tangencial, que incluyen muchas veces las unidades paisaje terrestre asociados a estos ambientes acuáticos, sin discriminar las especies propias de dichos ambientes. Esto incluye humedales y lagos de altiplanicie (Lynch y Renjifo 2001, Moncaleano-Niño y Calvachi-Zambrano 2009, CAR 2011); cié-

nagas en la región Caribe (Dueñez-Gómez *et al.* 2004, Romero y Lynch 2010, Medina-Rangel *et al.* 2011, Acosta 2012, Paternina *et al.* 2013); ambientes lagunares de la Orinoquia (Camacho-Rozo y Camacho-Reyes 2010); algunos humedales en el Valle del Cauca (Pedroza-Banda y Angarita Sierra 2011) y áreas de desborde de grandes ríos y lagos de la Amazonia (Ardila-Robayo y Ruiz-Carranza 1997, Lynch y Vargas 2000, Lynch 2005).

Familia Hylidae

Considerada la familia mejor representada en los ambientes acuáticos, incluye integrantes que agrupa un importante número de especies, distribuido desde los ambientes lagunares de páramo como lo registrado en varias especies del género *Dendropsophus*



Figura 32. *Pleurodema brachyops*. Foto: J. C. Señaris.

(Figura 33): *Dendropsophus labialis* (Amézquita 1999, Ardila-Robayo y Acosta-Galvis 2000), *Dendropsophus luddeckei* (Guarnizo *et al.* 2012) junto con la especie *Hyloscirtus tigrinus* (Montezuma y Mueses-Cisneros 2009), pasando por grupos propios de los bosques andinos y subandinos como las ranas estrictamente los ambientes lagunares como *Dendropsophus virolinensis* (Gutiérrez *et al.* 2004), *D. bogerti*, *D. columbianus* (Hoyos *et al.* 2012), *D. garagoensis* (Kaplan 1991) y *D. norandinus* (Rivera y Gutierrez 2012), entre otras especies cuyo comportamiento defensivo incluye sumergirse en los cuerpos de agua. Esta se extiende hasta un importante grupo de ranas arborícolas que ocupan los diferentes cuerpos de agua existentes en las tierras bajas, incluyendo ciénagas, esteros, áreas de desborde los ríos (varzeas), lagunas, lagos y humedales en las regiones de la Amazonia, Orinoquia, valle del Magdalena, Caribe y Pacífico, entre los que vale resaltar varias especies de ranas

diminutas de los géneros *Dendropsophus*, *Scinax*, *Scarthyla* y *Sphaenorhynchus*.

Familia Leptodactylidae

Incluye especies terrestres con diversas relaciones con su entorno, desde especies propias de tierra firme, hasta aquellas que utilizan y dependen de los ambientes ecotonales con ecosistemas acuáticos. Sobresalen algunas de las ranas del género *Leptodactylus* del complejo de especies *podicipinus-wagneri* (*sensu* Heyer 1994) y algunas especies del complejo *bolivianus* (Heyer y De Sá 2011), con nueve especies. En el caso de las ranas del grupo *podicipinus-wagneri*, estas especies se observan sumergidas en las orillas de diversos cuerpos de agua que incluyen lagunas permanentes, pozos en la orilla de quebradas esteros y otros humedales. Un buen ejemplo del uso de estos ambientes es *Leptodactylus colombiensis*, cuya distribución en las zonas entre los 0-1700



M. A. Morales-Betancourt

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA



Figura 33. *Dendropsophus minusculus*. Foto: J. C. Señaris.

m, permite observar como las diferentes poblaciones geográficas (desde los bosques de niebla hasta el piedemonte andino), dependen de los ecosistemas acuáticos. Por otra parte, las ranas del complejo *bolivianus* habitan en los bordes de los esteros, lagunas de las tierras bajas, donde se destacan tres especies muy comunes en estos hábitats: *Leptodactylus bolivianus*, *L. insularum* y *L. macrosternum* (Figura 34).

Familia Ranidae

Representado en Colombia por tres especies, dos de las cuales son autóctonas. Su historia natural está ligada a los cuerpos de agua lóticos de curso lento y cuerpos lénticos lagunares, asociados a complejos de humedales y bosques naturales.

Conclusiones

La riqueza de la anurofauna, vista esta tanto desde un punto de vista estrictamente taxonómico (composición), como estructural (abundancia, densidad, biomasa) y

funcional (dinámica trófica), constituyen un buen criterio para la identificar, caracterizar y establecer límites en humedales, incluso el monitoreo de la calidad de hábitat de los mismos. Un elemento importante a destacar, que los diferencia de otros vertebrados tetrápodos acuáticos y semiacuáticos, es la elevada biomasa y densidad observada en muchos humedales, criterio de utilidad para el objetivo de establecimiento de límites. Así mismo, la existencia de dos fases en el ciclo de vida de estos organismos acuática (renacuajos) y terrestre (adultos), representa una ventaja para el mismo proceso citado anteriormente. Por último, al igual que en otros grupos de vertebrados, el patrón biogeográfico (distribución por ecorregiones, biotas y/o cuencas) en los diferentes tipos de humedal de la geografía colombiana, constituye la puerta de entrada como una primera aproximación para el proceso de identificación, caracterización y establecimiento de límites.



M. A. Morales-Betancourt

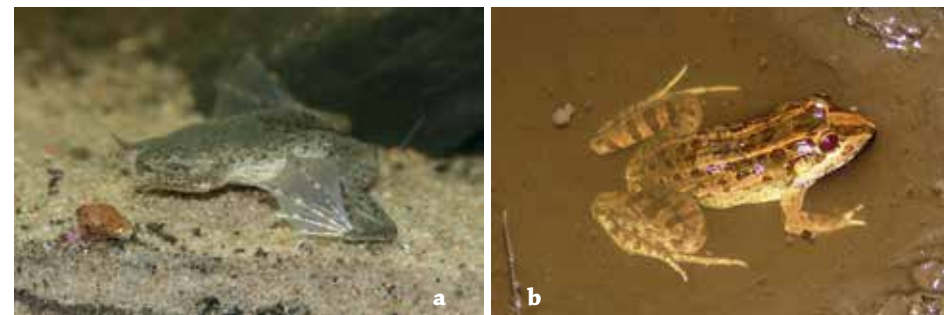


Figura 34. a) *Pipa parva*. Foto: A. Acosta y b) *Leptodactylus macrosternum*. Foto: J. C. Señaris.

5.2.7 Serpientes

Oscar Daniel Medina Barrios

Las serpientes con diez familias presentes en Colombia (Aniliidae, Anomalepididae, Boidae, Colubridae, Dipsadidae, Elapidae, Leptotyphlopidae, Tropidophiidae, Typhlopidae y Viperidae), son organismos únicos que cumplen un papel fundamental en el equilibrio de los ecosistemas, regulando y controlando la dinámica trófica en determinados hábitats. Por ser especies cosmopolitas, se encuentran prácticamente en todas las regiones naturales, en todos los sistemas hidrográficos y en prácticamente todos los climas, exceptuando las nieves perpetuas.

De las más de 300 especies registradas para Colombia (Uetz y Hošek 2014), solo unas 16 especies muestran hábitos semiacuáticos o acuáticos. La familia Dipsadidae se destaca en este grupo por la mayor riqueza de especies con este hábito. Hay especies estrictamente acuáticas, es decir sólo salen del agua para realizar sus posturas, las cuales se realizan en los ecosistemas que emergen o están disponibles cuando los ríos o ambientes lénticos bajan el nivel de las

aguas o se secan. Por otra parte, están las que son semiacuáticas, que son dependientes del agua, pero no totalmente (Tabla 3).

A continuación se describe brevemente las características de los géneros de serpientes de Colombia que las hacen propias de los humedales o de zonas húmedas. Este registro es una compilación de información tomado de Uetz y Hošek (2014), Pérez-Santos y Moreno (1988) y Peters y Orejas-Miranda (1970).

Género *Eunectes*

En las cuencas del Orinoco y del Amazonas se encuentra la anaconda, culebra de agua o güio negro (*Eunectes murinus*), como es conocida esta gran serpiente que puede llegar a medir 9 m de longitud y pesar más de 200 kg (Figura 35). Es un animal semiacuático y nocturno que habita prácticamente en la mayoría de ríos, ciénagas, esteros y lagunas al este de los Andes y sur de Colombia. Se alimenta de grandes mamíferos, aves, crocodílidos y peces. No son agresivos en la naturaleza e intentan, por lo general, huir del hombre. Son vivíparas, paren camadas de unas 34 crías que ya miden cerca de 70 centímetros de longitud al nacer y son ca-

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA

paces de defenderse por su cuenta. No poseen veneno.

Género *Micrurus*

En la cuenca del Orinoco y del Amazonas se encuentran dos especies de la familia Elapidae conocidas en Colombia como corales. *Micrurus lemniscatus*, considerada por algunos autores como semiacuática, es una serpiente como todos los elápidos, muy venenosa, con dentición proteroglifa, que se alimenta principalmente de sanguijuelas y anguilas de agua dulce (*Synbranchus marmoratus*) y en menor medida de serpientes y lagartos de tamaño pequeño. Es una serpiente ovípara en la que las hembras pueden llegar a poner entre 4 y 10 huevos, las crías nacen en la temporada lluviosa, por lo general, entre junio y agosto. La segunda coral, denominada “coral de

agua”, debido a sus hábitos marcadamente acuáticos, es *M. surinamensis*. Es también un elárido muy venenoso y el único que es agresivo dentro de la familia; se alimenta además de sanguijuelas y anguilas de agua dulce, de otros peces pequeños. Puede poner entre 1 y 13 huevos a inicios o en la temporada lluviosa. Estas dos especies se pueden encontrar en orquedades a orillas de los ríos, caños y demás cuerpos de agua, así como debajo de rocas, entre raíces y hojarasca, pues una característica del género es el comportamiento minador.

Género *Pseudoeryx*

En la cuenca del Orinoco y del Amazonas, en especial esta última, por debajo de los 250 m s.n.m. se encuentra *Pseudoeryx plicatilis*, única especie para este género, perteneciente a la familia Dipsadidae.



Figura 35. *Eunectes murinus*, río Amazonas. Foto: M. A. Morales-Betancourt.



M. A. Morales-Betancourt

Es una serpiente acuática, de actividad diurna, cuya alimentación se basa en peces y anfibios.

Género *Hydrodynastes*

Presente en la cuenca del Orinoco y del Amazonas, por debajo de los 750 m s.n.m., está representado por *Hydrodynastes bicinctus*, única especie para este género, perteneciente a la familia Dipsadidae. Es una serpiente semiacuática que puede alcanzar los dos metros de longitud, se encuentra en las orillas de los ríos, lagunas y en los caños, donde caza su alimento activamente durante el día.

Género *Hydrops*

En este género, se incluyen dos especies para Colombia, pertenecientes a la familia Dipsadidae. En la cuenca del Amazonas está *Hydrops martii*, serpiente que puede medir de 100 a 120 cm de longitud. Para la cuenca del Orinoco y del Amazonas, está *H. triangularis*, ofidio pequeño, que puede medir entre 60 y 90 cm (Figura 36). Son serpientes acuáticas que desarrollan su actividad durante el día, alimentándose de pequeños peces, incluyendo anguilas de agua dulce. Se pueden apreciar en la noche especialmente después de la lluvia en selvas húmedas y bajas. Son conocidas vulgarmente como corales de

Tabla 3. Distribución y hábitos de las especies de serpientes de Colombia.

Familia	Especie	Cuencas	Acuático	Semiacuático
Boidae	<i>Eunectes murinus</i>	Orinoco, Amazonas		X
Elapidae	<i>Micrurus lemniscatus</i>	Orinoco, Amazonas		X
	<i>Micrurus surinamensis</i>	Orinoco, Amazonas	X	
Dipsadidae	<i>Pseudoeryx plicatilis</i>	Orinoco, Amazonas	X	
	<i>Hydrodynastes bicinctus</i>	Orinoco, Amazonas		X
	<i>Hydrops martii</i>	Amazonas	X	
	<i>Hydrops triangularis</i>	Orinoco, Amazonas	X	
	<i>Helicops angulatus</i>	Caribe, Pacífico, Orinoco, Amazonas, Catatumbo		X
	<i>Helicops carinicaudus</i>	Caribe		X
	<i>Helicops danieli</i>	Caribe, Magdalena-Cauca, Pacífico		X
	<i>Helicops haggmani</i>	Orinoco, Amazonas		X
	<i>Helicops leopardinus</i>	Amazonas		X
	<i>Helicops pastazae</i>	Caribe, Orinoco, Amazonas, Catatumbo		X
	<i>Helicops polylepis</i>	Orinoco, Amazonas		X
	<i>Helicops scalaris</i>	Caribe		X
	<i>Tretanorhinus taeniatus</i>	Pacífico, Cauca	X	

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA

agua debido a sus marcas y coloraciones llamativas en forma de anillos rojos y negros en el cuerpo, mimetizando corales verdaderas (familia Elapidae).

Género *Helicops*

Pertenece a la familia Dipsadidae, este género tiene amplia distribución y se encuentra tanto al este como al oeste de los Andes. Colombia cuenta con ocho especies que van desde el nivel del mar y sobrepasa los 2000 m s.n.m., siendo la mayoría de ellas de tierras bajas. Como caso particular, prácticamente a todos estos ofidios se les conoce como mapanás de agua (víboras de agua) debido a su patrón de coloración y forma de la cabeza (en triángulo cuando toman una posición de alerta), que semejaría a los pertenecientes de la familia Viperidae. En este sentido, se encuentra *Helicops angulatus* en prácticamente todas las cuencas colombianas de baja altitud; *H. carinicaudus* en la vertiente del Caribe y la cuenca del Magdalena; *H. danieli* está presente en las vertientes del Caribe y del Pacífico, dentro de los valles de los ríos Magdalena, Atrato, Cauca y Sinú. *Helicops hagmanni* se distribuye en las cuencas del Orinoco y del Amazonas; *H. pastazae* en la vertiente del Caribe y en la cuenca del Magdalena, en la cuenca del Orinoco, Amazonas y en el río Catatumbo. *Helicops polylepis* está señalada para la cuenca del Orinoco y del Amazonas por debajo de los 1000 m s.n.m.; *H. scalaris* para la vertiente del Caribe, la cuenca del Magdalena y de la Sierra Nevada de Santa Marta desde el nivel del mar hasta los 500 m s.n.m. y por último *H. leopardinus*, posiblemente al este de los Andes en la cuenca del Amazonas, aunque hay autores que dudan sobre la presencia de esta serpiente en el país. Todas las especies de este género son diurnas, de tamaño medio y de costumbres semiacuáticas. Se alimentan principalmente de peces aunque lo pueden hacer



Figura 36. a) *Hydrops triangularis*. Departamento del Vichada, cuenca del Orinoco. b) *Helicops angulatus*. Departamento del Meta, Cuenca Orinoco. Fotos: A. Acosta. c) *Micrurus surinamensis*. Foto: C. Quiroga-Giraldo.

también de pequeños anfibios. Son de carácter nervioso y huyen al ser descubiertas introduciéndose en las corrientes de agua cercanas para esconderse en el fondo.

Género *Tretanorhinus*

Pertenece a la familia Dipsadidae, este género cuenta con una especie: *Tretanorhinus taeniatus*, presente en la cuenca del Pacífico y del Cauca por debajo de los 1000 m s.n.m. Es una especie de hábitos acuáticos que puede ocasionalmente ocupar agua salada. De costumbres diurnas, se alimentan de pequeños peces. Son de carácter nervioso y huyen al menor signo de peligro al fondo de las corrientes.

Conclusiones

En resumen, dentro de este grupo se encuentran 16 especies (cinco estrictamente acuáticas y 11 semiacuáticas), ampliamente distribuidas en las diferentes cuencas del país, que pueden ser de utilidad como indicadoras de humedales, tanto desde un punto de vista biogeográfico, como ecológico. En este último sentido, sus hábitos reproductivos y tróficos son dependientes del medio acuático, el cual es la única garantía para cumplir su ciclo de vida.

5.2.8 Tortugas y crocodílidos**Monica A. Morales-Betancourt y Carlos A. Lasso**

La mayoría de las tortugas y crocodílidos sirven para identificar, caracterizar y establecer en buena medida, los humedales de las tierras bajas. Estos sistemas acuáticos son de vital importancia para que estos organismos puedan cumplir con sus funciones vitales como la alimentación, reproducción (cortejo, cópula), refugio y desplazamientos (migraciones), y cerrar su ciclo de vida. Hay especies que son estrictamente acuáticas, es decir, sólo salen del agua a realizar sus posturas (nidificación), las cuales tienen lugar en los hábitats que emergen y están disponibles cuando los ríos y ambientes lénticos se secan. Por otra



M. A. Morales-Betancourt

parte, están las especies semiacuáticas que son dependientes parcialmente del agua (Tabla 4).

Con estos planteamientos e información en mente, la pregunta de rigor es: ¿sirven las tortugas y crocodílidos, dados sus hábitos de vida, para identificar, caracterizar y finalmente delimitar los diferentes tipos de humedales de Colombia? La respuesta es sí. A continuación se describen las diferentes estrategias de historia de vida de estas especies que nos permiten aseverar dichos planteamientos.

Tortugas

De las 27 especies de tortugas continentales de Colombia, 15 son acuáticas, donde destaca la familia Podocnemidae, (Figura 37 a,c,d) ya que todas sus especies son estrictamente acuáticas. Nueve especies son semiacuáticas y las otras tres son terrestres. De acuerdo a la información compilada en Páez *et al.* (2012a), se describen brevemente a continuación, las características del hábitat y aspectos reproductivos de las especies características de los humedales.

Especies estrictamente acuáticas

En la cuenca del Amazonas se encuentra el cupiso (*Podocnemis sextuberculata*), que habita principalmente en pozos profundos y canales en ríos grandes, aunque cuando los ríos crecen, las tortugas salen del cauce principal hacia lagos y bosques inundados. Posteriormente, cuando las aguas bajan, los adultos regresan a los pozos profundos del cauce principal cerca de las playas de anidación, mientras que los juveniles inmaduros permanecen en los pozos y canales durante toda la estación seca. Anidan en playas y bancos arenosos, altos y distantes del alcance del agua (Ceballos *et al.* 2012a). En los ríos Apaporis y Vaupés se distribuye la tortuga roja (*Rhinemys rufipes*) que vive en

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA



M. A. Morales-Betancourt

Tabla 4. Distribución y hábitos de las especies de tortugas y crocodílicos de Colombia.

Familia	Especie	Cuencas	Acuáticos	Semiacuáticos
Tortugas				
Chelydridae	<i>Chelydra acutirostris</i>	Caribe, Magdalena y Pacífico	x	
Geoemydidae	<i>Rhinoclemmys diademata</i>	Caribe (río Catatumbo)		x
	<i>Rhinoclemmys melanosterna</i>	Caribe, Magdalena y Pacífico		x
	<i>Rhinoclemmys nasuta</i>	Caribe y Pacífico	x	
Emydidae	<i>Trachemys callirostris</i>	Caribe y Magdalena		x
	<i>Trachemys venusta</i>	Magdalena y Pacífico		x
Kinosternidae	<i>Kinosternon dunni</i>	Caribe (Atrato) Pacífico (Cuencas de los ríos San Juan, Docampadó y Baudó)	x	
	<i>Kinosternon leucostomum</i>	Caribe, Magdalena y Pacífico		x
	<i>Kinosternon scorpioides</i>	Amazonas, Caribe, Magdalena y Orinoco		x
Chelidae	<i>Chelus fimbriatus</i>	Amazonas y Orinoco	x	
	<i>Mesoclemmys dahli</i>	Caribe y Magdalena		x
	<i>Mesoclemmys gibba</i>	Amazonas y Orinoco	x	
	<i>Mesoclemmys heliostemma</i>	Amazonas		x
	<i>Mesoclemmys raniceps</i>	Amazonas y Orinoco	x	
	<i>Platemys platycephala</i>	Amazonas y Orinoco		x
	<i>Rhinemys rufipes</i>	Amazonas (ríos Apaporis y Vaupés)	x	
	<i>Phrynops geoffroanus</i>	Amazonas y Orinoco	x	
Podocnemididae	<i>Peltocephalus dumerilianus</i>	Amazonas y Orinoco	x	
	<i>Podocnemis erythrocephala</i>	Amazonas y Orinoco	x	
	<i>Podocnemis expansa</i>	Amazonas y Orinoco	x	
	<i>Podocnemis lewyana</i>	Caribe y Magdalena	x	
	<i>Podocnemis sextuberculata</i>	Amazonas	x	
	<i>Podocnemis unifilis</i>	Amazonas y Orinoco	x	
	<i>Podocnemis vogli</i>	Orinoco	x	

Familia	Especie	Cuencas	Acuáticos	Semiacuáticos
Crocodílicos				
Crocodylidae	<i>Crocodylus acutus</i>	Caribe, Magdalena y Pacífico	x	
	<i>Crocodylus intermedius</i>	Orinoco	x	
Alligatoridae	<i>Caiman crocodilus</i>	Amazonas, Caribe, Magdalena, Orinoco y Pacífico	x	
	<i>Melanosuchus niger</i>	Amazonas	x	
	<i>Paleosuchus palpebrosus</i>	Amazonas y Orinoco		x
	<i>Paleosuchus trigonatus</i>	Amazonas y Orinoco		x



Figura 37. a) *Podocnemis unifilis*, río Orinoco. b) *Chelus fimbriatus*. c) *Podocnemis vogli* a orillas del río Tomo. d) *Podocnemis lewyana*. Fotos: M. A. Morales-Betancourt.

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA



M. A. Morales-Betancourt

pequeños ríos, muy sombreados, de aguas corrientes pero poco profundas. Presente tanto en aguas negras como blancas, rara vez en vista, ya que prefiere pasar el tiempo en el fondo o escondida debajo de la hojarasca y no acostumbra asolearse. No usa grandes ríos o lagos (Morales-Betancourt *et al.* 2012a).

En las cuencas Amazonas y Orinoco donde está la mayor riqueza de tortugas, se reporta la matamata o caripatúa (*Chelus fimbriatus*), que habita principalmente en aguas lénticas de lagunas y caños con fondos lodosos y hojarasca, al igual que en el bosque inundado (Figura 37 b). Sale a depositar sus huevos en las playas de arena, los bosques y barrancos, a la orilla de los ríos (Morales-Betancourt y Lasso 2012a). La tortuga cabeza de sapo (*Mesoclemmys raniceps*) habita en caños, pozas y lagunas poco profundas bordeados de bosque primario y durante las lluvias entra a los bosques rebalsados. Los nidos suelen estar ubicados sobre los terraplenes de los arroyos y otros cursos de agua (Morales-Betancourt y Lasso 2012b). La tortuga teparo o bachala (*Phrynops geoffroanus*) vive en ríos, arroyos, cochas, caños y lagunas con bosque de galería y dosel cerrado en sus márgenes y abundante vegetación. Se adapta bastante bien a vivir en ríos contaminados con desechos orgánicos en la periferia de las ciudades. Sale a desovar en la arena o en suelos franco-arcillosos, muy cerca del agua (Morales-Betancourt *et al.* 2012c). La cabezona (*Peltocephalus dumerilianus*) habita preferencialmente ríos, lagunas e igapós (bosques inundables) de aguas negras. Ocasionalmente también puede ser encontrada en menor número, en ríos de aguas blancas y claras. Los lugares de anidación son playas de arena, suelos arcillosos y lugares cercanos al agua con abundante hojarasca, también en

las zonas de sabana durante la estación de aguas altas (De La Ossa *et al.* 2012a). El chipiro (*Podocnemis erythrocephala*) es característico de hábitats de aguas negras (ríos pequeños y caños, ríos más grandes, lagunas y otras zonas inundables), con corrientes pequeñas y medianas; mientras que su presencia en aguas blancas es más ocasional. Los bosques inundados por ríos de aguas negras en la Amazonia (igapó), son fuente de alimento y por ello de gran importancia para las poblaciones. El desove ocurre en áreas abiertas de claros en bosques inundables y en playas de los ríos (Bernhard *et al.* 2012). La charapa (*Podocnemis expansa*) se asocia a ríos grandes y medianos, de aguas blancas o mixtas, lagunas y/o madrevejas. Puede decirse que utiliza el hábitat siguiendo el ciclo hidrológico, así en temporada de lluvias se encuentran en las lagunas y llanos inundados donde encuentra gran cantidad de alimento y en la época seca se encuentra en playas e islas de arena donde desova (Ceballos *et al.* 2012b). La terecay (*Podocnemis unifilis*) habita en los cauces principales de los grandes ríos, remansos, caños, madrevejas, lagunas, pozos y bosques inundados, en todo tipo de aguas (claras, blancas y negras). La terecay también penetra hacia las cabeceras de los ríos o sus tributarios. Durante la época seca, los adultos tienden a ocupar los cauces principales de los ríos, mientras que el resto del año se observan en lagunas, caños y remansos, siendo estos últimos, los preferidos por los juveniles. El desove coincide con el inicio de la temporada seca cuando quedan expuestas los bancos de arena a lo largo de los ríos y sus tributarios. Anida en playas arenosas y generalmente en las partes más elevadas, pero a diferencia de *P. expansa*, utiliza una amplia variedad de sustratos que varían en textura, desde arena, arcilla, greda, limo, gravilla, hasta

barrancos inclinados o completamente horizontales, en zonas sombreadas y aún en acumulaciones de vegetación flotante (Escalona *et al.* 2012). En estas cuencas también se distribuye la tortuga hedionda (*Mesoclemmys gibba*), que habita pequeños arroyos en el interior de la selva, caños de aguas lentas, pozas dentro del bosque y morichales (Morales-Betancourt y Lasso 2012d).

En la cuenca del Orinoco se encuentra el galápago (*Podocnemis vogli*), común en lagunas, esteros, morichales, sabanas inundadas, charcas y caños de aguas lénticas, turbias y poco profundas. Ocasionalmente ingresa a los cursos principales de los grandes ríos. Es más abundante en aguas blancas que claras y está ausente en aguas negras. Anida con frecuencia en los morichales (Morales-Betancourt *et al.* 2012d).

En el Caribe y Pacífico se distribuye la tortuga cabeza de trozo (*Kinosternon dunni*), la cual prefiere arroyos pequeños, especialmente hacia las cabeceras, así como también áreas pantanosas, con dominancia de palmas del género *Euterpe* (Forero-Medina *et al.* 2012a). En las mismas cuencas está la tortuga de río chocoana (*Rhinoclemmys nasuta*), que vive en pequeños ríos, arroyos y lagunas hasta los 800 m s.n.m.. Aparentemente también habita en aguas salobres, siendo considerada la especie más acuática del género. También ha sido observada desplazándose en tierra y habita en charcos temporales cercanos a fuentes de agua (Carr *et al.* 2012).

En las cuencas del Caribe, Magdalena y Pacífico se encuentra la tortuga pímpano (*Chelydra acutirostris*), presente en ríos, lagunas, pozos, remansos, pantanos, cabeceras de los caños, sistemas de riego, zanjas de desagüe, estanques piscícolas y arroyos

pequeños, con preferencia de los sustratos arenosos, fangosos o de hojarasca, donde pueden permanecer enterradas por largas temporadas. Las hembras excavan nidos a una distancia de hasta 50 m del cuerpo de agua (Regalado-Tabares *et al.* 2012).

Por último, la tortuga endémica del río Magdalena, *Podocnemis lewyana*, habita en ríos, caños, ciénagas y áreas inundadas conectadas a los ríos. La anidación generalmente ocurre en playas arenosas o de gravilla, así como en barrancos y potreros a menos de 15 m de la orilla, aunque hay reportes de nidos a más de 39 m del cuerpo de agua (Páez *et al.* 2012b).

Especies semiacuáticas

En el Amazonas se encuentra la tortuga huele feo (*Mesoclemmys heliostemma*), que vive en caños selváticos y aguas lénticas de tierra firme en áreas no inundables, también cerca de los cuerpos de agua permanentes como lagunas y madrevejas más bien profundas. Prefiere las aguas claras más que las blancas y negras (Morales-Betancourt y Lasso 2012c).

En Amazonas y Orinoco está la charapita (*Platemys platycephala*), más común en charcas y pozas selváticas poco profundas, formadas por agua lluvia, también se puede encontrar en caños internos de la selva, morichales y en pantanos; en la temporada lluviosa suele deambular por el suelo de la selva (De La Ossa *et al.* 2012b).

En el Caribe está el galápago negro (*Rhinoclemmys diademata*), especie endémica de la cuenca del Catatumbo. Su hábitat típico son las lagunas, remansos y corrientes de aguas no muy grandes. Se observa con cierta frecuencia caminando sobre tierra firme, lejos de los cuerpos de agua y en pequeñas quebradas del piedemonte hasta los

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA

300 m s.n.m. (Morales-Betancourt y Lasso 2012c).

En las cuencas del Caribe y Magdalena se encuentra otra tortuga endémica, la carranchina (*Mesoclemmys dahli*). Su hábitat incluye pequeños pozos, quebradas y arroyos, temporales o permanentes, de corrientes lentas con vegetación de ribera en el bosque seco hasta los 150 m s.n.m. También está presentes en pantanos y jagüeyes con abundante vegetación acuática y pequeños pozos poco profundos en potreros que se forman por las lluvias. Puede o no estar en terreno seco (Forero-Medina *et al.* 2012b). La conocida hicotea (*Trachemys callirostris*) se distribuye en cuerpos permanentes de aguas lóaticas de poca corriente o en sistemas lénticos en zonas abiertas de tierras bajas de las cuencas del Caribe y Magdalena. Normalmente anidan cerca a la orilla, aunque también se han documentado nidos ubicados a más de 50 m del cuerpo de agua, prefieren anidar en suelos húmedos (Bock *et al.* 2012a).

En el Caribe, Magdalena y Pacífico se distribuye la tortuga palmera (*Rhinoclemmys melanosterna*), presente en agua dulce y salobre, incluyendo ríos, quebradas y arroyos, estanques, pozas, terrenos pantanosos y lagunas costeras; también se ha encontrado en zonas de drenaje de cultivos y a orillas de ciénagas, en caños de conexión con el río principal y otros canales, en lechos blandos o bajo vegetación acuática acumulada (Echeverri-García *et al.* 2012). En estas cuencas también está la tortuga tapaculo (*Kinosternon leucostomum*), especie que prefiere los pozos y pantanos de aguas mansas y turbias con abundante vegetación acuática y marginal; es menos frecuente en quebradas pequeñas y puede penetrar en agua salada y estuarios. Vive indistintamente en hábitats acuáticos de

carácter permanente, semipermanente o efímeros, hasta los 1.700 m s.n.m.. Su hábitat preferido son los bordes fangosos de los cuerpos de agua. La actividad reproductiva tiene lugar en aguas poco profundas, el desove se da en las orillas de las pocetas o cuerpos de agua cubiertos por abundantes troncos y palizadas (Giraldo *et al.* 2012).

En las cuencas del Amazonas, Caribe, Magdalena y Orinoco se encuentra la tortuga tapaculo (*Kinosternon scorpioides*), distribuida en una gran variedad de ambientes acuáticos permanentes, semi-permanentes y temporales. Usualmente prefiere aguas oscuras y tranquilas, así como pozos aislados de los canales principales de los arroyos, pequeños pozos, lagos, pantanos en pozos de agua dulce y manglares de aguas salobres en la isla de San Andrés. Los nidos se han encontrado desde 5 hasta 191 m de distancia del agua (Berry *et al.* 2012).

Por último, en el Magdalena y la vertiente del Pacífico, está la otra especie de hicotea (*Trachemys venusta*). Los neonatos de esta especie permanecen escondidos entre la hojarasca en tierra firme, hasta un mes después de salir del nido. Los juveniles eventualmente entran al agua donde permanecen entre la vegetación flotante en áreas alejadas del cauce principal del río. Los adultos ocupan ciénagas, lagunas, remansos y jagüeyes, en zonas abiertas y de poca corriente (Bock *et al.* 2012b).

Crocodílicos

Las seis especies de crocodílicos presentes en Colombia sirven para identificar, caracterizar y pueden aportar también información muy valiosa para el establecimiento de límites en humedales (Figura 38 y 39). Estas especies usan los ecosistemas acuáticos, unas de forma más generalista y otras de manera más restringida. A continuación

se describen brevemente los aspectos más importantes de la historia de vida de dichas especies y su relación con los humedales. La información está basada fundamentalmente en Morales-Betancourt *et al.* (2013a).

El caimán aguja (*Crocodylus acutus*), está presente en el mar, estuarios y ríos de las cuencas del Caribe, Magdalena-Cauca y Pacífico, aunque en esta última no hay avistamientos reportados recientemente. Altitudinalmente se distribuye hasta los 1.200 m s.n.m., aunque es más común a los 200 m s.n.m (De La Ossa-Lacayo *et al.* 2013). El caimán llanero o caimán del Orinoco (*Crocodylus intermedius*) se encuentra en ríos grandes de aguas blancas y claras, zonas inundables como lagunas, meandros y esteros cubiertos de vegetación acuática de las tierras bajas (hasta los 300 m s.n.m.), de la cuenca del Orinoco (Morales-Betancourt *et al.* 2013b). El caimán negro (*Melanosuchus niger*) habita en lagunas grandes, ríos, bosques inundables y pantanos poco profundos de la cuenca del Amazonas (Morales-Betancourt *et al.* 2013c). En las cuencas del Amazonas y Orinoco se distribuyen las dos especies de cachirres (*Paleosuchus pal-*

pebrosus y *Paleosuchus trigonatus*). *Paleosuchus palpebrosus* habita en ríos, caños y morichales hasta los 750 m s.n.m. *Paleosuchus trigonatus* habita en ríos y caños pequeños, pozos marginales y tiene una distribución altitudinal mucho mayor que la de su especie hermana, hasta los 1.350 m s.n.m. Ambas especies son características de hábitats de aguas claras o negras (Lugo *et al.* 2013a-b) La babilla (*Caiman crocodilus*) se encuentra distribuida en todo el país hasta los 800 m s.n.m. y en todo tipo de ecosistemas dulceacuícolas (ríos, caños, lagunas, lagos, pantanos, diques) y ocasionalmente en agua salobre (manglares). También coloniza los jagüeyes u otros ambientes creados por el ser humano (De la Ossa *et al.* 2013). Los crocodílicos, además habitan en estos humedales y se alimentan en ellos, ya que su dieta es principalmente piscívora para la mayoría de las especies (*Crocodylus acutus*, *Crocodylus intermedius*, *Caiman crocodilus* y *Melanosuchus niger*) (De la Ossa *et al.* 2013, De La Ossa-Lacayo *et al.* 2013, Morales-Betancourt *et al.* 2013b, Morales-Betancourt *et al.* 2013c).

En cuanto a la reproducción, las seis especies realizan el cortejo y la cópula dentro



M. A. Morales-Betancourt

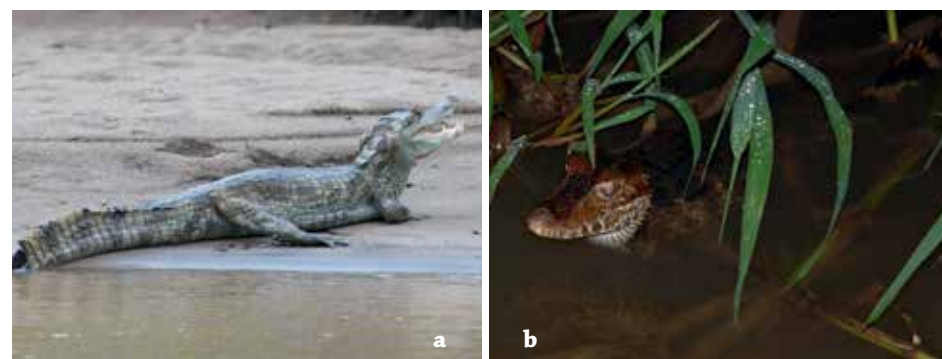


Figura 38. a) Babilla (*Caiman crocodilus*); b) cachirre (*Paleosuchus palpebrosus*). Fotos: F. Trujillo (a), M. A. Morales-Betancourt (b).

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA



Figura 39. a) Caimán aguja (*Crocodylus acutus*), b) caimán llanero (*Crocodylus intermedius*). Fotos: F. Trujillo (a), M. A. Morales-Betancourt (b).

del agua. La anidación si presenta particularidades, especialmente en el tipo de sustrato, pero siempre asociados a la cercanía del agua, a excepción de los cachirres que si hacen sus nidos un poco más lejos de los cuerpos de agua. Los nidos del caimán negro son construidos sobre la vegetación acuática y en el bosque inundado (Morales-Betancourt *et al.* 2013c). El caimán aguja utiliza la arena y zonas pantanosas (De La Ossa-Lacayo *et al.* 2013). El caimán llanero nidifica en playas o pequeños barrancos de arena. Las hembras de las babillas construyen sus nidos en la orilla del río, en zonas protegidas por vegetación densa y no inundable (Morales-Betancourt *et al.* 2013b).

Conclusiones

Tanto las tortugas como los crocodílidos son dependientes de los humedales y es por ello, que son buenos elementos para el reconocimiento, caracterización y en especial, el establecimiento de límites de los humedales. Aunque tienen hábitos semiacuáticos o anfíbios, su patrón de escamación les permite desplazarse a distancias relativamente grandes entre un cuerpo de agua y

otro, e incluso llegar a permanecer en tierra húmeda o “estivar” por periodos prolongados de tiempo, pero su supervivencia finalmente está determinada por la existencia y disponibilidad de agua. Todas las especies se alimentan de recursos provenientes en su mayoría del medio acuático, este es la vía principal de dispersión, y el cortejo y la cópula tienen lugar siempre dentro del agua.

Este grupo de vertebrados ejemplifica claramente la importancia y necesidad de incluir dentro de los límites del humedal, a toda la Zona de Transición Acuático - Terrestre (ATTZ) de acuerdo a la hipótesis del pulso de inundación de Junk *et al.* (1989), y no solo los límites “tradicionales” o visibles del espejo de agua. La razón de dicha afirmación estriba en el hecho de que la puesta (nidificación) y desove de todas estas especies, salvo casos puntuales (p. e. cachirres), tiene lugar en áreas marginales del humedal (playas, márgenes litorales), que emergen y están disponibles solo cuando baja el nivel del agua. De ahí la importancia de incluir el humedal como un todo (río o laguna-plano de inundación).

5.2.9 Aves

Juan Luis Parra

Las aves muestran una estrecha asociación con los hábitats donde residen (Cody 1985), presentando con frecuencia adaptaciones morfológicas, fisiológicas y etológicas que les permiten un mejor desempeño dada la estructura de la vegetación, condiciones climáticas y el resto de la comunidad biótica (Blanco 1999). Entre las adaptaciones están la forma del pico y patas en relación a los recursos que utilizan y el sustrato de donde los obtienen, destacándose aquellas que forrajean sobre o al interior del espejo de agua (Podicipediformes y Anseriformes entre otros), aquellas que forrajean sobre la orilla (Charadriiformes, Ciconiiformes), y aquellas que forrajean sobre la vegetación asociada al cuerpo de agua (Gruiformes, Cuculiformes, Passeriformes). En Colombia existen 256 especies de aves que dependen de los humedales durante su reproducción (Bravo y Naranjo 2006) y es posible dividir al país en 15 subregiones de acuerdo a la composición de aves acuáticas (Rojas 2000, 2003). Por lo tanto, la simple composición de especies de las especies de aves de humedales provee información acerca de la ubicación geográfica de éstos. La alta diversidad de aves asociada a humedales y el considerable número de linajes endémicos en algunos de ellos, como sucede en el altiplano de Cundinamarca y Boyacá, son reflejo de una larga asociación entre las aves y estos ecosistemas (Andrade 1998).

A pesar de la asociación de las aves con los humedales, su presencia y composición no han sido utilizadas como criterios primarios para su establecimiento de los límites (Berkowitz 2011). Usualmente, los humedales son delimitados a partir de características del suelo, hidrología y ve-

getación asociada, y subsecuentemente se pueden utilizar guías suplementarias como lo puede ser la presencia de ciertas aves para indicar por ejemplo, el nivel de disturbio (Janisch y Molstad 2004). No existe duda que las aves pueden funcionar como bioindicadores de humedales, pero la eficacia en la determinación dependerá en gran parte de la resolución espacial y temporal deseada (Maxa y Bolstad 2009). Por consiguiente, es fundamental definir la resolución de interés antes de escoger los criterios para el establecimiento de límites. Las aves pueden ser buenas indicadoras de la presencia de humedales a resoluciones espaciales y temporales bajas (> 5 ha y > 1 mes). Para resoluciones más altas (< 30 m y días) es recomendable utilizar información de sensores remotos o de características del suelo e hidrología (Maxa y Bolstad 2009, Berkowitz 2011).

Debido a la variación en la composición de aves asociadas a humedales en diferentes regiones del país, es conveniente definir grupos particulares de especies como indicadoras de humedales en cada una de estas regiones.

El altiplano cundiboyacense presenta uno de los ejemplos más claros de cómo sería posible utilizar aves tanto para delimitar los humedales como para evaluar su estado de perturbación. Este sistema de humedales evolucionó de manera aislada desde el Pleistoceno, cuando la sabana de Bogotá estaba bajo un gran lago (Rangel-Ch. 2003, Rosselli y Stiles 2012). Existen ocho linajes (dos especies y seis subespecies) endémicos de los humedales del altiplano cundiboyacense, de los cuales tres están extintos y el resto en diferentes grados de amenaza (Rosselli y Stiles 2012). La presencia de cualquiera de estos linajes puede ser utilizada en el altiplano como indicador de la



M. A. Morales-Betancourt

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA



Figura 40. a) *Tringa solitaria* y b) *Numenius phaeopus* en el Via Parque Isla de Salamanca.
Fotos: J. L. Parra.



M. A. Morales-Betancourt

presencia de un humedal. Sin embargo, su ausencia no necesariamente determinaría la ausencia de un humedal. Incluso, en varios humedales de la sabana de Bogotá, no se encuentran la mayoría de estas especies (Rosselli 2011). Además de los seis linajes mencionados, se han registrado más de 100 especies en humedales de la sabana de Bogotá, de nuevo enfatizando el hecho de que la composición de especies puede ayudar tanto a delimitar los humedales como a evaluar su calidad o grado de perturbación. De manera similar, existen trabajos sobre las aves playeras, tanto de las costas del Caribe como las costas del Pacífico, en donde se identifican aproximadamente 50 especies distribuidas en cuatro familias: Phalaropodidae (3 sp.), Hamatopodidae (1 sp.), Charadriidae (10 sp.) y Scolopaciidae (34 sp.) (Naranjo 2006, Morales-Rozo y Ayerbe-Quiñones 2006, Estela y López-Victoria 2005) (Figuras 40 a-b y 41). Muchas de estas especies son aves migratorias que pueden usar estos lugares como

sitios de paso. Por ejemplo, en un estudio realizado sobre siete humedales en la Guajira (Morales-Rozo y Ayerbe-Quiñones 2006), de las 22 aves playeras registradas en total, 16 (73%) fueron migratorias. Por lo tanto, una importante función de los humedales, en adición a otras de mayor conocimiento como la regulación de inundaciones (Acreman 2013), es la de funcionar como refugios para un gran número de especies de aves durante ciertas épocas del año (Leu y Thompson 2002, Kochert *et al.* 2011). En el estudio desarrollado por Estela y López-Victoria (2005) en el sistema de humedales de la desembocadura del río Sinú, se contribuye con información importante sobre las aves presentes en estos lugares y su asociación particular a ciertos tipos de sustratos como manglares, humedales de agua dulce, bosque seco y aguas marinas. Estos trabajos han logrado identificar sitios prioritarios para la conservación de aves en ambas costas colombianas. En los humedales de los llanos orientales y



Figura 41. *Chauna chavarria*. Foto: C. Bran.

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA



Figura 42. *Dendrocygna autumnalis*. Foto: C. Bran.

Amazonia existen aún muy pocos trabajos de las aves asociadas a humedales (Pacheco 2006), sin embargo, es claro que estas son zonas de gran importancia para muchas aves asociadas a estos sistemas (Figura 42-44).

Los humedales están asociados con una elevada concentración de especies de aves, independiente de la región donde se encuentren. No todas las especies de aves que utilizan humedales tienen una preferencia particular por este tipo de hábitat y la proporción del número total de especies presentes que muestra una asociación con estos hábitats, depende en gran parte del área del humedal, la calidad del agua, vegetación circundante, el grado de aislamiento

o el contexto del paisaje donde se encuentran inmersos (Briggs *et al.* 1997, Rosselli y Stiles 2012, Quesnelle *et al.* 2013). En Bogotá por ejemplo, es posible encontrar humedales inmersos en una matriz completamente urbana, lo cual tiene diversas consecuencias para la composición de especies de aves presentes (ver referencias en Rosselli 2011).

De esta manera, las aves pueden ser utilizadas como una herramienta para el establecimiento de los límites de los humedales bajo ciertas escalas espaciales y temporales, así como indicadores del estado de los mismos incluyendo su calidad y niveles de perturbación. Por ejemplo, Rosselli (2011) encontró que las densidades del chamón

(*Molothrus bonariensis*), un ave parásita de cría de una gran cantidad de otras aves, eran mucho mayores en zonas urbanas que en zonas rurales. Sin embargo, en el mismo trabajo, reportó que no encontraron relaciones entre la riqueza de especies en los humedales y las características fisicoquímicas del agua. No obstante, algunas especies particulares sí presentaron variación en su abundancia en respuesta a las características del agua, soportando los resultados de otros trabajos (p. e. Perón *et al.* 2013). Muy probablemente el monitoreo de poblaciones de aves asociadas a humedales a largo plazo sería informativo para un mejor conocimiento de la calidad y conectividad de los humedales.

Es importante resaltar que este grupo permite evidenciar la conectividad biológica entre humedales, yendo más allá del tradicional enfoque de conectividad hidrológica. La riqueza local de especies en un humedal está asociada a la migración de las especies de aves, mostrando que la pérdida de humedales a nivel regional puede tener incluso un efecto mayor que el generado por la pérdida directa de un hábitat. Surge así la necesidad de comprender los humedales a una escala de paisaje pero bajo conexiones multi-taxa, si lo que se persigue es la conservación de la biodiversidad, los bienes y los servicios ecosistémicos (Amezaga 2002).

En el anexo 4 se listan las especies acuáticas y semiacuáticas, además de su distribución por cuencas.

Conclusiones

Los humedales están asociados a un elevado número de especies de aves, siendo en algunos casos endémicas para determinados complejos de humedales. No todas las especies de aves que utilizan humedales tienen una preferencia particular por este



M. A. Morales-Betancourt

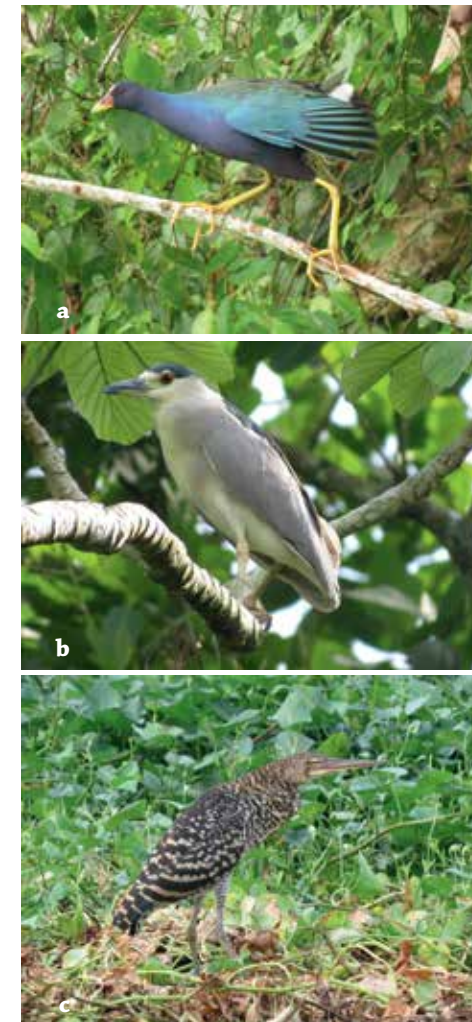


Figura 43. a) *Porphyrio martinica*, b) *Nycticorax nycticorax* y c) *Trigrisoma mexicanum*. d) Fotos: C. Bran.

tipo de hábitat, y la composición y abundancia relativa de aves en un humedal depende de múltiples factores como el área del humedal, la calidad del agua y vegetación circundante y el grado de aislamiento

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA



M. A. Morales-Betancourt



Figura 44. a) *Ardea alba* y b) *Egretta caerulea*. Fotos: C. Bran.

o el contexto del paisaje donde se encuentran inmersos. Por lo tanto, resulta conveniente utilizar las aves en combinación con otros criterios físicos y biológicos, para lograr reconocer los límites de los humedales a varias escalas espaciales y temporales.

5.2.10 Mamíferos

Fernando Trujillo

Colombia es un país con una gran riqueza hídrica, representada por innumerables ríos, quebradas, arroyos, caños y un gran complejo de humedales lénticos, con cuencas y subcuencas tan importantes como las del Atrato, San Juan, Magdalena, Cauca, Catatumbo, Meta, Guaviare, Inírida, Orinoco y Amazonas, que mantienen grandes extensiones de bosques y humedales, ofreciendo refugio a una gran cantidad de especies de fauna. Entre los grupos que experimentan mayor dependencia se encuentran los mamíferos, que ajustan sus patrones de distribución a la disponibilidad de este valioso recurso y a los gradientes altitudinales (Solari *et al.* 2013).

Evaluar su presencia, distribución e importancia en función de los humedales no es

tarea fácil, por lo que en primera instancia se debe hacer una definición de carácter metodológico para definir los principales grupos asociados a los cuerpos de agua. Por esta razón, en el presente trabajo se dividen los mamíferos en tres categorías: mamíferos acuáticos, semiacuáticos y mamíferos asociados a humedales (Trujillo *et al.* 2010).

Mamíferos acuáticos

Estos corresponden a especies que cumplen su ciclo de vida completamente en el agua. Incluye a los delfines tanto marinos como de agua dulce y los manatíes (Tabla 5, Figura 45).

Mamíferos semi acuáticos

Incluye las especies de mamíferos que tienen una dependencia del agua para completar funciones de su ciclo vital, como la alimentación, y que viven en cercanía a los cuerpos de agua. Este es el caso de las nutrias, algunos roedores, marsupiales y murciélagos (Tabla 6, Figura 46).

Mamíferos asociados a los humedales

En general se puede asumir que todos los mamíferos tienen algún nivel de dependen-

Tabla 5. Mamíferos acuáticos (*sensu stricto*) de Colombia.

Delfines marinos costeros	
<i>Sotalia guianensis</i>	Delfín gris
<i>Tursiops truncatus</i>	Delfín nariz de botella
Delfines de agua dulce	
<i>Inia geoffrensis</i>	Tonina, bufeo
<i>Sotalia fluviatilis</i>	Tucuxi
Manatíes	
<i>Trichechus inunguis</i>	Manatí del Amazonas
<i>Trichechus manatus</i>	Manatí del Caribe y el Orinoco

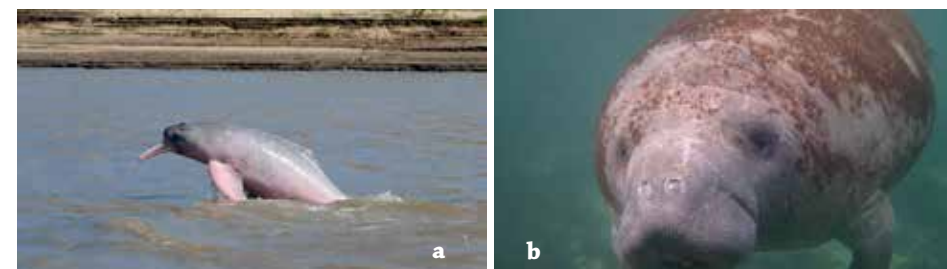


Figura 45. Dos de los mamíferos acuáticos: a) *Inia geoffrensis* y b) *Trichechus manatus*. Fotos: F. Trujillo.

cia con los humedales, tanto por acceso al agua como para proveerse de alimento, ya sean herbívoros o carnívoros. En el caso de esta evaluación, se hará énfasis en los carnívoros, primates, osos hormigueros, perezosos y armadillos con algún nivel de amenaza (Tabla 7, Figura 47-50).

Identificación, caracterización y reconocimiento de límites de humedales usando a los mamíferos como especies clave

De acuerdo al nivel de dependencia de los cuerpos de agua, algunos mamíferos sirven

para entender la dinámica estacional de los humedales y constituirse en elementos importantes para definirlos. Especies estrictamente acuáticas como delfines y manatíes están circunscritos a cuerpos de agua estables (permanentes) como ríos, tributarios y lagunas, pero responden a los cambios del nivel del agua (Gómez *et al.* 2009). En el caso de los delfines de río, se ha reportado que en época de aguas altas en la Amazonia y Orinoquia usan las lagunas grandes, tributarios e ingresan al bosque inundado. Esto es particularmente notable en *Inia*

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA



M. A. Morales-Betancourt

Tabla 6. Mamíferos semiacuáticos en Colombia.

<i>Pteronura brasiliensis</i>	Nutria gigante
<i>Lontra longicaudis</i>	Nutria neotropical
<i>Chironectes minimus</i>	Chucha de agua
<i>Hydrochaeris hydrochaeris</i> <i>Hydrochaeris isthmus</i>	Chigüiro, capibara, ponche
<i>Diclidurus albus</i>	Murciélago blanco
<i>Macrophyllum macrophyllum</i>	Murciélago
<i>Mormoops megalophylla</i>	Murciélago de mentón laminar
<i>Pteronotus davyi</i> <i>Pteronotus gymnotus</i> <i>Pteronotus personatus</i>	Murcielaguito bigotudo
<i>Rhynchonycteris naso</i>	Murcielaguito narigudo
<i>Noctilio leporinus</i> <i>Noctilio albiventris</i>	Murciélago pescador
<i>Tapirus bairdii</i>	Danta
<i>Tapirus pinchaque</i>	Danta de páramo
<i>Tapirus kabomani</i>	Danta amazónica
<i>Tapirus terrestris</i>	Danta, tapir
<i>Agouti paca</i>	Borugo, guaga
<i>Agouti taczanoswki</i>	Borugo de páramo
<i>Hoplomys gymnurus</i>	Ratón puyoso
<i>Chibchanomys trichotis</i>	Ratón acuático
<i>Holochilus sciureus</i>	Rata de pantano
<i>Ichthyomys hydrobates</i>	Rata cangrejera
<i>Nectomys apicalis</i> <i>Nectomys magdalenae</i>	Rata de agua

geoffrensis, que puede desplazarse decenas de kilómetros dentro de la selva en busca de peces que se dispersan (Trujillo *et al.* 2006, Trujillo y Diazgranados 2013, Gómez *et al.* 2012). En contraste, en la época de aguas bajas abandonan todos estos hábitats y se concentran en los cauces principales de los grandes ríos donde hay suficiente profundidad y disponibilidad de presas. Algo similar ocurre con los manatíes en la Amazonia,

Orinoquia y Caribe, donde los pulsos de inundación hacen que se conecten y desconecten miles de kilómetros de humedales. En este proceso, lo más importante es la producción de plantas acuáticas de las que se alimentan estas especies. En la época seca, la mayoría de estas mueren y quedan en el plano de inundación de los humedales sirviendo de abono, y los manatíes deben basar su dieta en perifiton adherido a tron-

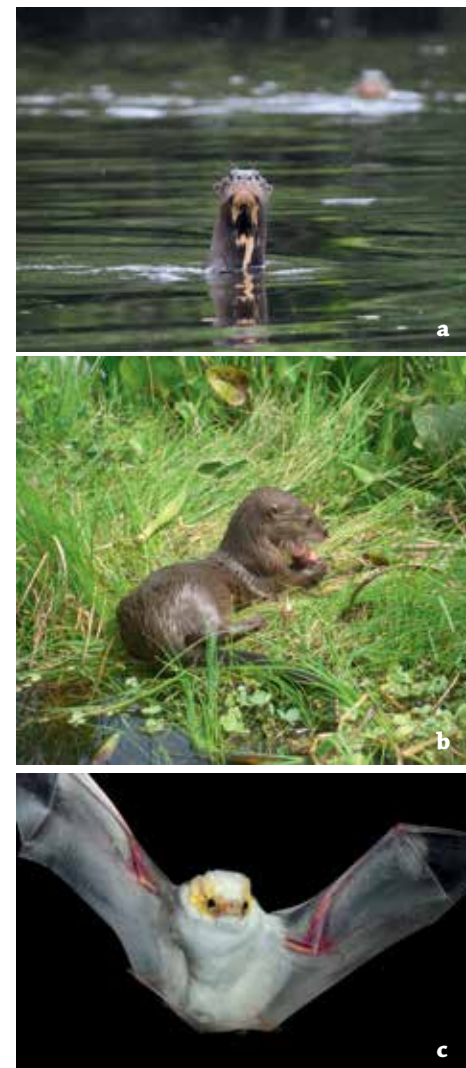


Figura 46. Especies como la nutria gigante (*Pteronura brasiliensis*) (a) y la nutria neotropical (*Lontra longicaudis*) (b), se relacionan con los humedales por su característica de ser semiacuáticas; no obstante otras especies como el murciélago blanco (*Diclidurus albus*) (c) que habita en ecosistemas riparios, se incluye en esta categoría. Foto: F. Trujillo.

cos y rocas, y ocasionalmente a pequeñas islas de macrófitas.

En el caso de las especies semiacuáticas como las nutrias, se observa que el tamaño de su territorio se expande o contrae de manera sincronizada con los humedales. En periodos de inundación los territorios se amplían por la dispersión de los peces y en la época seca se reducen a cuerpos de agua con buena disponibilidad de alimento. En los periodos de transición, las nutrias gigantes (*Pteronura brasiliensis*) pueden ser observadas atravesando áreas de sabanas para “acortar” camino en ríos muy meándricos como el Bitá en el departamento de Vichada. Al parecer, siguen las huellas de inundación del río para evitar quedar en sitios muy secos y morir por deshidratación. Este es un ejemplo de conocimiento del territorio que implica desplazarse en ocasiones decenas de kilómetros entre hábitats adecuados.

Los chigüiros (*Hydrochaeris hydrochaeris*, *H. isthmus*) son especies que basan sus patrones de distribución en función de los humedales y el nivel de perturbación que experimentan. Al ser especies herbívoras, la disponibilidad de alimento debería ser el principal factor que influye en su distribución, pero la integridad ecosistémica del humedal es más importante, combinando factores como características del cuerpo de agua, alimento y niveles bajos de perturbación. Estas especies actualmente presentan patrones de distribución en parches con baja conectividad (Trujillo *et al.*, 2010).

La ecología de pequeños roedores es menos conocida, a pesar de que varias especies son consideradas indicadores en ambientes acuáticos como *Holochilus sciureus*, *Chibchanomys* spp, *Ichthyomys* spp y *Nectomys* spp. Los primeros se conocen como rata panta-

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA



M. A. Morales-Betancourt

Tabla 7. Mamíferos asociados a humedales.

<i>Mustela felipei</i>	Comadreja
<i>Eira barbara</i>	Tayra
<i>Galictis vittata</i>	Comadreja
<i>Puma concolor</i>	Puma
<i>Leopardus tigrinus</i>	Tigrillo
<i>Leopardus wiedii</i>	Tigrillo peludo
<i>Leopardus pardalis</i>	Ocelote
<i>Panthera onca</i>	Jaguar
<i>Priodontes maximus</i>	Armadillo trueno
<i>Dasybus novemcinctus</i>	Armadillo de nueve bandas
<i>Cabassous centralis</i>	Armadillo coiletrapo
<i>Allouata seniculus</i>	Aullador
<i>Ateles belzebuth</i>	Mono araña
<i>Ateles geoffroyi</i>	Mono araña
<i>Ateles hybridus</i>	Mono araña
<i>Pithecia monachus</i>	Mono volador
<i>Lagothrix lagotricha</i>	Churuco
<i>Cacajao melanocephalus</i>	Uakari
<i>Myrmecophaga trydactyla</i>	Oso bandera
<i>Bradypus variegatus</i>	Perezoso de tres dedos
<i>Choloepus hoffmanni</i>	Perezoso de dos dedos

**Figura 47.** Los perezosos al igual que otros mamíferos se asocian a los humedales por sus requerimientos alimenticios: a) perezoso de tres dedos (*Bradypus variegatus*). b) Perezoso de dos dedos (*Choloepus hoffmanni*). Fotos: F. Trujillo.**Figura 48.** Algunos primates asociados a humedales: a) aullador (*Allouata seniculus*); b) churuco (*Lagothrix lagotricha*) y felinos: c) ocelote (*Leopardus pardalis*); d) jaguar (*Panthera onca*). Fotos: F. Trujillo.

nera o amazónica están asociados a zonas bajas inundables en el bosque tropical. Las especies de *Chibchanomis* son ratones acuáticos que se encuentran en la región andina a más de 2.600 m s.n.m., generalmente asociados a quebradas y pequeños riachuelos o arroyos con bosques riparios. Son nocturnos y se alimentan principalmente de insectos, invertebrados acuáticos y peces pequeños (Trujillo *et al.* 2005, Musser y Carleton 2005). Las ratas cangrejeras (*Ichthyomis hidrobates*) se localizan en la ladera oriental del norte de los Andes, en riachuelos de aguas claras donde se alimentan



M. A. Morales-Betancourt

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA

de cangrejos e invertebrados acuáticos. Son muy sensibles a perturbaciones del hábitat. Algunas especies de murciélagos como *Rhynchonycteris naso* están muy vinculados a zonas de humedales (Trujillo *et al.* 2005). Generalmente conforman grupos de un macho y varias hembras que se perchan en hilera en troncos situados en las orillas o en los cauces de los cuerpos de agua. Los murciélagos en interfases acuáticas se han especializado en insectos del neoton y en algunos casos en capturar peces como *Noctilio spp.* Al parecer, su abundancia y distribución en el caso de los insectívoros está determinado por larvas e insectos emergentes, al menos en bosques riparios (Fukui *et al.* 2006).

Otro tipo de mamíferos que frecuentan los ecosistemas acuáticos son los primates. Estos aprovechan el importante aporte de semillas, frutos y hojas frescas de los bosques inundados y de galería. Esto en ambientes de climas contrastantes (sequía versus lluvias e inundaciones), como la Orinoquia o La Guajira, constituyen islas de alimento para estas especies.

En el caso de los felinos, y en particular de los jaguares, los procesos de deforestación y fragmentación de bosques hacen que los ríos y cuerpos de agua se conviertan en corredores biológicos por excelencia, ya que en la mayoría de los casos conservan una mejor cobertura vegetal que otros ecosistemas. Además de conectividad, ofrecen protección y oportunidades para la depredación, al concentrar la mayoría de especies. Al igual que otras especies, los jaguares contraen o extienden su territorio en función de las estaciones hidrométricas. Esta especie tiene una gran capacidad de adaptación frente a diferentes tipos de ambientes y estudios recientes en áreas como

el Pantanal en Brasil, muestran que hay jaguares que viven de manera permanente en zonas inundadas, donde se especializan en presas acuáticas como babillas, caimanes, chigüiros e incluso peces.

Los armadillos son otro grupo de mamíferos estrechamente relacionados con los humedales (Figura 49). Generalmente habitan entre el bosque y las sabanas, pero responden estacionalmente a los pulsos de inundación y lluvias. En época de poca precipitación se concentran en tierras bajas, pero con el aumento de las lluvias y la expansión de los humedales, sus madrigueras se inundan y deben buscar tierras altas. Las zonas húmedas se convierten en áreas de alimentación por se que se facilita la excavación (Trujillo y Superina 2013).

Por último, las huellas y restos de heces fecales (Figura 50) también son de gran utilidad para definir los límites del humedal.

Conclusiones

Los mamíferos son un grupo muy dependiente de los humedales tanto desde el punto de vista de hábitat fundamental para la supervivencia, como también para la obtención de alimento y agua. En el caso de los mamíferos acuáticos, el hábitat no se restringe exclusivamente al espejo de agua sino también a las áreas influenciadas por los pulsos de inundación, que en cuencas como el Magdalena, Sinú, Cauca, Meta, Guaviare, Caquetá y Amazonas, es de bastante amplitud. Los humedales y los cuerpos de agua constituyen unos de los corredores biológicos más importantes para los mamíferos y la presencia de estos a su vez, validan la funcionalidad ecológica de los mismos. Por esa razón, muchos de ellos son de gran importancia para los ejercicios de establecimiento de límites en humedales,



Figura 49. Armadillo de nueve bandas (*Dasypus novemcinctus*). Foto: F. Trujillo.



Figura 50. Se puede identificar la presencia de los mamíferos semiacuáticos y asociados a humedales por medio de los rastros indirectos como pisadas, lugares de refugio y las heces (chigüiro). Foto: C. A. Lasso.



M. A. Morales-Betancourt

pensando no exclusivamente en el cuerpo de agua (componente físico), sino también en términos de calidad y funcionalidad.

Bibliografía

- Acosta-Galvis A. R., 2012 Anfibios de los enclaves secos del área de influencia de los Montes de María y la ciénaga de La Caimanera en el Departamento de Sucre. *Revista Biota Colombiana*. 13 (2): 211-231.
- Acreman, M., y J. Holden. 2013. How wetlands affect floods. *Wetlands* 33: 773–786.
- Agudelo-Córdoba, E., C. L. Sánchez-Páez, C. A. Rodríguez-Fernández, C. A. Bonilla-Castillo y G. A. Gómez-Huertado. 2011. Diagnóstico de la pesquería en la cuenca del Amazonas. Pp. 143 – 166. *En: Lasso C. A., F. de P. Gutiérrez, M. A. Morales-Betancourt, E. Agudelo-Córdoba, H. Ramírez-Gil y R. E. Ajiaco (Eds.). II Pesquerías continentales de Colombia: cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertiente del Pacífico.*
- Alvarez-León, R., R. Orozco-Rey, M. Páramo-Fonseca y D. Restrepo-Santamaría. 2013. Lista de los peces fósiles y actuales de Colombia, nombres científicos válidos, distribución geográfica, diagnosis de referencia y nombres comunes e indígenas. Primera edición. *Ecoprints Diseño gráfico y audiovisual Ltda.* Bogotá. 346 pp.
- Amezaga, J. M., L. Santamaría y A. J. Green. 2002. Biotic wetland connectivity—supporting a new approach for wetland policy. *Acta Oecologica* 23 (3): 213 – 222
- Amézquita, A. 1999. Color pattern, elevation and body size in the high andean frog *Hyla labialis*. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 23, 231–238.
- Andrade, G.I. 1998. Los humedales del altiplano de Cundinamarca y Boyacá. Ecosistemas en peligro de desaparecer. Pp. 59-72. *En: Una Aproximación a los humedales en Colombia.* E. Guerrero (Ed). Editora Guadalupe Ltda, Bogotá, Colombia.
- Aranguren, N., C. Guisande y R. Ospina. 2011. Factors controlling crustacean zooplankton species richness in neotropical lakes. *Journal of Plankton Research* 33 (8): 1295–1303.
- Ardila Robayo, M. C. y P. M. Ruiz Carranza. 1997. Herpetología (Anfibios/ Reptiles). Pp. 255-264. *En: Zonificación Ambiental para el Plan Modelo Colombo-Brasileiro (Eje Aporis-Tabatinga: PAT).* Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Baldwin, A. H., K. L. McKee e I. A. Mendelssohn. 1996. The influence of vegetation, salinity, and inundation on seed banks of oligohaline coastal marshes. *American Journal of Botany* 83: 470 - 479.
- Barletta M., V. E. Cussac, A. Agostinho, C. Baisgún, E. Okada, A. Cattella, N. F. Fountoura, P. Pompeu, L. F. Jiménez-Segura, V. Batista, C. Lasso, D. Taphorn y N. Fabré (en prensa). Fishery ecology in South American river basins. *En: Graig, J. (Ed) Freshwater Fish Ecology*, London, Willey - Blackwell.
- Bellinger, E. G. y D. C. Sigeo. 2010. Freshwater algae. Identification and use as bioindicators. Wiley-Blackwell. New York. 284 pp.
- Berkowitz, J. F. 2011. Recent advances in wetland delineation: implications and impact of regionalization. *Wetlands* 31: 593–601.
- Bernhard, R., J. De La Ossa, R. C. Vogt, M. A. Morales-Betancourt y C. A. Lasso. 2012. *Podocnemis erythrocephala*. Pp. 360-366. *En: Páez, V. P., M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, O. V. Castaño-Mora y B. C. Bock (Eds.). 2012. Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia.* Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C., Colombia.
- Berry, J. F., J. B. Iverson y G. Forero-Medina. 2012. *Kinosternon scorpioides*. Pp- 340-348. *En: Páez, V. P., M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, O. V. Castaño-Mora y B. C. Bock (Eds.). 2012. Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia.*
- Blanco, D. 1999. Los humedales como hábitat de aves acuáticas. Pp. 219–228. *En: Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de sudamérica.* Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe-ORCYT-Montevideo-Uruguay.
- Bock, B. C., V. P. Páez y J. M. Daza. 2012a. *Trachemys callirostris*. Pp. 283-291. *En: Páez, V. P., M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, O. V. Castaño-Mora y B. C. Bock (Eds.). 2012. Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia.*
- Bock, B. C., V. P. Páez y O. V. Castaño-Mora. 2012b. *Trachemys venusta*. Pp. 293-297. *En: Páez, V. P., M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, O. V. Castaño-Mora y B. C. Bock (Eds.). 2012. Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia.* Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C., Colombia.
- Bonada, N., M. Rieradevall y N. Prat. 2007. Interaction of spatial and temporal heterogeneity: constraints on macroinvertebrate community structure and species traits in a Mediterranean river network. *Hydrobiology* 589: 91–106.
- Boulton, A. J. 2003. Parallels and contrasts in the effects of drought on stream macroinvertebrate assemblages. *Freshwater Biology* 48: 1173–1185.
- Briceño-Vanegas, G. 2012. Ecosistemas acuáticos tropicales. Documento N° 70. Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Universidad de La Salle. Bogotá D. C. 77 pp.
- Briggs, S. V., W. G. Lawler y S. A. Thornton. 1997. Relationships between hydrological control of river red gum wetlands and waterbird breeding. *Emu* 97: 31 – 42
- Cadena E. A. 2012. Historia evolutiva y paleobiogeográfica de las tortugas de Colombia. Pp. 71-80. *En: Páez, V. P., M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, O. V. Castaño-Mora y B. C. Bock (Eds.). 2012. V. Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia.*
- Camacho-Rozo, C. y P. E. Camacho-Reyes, J. A. 2010. Listado preliminar de larvas de anuros presentes en lagunas tropicales semipermanente y charcos temporales de sabana en época de altas lluvias, Yopal- Casanare. *Oriñoquia*. 14: 83-91.
- Campos, M. 2005. Freshwater crabs from Colombia. A taxonomical and distributional study. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Jorge Álvarez Lleras Número 24, Bogotá. 363 pp.
- Canevari, P., I. Davidson, D. Blanco, G. Castro y E. Bucher. 2001. Los humedales de América del Sur, resumen ejecutivo. *Wetlands International*. 49 pp.
- Carr, J. L. A. Giraldo y M. Garcés-Restrepo. 2012. *Rhinoclemmys nasuta*. Pp 315-322. *En: Páez, V. P., M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, O. V. Castaño-Mora y B. C. Bock (Eds.). 2012. Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia.*
- Carosfeld, J., B. Harvey, C. Ross y A. Baer. 2003. Migratory fishes of South America: biology, fisheries and conservation status. *World Fisheries Trust*. 372 pp.
- Ceballos, C. P., J. B. Iverson y R. Bernhard. 2012. *Podocnemis sextuberculata*. Pp. 382-286. *En: Páez, V. P., M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, O. V. Castaño-Mora y B. C. Bock (Eds.). 2012. Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia.*
- Ceballos, C. P., O. Hernández, M. A. Morales-Betancourt y F. Trujillo. 2012. *Podocnemis expansa*. Pp. 367-374. *En: Páez, V. P., M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, O. V. Castaño-Mora y B. C. Bock (Eds.). 2012. Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia.*
- Clifford, H. F. 1966. The ecology of invertebrates in an intermittent stream. *Investigations of Indiana lakes and streams* 7: 57-98.
- Cody, M. L. (Ed). 1985. Habitat selection in birds. Academic Press, New York. 558 pp.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR, 2011. Humedales del Territorio CAR. Consolidación del Sistema de Humedales de la Jurisdicción CAR. 75 pp.
- Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge - CVS. 2004. Diagnóstico ambiental de la cuenca hidrográfica del río Canalete, el establecimiento de límites, extensión, localización y situación ambiental. Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge. Montería. 320 pp.
- De La Ossa J., A. De La Ossa-Lacayo, A. Fajardo-Patiño, C. A. Lasso, R. Antelo y M. A. Morales-Betancourt. 2013. *Caiman crocodilus*. Pp. 155-173. *En: M. A. Morales-*



M. A. Morales-Betancourt

- Betancourt, C. A. Lasso, J. De La Ossa V. y A. Fajardo-Patiño (Eds.). 2013. VIII. Biología y conservación de los Crocodylia de Colombia.
- De La Ossa J., R. C. Vogt, A. De La Ossa-Lacayo y C. A. Lasso. 2012a. *Peltecephalus dumerilianus*. Pp. 353-359. En: Páez, V. P., M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, O. V. Castaño-Mora y B. C. Bock (Eds.). 2012. Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia.
 - De La Ossa J., R. Bernhard y A. De La Ossa-Lacayo. 2012b. *Platemys platycephala*. Pp. 261-265. En: Páez, V. P., M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, O. V. Castaño-Mora y B. C. Bock (Eds.). 2012. Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia.
 - De La Ossa-Lacayo, A., J. De La Ossa, A. Fajardo-Patiño y M. Morales-Betancourt. 2013. *Crocodylus acutus*. Pp.93-108. En: M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, J. De La Ossa V. y A. Fajardo-Patiño (Eds.). 2013. VIII. Biología y conservación de los Crocodylia de Colombia.
 - Dueñez-Gómez, F., J. Muñoz-Guerrero y M. P. Ramírez-Pinilla. 2004. Herpetofauna del corregimiento Botillero (El Banco, Magdalena) en la depresión Momposina de la Región Caribe Colombiana. *Actualidades Biológicas* 26 (81): 65-74.
 - Duque, S. R., J. E. Ruiz, J. E., J. Gómez, y E. Rossler. 1996. Tipificación ecológica de ambientes acuáticos del Eje Apaporis-Tabatinga (Amazonía Colombiana). Universidad Nacional de Colombia, Ideam, Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. 32 pp.
 - Echeverri-García, L. P., J. L. Carr, M. F. Garcés-Restrepo, C. A. Galvis-Rizo y A. Giraldo. 2012. *Rhinoclemmys melanosterna*. Pp.309-314. En: Páez, V. P., M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, O. V. Castaño-Mora y B. C. Bock (Eds.). 2012. Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia.
 - Escalona T., K. Conway-Gómez, M. A. Morales-Betancourt, F. Arbeláez y R. Antelo. *Podocnemis unifilis*. Pp. 387-398. En: Páez, V. P., M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, O. V. Castaño-Mora y B. C. Bock (Eds.). 2012. Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia.
 - Estela, F. A., M. I. López-Victoria. 2005. Aves de la parte baja del río Sinú, Caribe colombiano: inventario y ampliaciones de distribución. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 34: 7-42.
 - Esteves, F. 2011. Fundamentos de limnología. Ed. Interciência. Rio de Janeiro. Brasil. 790 pp.
 - Euliss, N. H. Jr., D. M. Mushet y J. Douglas. 2001. Use of macroinvertebrates to identify cultivated wetlands in the prairie pothole region. *Wetlands* 21 (2): 223-231.
 - Flores, A. 2003. Colombia: evolución de sus relieves y modelados. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 240 pp.
 - Forero-Medina, G., J. B. Iverson, J. L. Carr, O. V. Castaño-Mora, C. A. Galvis-Rizo y L. E. Rentería-Moreno. 2012a. *Kinosternon dunni*. Pp. 327-331. En: Páez, V. P., M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, O. V. Castaño-Mora y B. C. Bock (Eds.). 2012. Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia.
 - Forero-Medina, G., O. V. Castaño-Mora, G. Cárdenas-Arévalo y G. F. Medina-Rangel. 2012b. *Mesoclemmys dahli*. Pp. 247-253. En: Páez, V. P., M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, O. V. Castaño-Mora y B. C. Bock (Eds.). 2012. Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia.
 - Fukui, D., M. Murakami, S. Nakano y T. Aoi. 2006. Effect of emergent aquatic insects on bat foraging in a riparian forest. *Journal of Animal Ecology* 75 (6): 1252-1258.
 - Galvis, G., L. Mesa y C. A. Lasso. 2012. V. Biogeografía continental colombiana: un enfoque desde la hidrografía. Pp. 81-90. En: Páez, V. P., M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, O. V. Castaño-Mora y B. C. Bock (Eds.). 2012. Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia.
 - Gaviria, S. y N. Aranguren. 2007. Especies de vida libre de la subclase Copepoda (Arthropoda, Crustacea) en aguas continentales de Colombia. *Biota Colombiana* 8 (1): 53-68.
 - Gerritsen, J. y H. Greening. 1989. Marsh seed banks of Okefenokee swamp: effects of hydrologic regime and nutrients. *Ecology* 70: 751 - 763.
 - Gibbons J. W., C. T. Winne, D. E. Scott, J. D. Willson, X. Glaudas, K. M. Andrews, B. D. Todd, L. A. Fedewa, L. Wilkinson, R. N. Tsaliagos, S. J. Harper, J. L. Greene, T. D. Tuberville, B. S. Metts, M. E. Dorcas, J. P. Nestor, C. A. Young, T. Akre, R. N. Reed, K. A. Buhlmann, J. Norman, D. A. Croshaw, C. Hagen y B. B. Rothermel. 2006. Remarkable amphibian biomass and abundance in an isolated wetland: implications for wetland conservation. *Conservation Biology* 20 (5): 1457-1465.
 - Giraldo, A., M. F. Garcés-Restrepo y J. L. Carr. 2012. *Kinosternon leucostomum*. Pp. 332-339. En: Páez, V. P., M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, O. V. Castaño-Mora y B. C. Bock (Eds.). 2012. Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia.
 - Gómez, I., Trujillo, F. y C. Suarez. 2009. Plan de manejo de los humedales de la Reserva de Biosfera El Tuparro: área de jurisdicción de Puerto Carreño. Proyecto Pijiwi Orinoko. Fundación Omacha-Fundación Horizonte Verde. Bogotá. 96 pp.
 - Gómez, C., Trujillo, F., M. Portocarrero- Aya y H. Whitehead. 2012. Population, density estimates, and conservation of river dolphins (*Inia* and *Sotalia*) in the Amazon and Orinoco river basins. *Marine Mammal Science* 28 (1): 124-153.
 - Gordon, E. y J. Velásquez. 1989. Variaciones estacionales de la biomasa de *Eleocharis interstincta* (Vahl) R. & S. (Cyperaceae) en la laguna El Burro (Guárico, Venezuela). *Revista d'Hydrobiologie Tropicale* 22 (3): 201-212.
 - Graham L. E., J. M. Graham y L. W. Wilcox. 2009. Algae (Second edition). Benjamin Cummings. Madrid. 720 pp.
 - Granado-Lorencio, C. H. A., Hernández-Serna, J. D. Carvajal, L. F. Jimenez-Segura, A. Gulfo, y F. Álvarez. 2012. Regionally nested patterns of fish assemblages in floodplain lakes of the Magdalena river (Colombia). *Ecology and Evolution* 6: 1296-303.
 - Guarnizo, C. E., C. Escallón, D. C. Cannatella y A. Amézquita. 2012. Congruence between acoustic traits and genealogical history reveals a new species of *Dendropsophus* (Anura: Hylidae) in the high Andes of Colombia. *Herpetologica* 68: 523-540.
 - Gutiérrez, F. de P., A. Ortega-Lara, G. C. Sánchez-Garcés y C. Barreto Reyes. 2011. Diagnóstico de la pesquería de 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. E. Ajiaco (Eds.). II Pesquerías continentales de Colombia: cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertiente del Pacífico.
 - Gutiérrez-Lamus, D. L., V. H. Serrano y M. P. Ramírez-Pinilla. 2004. Composición y abundancia de anuros en dos tipos de bosque (natural y cultivado) en la Cordillera Oriental Colombiana. *Caldasia* 26: 245-264.
 - Gómez-Aguirre, A. M., M. Longo 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 (91): 161 - 179.
 - Harris, G. 1986. Phytoplankton ecology. Structure, function and fluctuation. Chapman & Hall, New York. 384 pp.
 - Hernández de Caldas, A. 1983. Bibliografía colombiana sobre cuencas hidrográficas. Corporación Autónoma Regional del Cauca - CVC, Cali. 89 pp.
 - Hernández-Camacho, J., A. Hurtado-Guerra, R. Ortiz-Quijano y T. Walshburger. 1992. Unidades biogeográficas de Colombia. Pp. 105-152. En: Halfter, G. (Comp.) 1992. La diversidad biológica de Iberoamérica I. Instituto de Ecología, Xalapa, México.
 - Heyer, W.R. 1994. Variation within the *Leptodactylus podicipinus-wagneri* complex of frogs (Amphibia: Leptodactylidae). *Smithsonian Contributions to Zoology* 546: 1-124.
 - Heyer W. R. y R. De Sá. 2011. Variation, systematics, and relationships of the *Leptodactylus bolivianus* Complex (Amphibia: Anura: Leptodactylidae). *Smithsonian Contributions to Zoology* (635): 1-58.
 - Hoyos, J.M., I. Paola, N. Devia, D.M. Galindo-Uribe, y A. Acosta-Galvis. 2012. An Approach to the Ecology of the herpetofauna in Agroecosystems of the Colombian Coffee Zone. *South American Journal of Hereptology* 7 (1): 25-34.
 - Hutchinson G. E. 1967. A treatise on limnology. Volume II. Introduction to lake biology

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA



M. A. Morales-Betancourt

- and the limnoplankton. John Wiley & Sons. New York. 1115 pp.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia - Ideam. 2004a. Guía técnico científica para la ordenación de cuencas hidrográficas. Ideam. Bogotá, Colombia. 55 pp.
 - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia - Ideam. 2004b. Informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia. Ideam. Bogotá, Colombia. 256 pp.
 - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia - Ideam. 2008. Guía técnico científica para la ordenación de cuencas hidrográficas (Segunda versión). Ideam. Bogotá, Colombia. 92 pp.
 - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia - Ideam. 2010a. Estudio nacional del agua 2010. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - Ideam. Bogotá. 420 pp.
 - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia - Ideam. 2012. Glaciares de Colombia. Ideam. Bogotá, Colombia. 344 pp.
 - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia - Ideam. 2013. Zonificación y codificación de unidades cuencas hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia. Ideam. Bogotá, Colombia. 46 pp.
 - Inderena -ISA. 1982. Primer congreso nacional de cuencas hidrográficas. Medellín. 51 pp.
 - ISAGEN S.A. E.S.P. 2010. Monitoreo hidrobiológico al río Manso. Informe final. Universidad de Antioquia, Contrato No 46/3456.
 - Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza - IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2. Disponible en: www.iucnredlist.org
 - Janisch J. E. y N. E. Molstad. 2004. Disturbance and the three parameters of wetland delineation. *Wetlands* 4:820-827.
 - Jaramillo-Villa, U., J. A. Maldonado-Ocampo y F. Escobar. 2010. Altitudinal variation in fish assemblage diversity in streams of the central Andes of Colombia. *Journal of Fish Biology* 76: 2401-2417.
 - Jeppesen, E., M. Søndergaard, M. Søndergaard y K. Christoffersen (Eds.). 1998. The structuring role of submerged macrophytes in lakes Springer-Verlag, New York, USA. 427 pp.
 - Jiménez-Segura L. F. 2007. Ictioplancton y reproducción de los peces en la cuenca media del río Magdalena (sector de Puerto Berrio, Antioquia). Tesis Doctoral. Universidad de Antioquia. 265 pp.
 - Jiménez, J. L., C. Román-Valencia y M. Cardona. 1998. Distribución y constancia de las comunidades de peces en la quebrada San Pablo, cuenca del río Paila, Alto Cauca, Colombia. *Actualidades Biológicas* 20 (68): 21-27.
 - Jiménez-Segura, L. F., J. Palacio y R. Leite. 2010. River flooding and reproduction of migratory fish species in the Magdalena River basin, Colombia. *Ecology of Freshwater Fish* 19: 178-186.
 - Jiménez-Segura, L. F., C. Granado-Lorencio, A. Gulfo, J. D. Carvajal, A. Hernández, F. Álvarez, J. P. Echeverry, A. Martínez y J. Palacio. 2012. Uso tradicional de los recursos naturales pesqueros y conservación de la biodiversidad en regiones tropicales subdesarrolladas: hacia un modelo de ecología de la reconciliación. Informe final. Universidad de Antioquia, Universidad de Sevilla, Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, Cormagdalena. 120 pp.
 - Jiménez-Segura, L. F., A. Arango, M. I. Ríos y C. García-Alzate. 2013a. Distribución altitudinal de la ictiofauna en un río trans-andino en el norte de Suramérica. Informe del XII Congreso de Ictiólogos Colombianos e IV Encuentro de Ictiólogos Suramericanos.
 - Jiménez-Segura, L. F. 2013b. ¿Qué sabemos sobre la ictiofauna de la cuenca Magdalena-Cauca?. Pp 66 - 67. En: J. Cortés-Duque y J. Rodríguez-Ortiz (Comp.). Memorias simposio taller de expertos. Construcción colectiva de criterios para la el establecimiento de límites de humedales: retos e implicaciones del país. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C. Colombia.
 - Jiménez-Segura, L. F. J. Maldonado-Ocampo y C. Pérez. 2014. Gradiente de recuperación longitudinal en la estructura de la ictiofauna en un río andino regulado. *Biota Colombiana*. 15 (2): 61-80
 - Johnston-González, C. J. Ruiz-Guerra, D. Eusse-González, L. F. Castillo-Cortés, Y. Cifuentes-Sarmiento, P. Falk-Fernández y V. Ramírez De Ríos. 2010. Plan de conservación para aves playeras en Colombia. Asociación Calidris, Cali, Colombia. 42 pp.
 - Junk, W. J., P. B. Bayley y R. E. Sparks. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian Special Publications for Fisheries and Aquatic Sciences* 106: 110-127.
 - Junk, W., M. Brown, I. Campbell, M. Finlayson, B. Gopal, L. Ramberg y B. Warner. 2006. The comparative biodiversity of seven globally important wetlands: a synthesis. *Aquatic Science* 68: 400-414.
 - Kaplan, M. 1991. A new species of *Hyla* from the eastern slope of the Cordillera Oriental in northern Colombia. *Journal of Herpetology* 25: 313-316.
 - Kochert, M. N., M. R. Fuller, L. S. Schueck, L. Bond, M. J. Bechard, B. Woodbridge, G. L. Holroyd, M. S. Martell, y U. Banasch. 2011. Migration patterns, use of stopover areas, and austral summer movements of swainson's hawks. *The Condor* 113: 89-106.
 - Lasso, C. A., A. Rial y O. M. Lasso-Alcalá. 1999. Composición y variabilidad espacio-temporal de las comunidades de peces en ambientes inundables de los Llanos de Venezuela. *Acta Biologica Venezolánica* 19 (2): 1-28.
 - Leu, M., y C. W. Thompson. 2002. The potential importance of migratory stopover sites as flight feather molt staging areas: a review for neotropical migrants. *Biological Conservation* 106: 45-56.
 - Linares, E. y M. Vera. 2012. Catálogo de los moluscos continentales de Colombia. Biblioteca José Jerónimo Triana Número 23. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales, Bogotá, D. C. 360 pp.
 - Lowe-McConnell, R. H. 1995. Ecological studies in tropical fish communities. Cambridge University press. U. K. 382 pp.
 - Lugo, M., C. A., Lasso, A. Castro y M. A. Morales-Betancourt. 2013a. *Paleosuchus palpebrosus*. Pp. 187-199. En: M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, J. De La Ossa V. y A. Fajardo-Patiño (Eds.). 2013. VIII. Biología y conservación de los Crocodylia de Colombia.
 - Lugo, M., C. A., Lasso, A. Castro y M. A. Morales-Betancourt. 2013b. *Paleosuchus trigonatus*. Pp. 201-210. En: M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, J. De La Ossa V. y A. Fajardo-Patiño (Eds.). 2013. VIII. Biología y conservación de los Crocodylia de Colombia.
 - Lund H. C. y J. W. G. Lund. 1995. Freshwater algae: their microscopic world explored. Biopress Limited. Bristol. 360 pp.
 - Lynch J. D. 2005. Discovery of the richest frog fauna in the World. An exploration of the forests to the north of Leticia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 29 (113): 581-588.
 - Lynch, J. D. y J. M. Renjifo . 2001. Guía de anfibios y reptiles de Bogotá y sus alrededores. Departamento Técnico Administrativo Medio Ambiente, Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.
 - Lynch, J. D., y M. A. Vargas Ramírez. 2001. Lista preliminar de especies de anuros del Departamento del Guainía, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 24: 579-589.
 - Ministerio del Medio Ambiente. 2002. Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia. Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá D.C. 67 pp.
 - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS. 2010. Política nacional para la gestión del recurso hídrico. MADS. Bogotá. 142 pp.
 - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS. 2013. Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas. MADS. Bogotá, Colombia. 115 pp.
 - Maldonado-Ocampo, J., R. Vari y J. S. Usma. 2008. Checklist of the freshwater fishes in Colombia. *Biota Colombiana* 9: 143-237.
 - Margalef R. 1974. Ecología. Ediciones Omega, S. A. Barcelona. 951 pp.
 - Margalef R. 1983. Limnología. Ediciones Omega, S. A. Barcelona. 1010 pp.

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA



M. A. Morales-Betancourt

- Maxa, M., y P. Bolstad. 2009. Mapping northern wetlands with high resolution satellite images and LiDAR. *Wetlands* 29: 248-260.
- Medina-R., G. F., G. Cárdenas-A. y O. V. Castaño- M. 2011. Anfibios y reptiles de los alrededores del complejo cenagoso de Zapatosa, departamento del Cesar, Colombia. En: J.O.Rangel-Ch. (Ed.). Colombia Diversidad Biótica. Publicación especial No. 1. Grupo Biodiversidad y Conservación, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia-CORPOCESAR. Bogotá D.C.
- Méndez-Narvaez, J. 2014. Diversidad de anfibios y reptiles en hábitats altoandinos y paramunos en la cuenca del río Fúquene, Cundinamarca, Colombia. Trabajo de grado. Universidad de los Andes. 21 pp.
- Mitsch, W. J. y J. G. Gosselink. 1993. Wetlands. (Second edition). Van Nostrand Reinhold, New York, USA. 722 pp.
- Moncaleano Niño, A. y B. Calvachi Zambano. 2009. Uso de la fauna silvestre del Lago de Tota. Peces, herpetos, aves y mamíferos. *Ambiente y Desarrollo* 8 (25): 81-99.
- Montezuma, M. F. y J. J. Mueses-Cisneros. 2009. Amphibia, Anura, Hylidae, *Hyaloscirtus tigrinus*: distribution extension, first department record, Cauca and Huila, Colombia. Check List. *Journal of Species Lists and Distribution* 5: 243-245
- Montoya, Y. y N. Aguirre. 2009. Estado del arte de la limnología de lagos de planos inundables (Ciénagas) en Colombia. *Gestión y Ambiente*. 12 (3): 85-106.
- Moore, J., E. Berlow, D. Coleman, P. Ruitter, Q. Dong, A. Hastings, N. Collins, K. McCann, K. Melville, P. Morin, K. Nadelhoffer, A. Rosemond, D. Post, J. Sabo, K. Scow, M. Vanni y D. Wall. 2004. Detritus, trophic dynamics and biodiversity. *Ecology letters* 7 (7): 584-600.
- Morales-Betancourt, M. A., C. A. Lasso, J. De La Ossa V. y A. Fajardo-Patiño (Eds.). 2013a. VIII. Biología y conservación de los Crocodylia de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia. 336 pp.
- Morales-Betancourt, M. A., M. C. Ardila-Robayo, W. Martínez-Barreto, R. Antelo, J. Clavijo, R. Suarez-Daza, R. Moreno, C. Moreno-Torres, M. Lugo, A. Casto y C. A. Lasso. 2013b. *Crocodylus intermedius*. Pp.111-151. En: M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, J. De La Ossa V. y A. Fajardo-Patiño (Eds.). 2013. VIII. Biología y conservación de los Crocodylia de Colombia.
- Morales-Betancourt, M. A., F. Trujillo y S. Hernández. 2013c. *Melanosuchus niger*. Pp.175-185. En: M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, J. De La Ossa V. y A. Fajardo-Patiño (Eds.). 2013. VIII. Biología y conservación de los Crocodylia de Colombia.
- Morales-Betancourt, M. A. y C. A. Lasso. 2012a. *Chelus fimbriatus*. Pp. 243-246. En: Páez, V. P., M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, O. V. Castaño-Mora y B. C. Bock (Eds.). 2012. Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia.
- Morales-Betancourt, M. A. y C. A. Lasso. 2012b. *Mesoclemmys raniceps*. Pp. 259-260. En: Páez, V. P., M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, O. V. Castaño-Mora y B. C. Bock (Eds.). 2012. Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia.
- Morales-Betancourt, M. A. y C. A. Lasso. 2012c. *Mesoclemmys heliostemma*. Pp. 257-258. En: Páez, V. P., M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, O. V. Castaño-Mora y B. C. Bock (Eds.). 2012. Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia.
- Morales-Betancourt, M. A. y C. A. Lasso. 2012d. *Mesoclemmys gibba*. Pp. 254-256. En: Páez, V. P., M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, O. V. Castaño-Mora y B. C. Bock (Eds.). 2012. Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia.
- Morales-Betancourt, M. A. y C. A. Lasso. 2012c. *Rhinoclemmys diademata*. Pp. 305-307. En: Páez, V. P., M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, O. V. Castaño-Mora y B. C. Bock (Eds.). 2012. Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia.
- Morales-Betancourt, M. A., C. A. Lasso, B. C. Bock y V. Páez. 2012. Colombia: generalidades del medio acuático y terrestre. Pp. 43-55. En: Páez, V. P., M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, O. V. Castaño-Mora y B. C. Bock (Eds.). 2012. Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia.
- Morales-Betancourt, C. A. Lasso y V. P. Páez. 2012b. *Rhinemys rufipes*. Pp. 269-271. En: Páez, V. P., M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, O. V. Castaño-Mora y B. C. Bock (Eds.). 2012. Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia.
- Morales-Betancourt, C. A. Lasso y V. P. Páez. 2012c. *Phrynops geoffroanus*. Pp. 266-268. En: Páez, V. P., M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, O. V. Castaño-Mora y B. C. Bock (Eds.). 2012. Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia.
- Morales-Betancourt, M. A., C. A. Lasso y F. Trujillo. 2012d. *Podocnemis vogli*. Pp. 399-403. En: Páez, V. P., M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, O. V. Castaño-Mora y B. C. Bock (Eds.). 2012. Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia.
- Morales-Rozo, A. y F. Ayerbe-Quiñones. 2006. Anotaciones sobre aves playeras en siete humedales de La Guajira. Pp: 4-6. En: Johnston-González, R., L. F. Castillo y J. Murillo (Eds). Conocimiento y conservación de aves playeras en Colombia, 2006.
- Naranjo L. G. 2006. Diversidad de aves playeras en Colombia. Pp: 15-17. En: Johnston-González, R., L. F. Castillo y J. Murillo (Eds). Conocimiento y conservación de aves playeras en Colombia, 2006.
- Neiff, J. J., S. L. Casco y J. C. Arias. 2004. Glosario de humedales de Iberoamérica. Pp. 336-380. En: Neiff, J.J. (Ed.). Humedales de Iberoamérica. CYTED, Subprograma XVII - Red Iberoamericana de Humedales. La Habana.
- Pacheco, J. I. M. 2006. Anotaciones sobre aves playeras en siete humedales de La Guajira. Pp: 18-20. En: Johnston-González, R., L. F. Castillo & J. Murillo P. (eds). Conocimiento y Conservación de Aves Playeras en Colombia, 2006. Asociación Calidris. Cali. Colombia. 29 pp.
- Páez, V. P., M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, O. V. Castaño-Mora y B. C. Bock (Eds.). 2012. V. Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia.
- Páez, V. P., A. Restrepo-Isaza, M. Vargas-Ramírez, B. C. Bock y N. Gallego-García. 2012. *Podocnemis lewyana*. Pp. 375-381. En: Páez, V. P., M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, O. V. Castaño-Mora y B. C. Bock (Eds.). 2012. Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia.
- Paternina-H, A, J. E. Carvajal-Cogollo y G. Medina-Rangel. 2013. Anfibios de las ciénagas del departamento del Cesar. Pp. 409-509. En: Colombia: diversidad biótica XIII. Complejo cenagoso Zapatosa y ciénagas del sur del Cesar. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Pedroza-Banda R. y T. Angarita Sierra. 2011. Herpetofauna de los humedales La Bolsa y Charco de Oro, Andalucía, Valle del Cauca, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 35 (135): 243-260.
- Pérez-Santos, C. y A. G. Moreno. 1988. Ofidios de Colombia. Monografía IV Bollettino del Museo Regionale di Scienze Naturali di Torino. 517 pp.
- Peters, J. A. y B. Orejas-Miranda. 1970. Catalogue of the neotropical Squamata: Part I. Smithsonian Institution Press. Washington D.C. 347 pp.
- Pinilla, G. A. 2005. Ecología del fitoplancton en un lago amazónico de aguas claras (Lago Boa, Caquetá Medio). Fundación Universitaria Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, Colombia. 258 pp.
- Quesnelle, P. E., L. Fahrig, y K. E. Lindsay. 2013. Effects of habitat loss, habitat configuration and matrix composition on declining wetland species. *Biological Conservation* 160: 200-208.
- Rai H. y G. Hill. 1984. Primary production in Amazonian aquatic ecosystems. Pp. 269-293. En: H. Sioli H (Ed.). 1984. The Amazon: Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. The Hague: Junk Publishers.
- Ramírez, J. J. 2000. Fitoplancton de agua dulce: aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín. 224 pp.
- Regalado-Tabares, A. C., A. Botero-Botero, C. Múnera-Isaza, A. F. Ortega-Guio y A. R. Isaza. *Chelydra acutirostris*. Pp.275-278. En: Páez, V. P., M. A. Morales-Betancourt, C.



M. A. Morales-Betancourt

- A. Lasso, O. V. Castaño-Mora y B. C. Bock (Eds.). 2012. Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia.
- Rangel-Ch, J. O. 2003. El antiguo lago de la Sabana de Bogotá, su vegetación y su flora en el tiempo. Pp: 53-68. *En*: Guarnizo A. y B. Calvachi (Eds.). Los humedales de Bogotá y la Sabana, Vol. 1. Acueducto de Bogotá, Conservación Internacional Colombia. Bogotá.
 - Restrepo, J. D., B. Kjerfve, M. Hermelin, y J. C. Restrepo. 2006. Factors controlling sediment yield in a major South American drainage basin: the Magdalena River, Colombia. *Journal of Hydrology* 316: 213-232. DOI:10.1016/j.jhydrol.2005.05.002.
 - Reynolds C. S. 1984. The Ecology of freshwaters phytoplankton. Cambridge University Press. London. 396 pp.
 - Reynolds C.S. 2006. The ecology of phytoplankton. Cambridge University, Cambridge. 384 pp.
 - Rial, A. 2003. El concepto de planta acuática en un humedal de los Llanos de Venezuela. *Memorias de la Fundación La Salle Ciencias Naturales* 155: 119-132.
 - Rial, A. 2004 a. Acerca de la dinámica temporal de la vegetación en un humedal de los Llanos de Venezuela. *Memorias de la Fundación La Salle Ciencias Naturales* 158: 59-71.
 - Rial, A. 2004 b. Variabilidad espacio-temporal de las comunidades de plantas acuáticas en un humedal de los Llanos de Venezuela. *Revista de Biología Tropical* 52 (2): 403-413.
 - Rial, A. 2009. Plantas acuáticas de los Llanos del Orinoco. Editorial Orinoco-Amazonas Caracas. 392 pp
 - Rial, A. 2013. Flora acuática de la Orinoquia colombiana.. Convocatoria Nacional de Biodiversidad - Ecopetrol 2011. Convenio 5211419 Ecopetrol-Universidad de los Andes (Uniandes). Informe Técnico "Flora acuática de la Orinoquia colombiana". Mimenografiado. Bogotá 306 p.
 - Rial, A. 2014a. Plantas acuáticas: utilidad para la identificación y definición de límites en humedales de la Orinoquia. Pp. 63-96. *En*: Lasso, C. A., A. Rial, G. Colonnello, A. Machado-Allison y F. Trujillo (Eds). Humedales de la Orinoquia (Colombia-Venezuela). XI. 2014. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
 - Rial, A. 2014b. Diversity, bioforms and abundance of aquatic vegetation in a wetland of the Orinoco floodplains (Venezuela). *Biota Colombiana*. 15 (1): 1-9
 - Rivera-Correa, M. y P. D. Gutiérrez-Cárdenas. 2012. A new highland species of treefrog of the *Dendropsophus columbianus* group (Anura: Hylidae) from the Andes of Colombia. *Zootaxa* 3486: 50-62.
 - Rojas, V. 2000. Análisis biogeográfico de las aves de humedal de Colombia. Trabajo de grado. Universidad del Valle, Departamento de Biología. Cali, Colombia. 56 pp.
 - Rojas, V. 2003. Zoogeografía de la avifauna asociada a los humedales en Colombia. Trabajo de grado. Universidad del Valle, Departamento de Biología. Cali, Colombia. 89 pp.
 - Roldán, G. 2009. Desarrollo de la limnología en Colombia: cuatro décadas de avances progresivos. *Actualidades Biológicas* 31 (91): 227-237.
 - Romero-M, H. J. y J. D. Lynch. 2010. Anfibios de los Humedales de Córdoba. Pp. 349-360. *En*: Colombia Diversidad Biótica IX. Ciénagas de Córdoba: Biodiversidad-Ecología y Manejo Ambiental. J. O. Rangel-Ch (Ed.). Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
 - Rosales, J. 2000. An ecohydrological approach for riparian forest biodiversity conservation in large tropical rivers. Tesis Doctoral. Universidad de Birmingham. Inglaterra. Disponible en: https://openlibrary.org/books/OL19808768M/An_ecohydrological_approach_for_riparian_forest_biodiversity_conservation_in_large_tropical_rivers.
 - Rosales, J., C. F. Suárez, y C. A. Lasso. 2010. Descripción del medio natural de la cuenca del Orinoco. Pp. 51- 73. *En*: Lasso, C. A., J. S. Usma, F. Trujillo y A. Rial (Eds). 2010. Biodiversidad de la cuenca del Orinoco, bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle e Instituto de Estudios de la Orinoquia. Bogotá, Colombia.
 - Rosselli, L. 2011. Factores ambientales relacionados con la presencia y abundancia de las aves de los humedales de la Sabana de Bogotá. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ciencias Biológicas. Bogotá D.C. 137 pp.
 - Rosselli, L., y Stiles, F. G. 2012. Local and landscape environmental factors are important for the conservation of endangered wetland birds in a high andean plateau. *Waterbirds* 35: 453-469.
 - Ruíz, E. y G. Roldán. 2001. Development of limnology in Colombia. Pp. 69-119. *En*: R. G. Wetzel y B. Gopal (Eds.). Limnology in Developing Countries. Volume 3.
 - Schindler, D. y M. Scheuerell. 2002. Habitat coupling in lake ecosystems. *Oikos* 98 (2): 177-189.
 - Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica- CDB. 2010. Convenio sobre la Diversidad Biológica- Viviendo en Armonía. Disponible en: <http://www.cbd.int/undb/media/factsheets/undb-factsheets-es-web.pdf>
 - Sinchi. 2006. Balance anual sobre el estado de los ecosistemas y el ambiente de la Amazonía colombiana. Sinchi, Bogotá, Colombia. 166 pp.
 - Sioli, H. 1968. Hydrochemistry and geology in the brazilian Amazon region. *Amazoniana* 1(3):267-277
 - Solari, S., Y. Muñoz-Saba, J. V. Rodríguez-Mahecha, T. Deffler, H. Ramírez-Chávez y F. Trujillo. 2013. Riqueza, endemismo y conservación de los mamíferos de Colombia. *Mastozoología Neotropical* 20 (2): 301-365.
 - Téllez, P., P. Petry, T. Walschburger, J. Higgins y C. Apse. 2012. Portafolio de conservación de agua dulce para la cuenca del Magdalena - Cauca (Segunda edición). The Nature Conservancy y Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena-Cormagdalena. Bogotá, Colombia. 101 pp.
 - Tiner, R. W. 1993. Primary indicator method- a practical approach to wetland recognition and delination in the United States. *Wetlands* 13 (1): 50-64.
 - Torres-Mejía, M. y M. P. Ramírez-Pinilla. 2008. Dry-season breeding of a characin in a tropical mountain river. *Copeia* 2008(1): 99-104.
 - Trujillo, F., J. V. Rodríguez-Mahecha, M. C. Diazgranados, D. Tirira, y A. González. 2005. Mamíferos acuáticos y relacionados con el agua en el Neotrópico. *Conservation International*. 143 pp.
 - Trujillo, F., M. C. Diazgranados, A. Galindo y L. Fuentes. 2006. Delfín Rosado *Inia geoffrensis*. Pp. 285-290. *En*: Rodríguez-Mahecha, J. V., M. Alberico, F. Trujillo y J. Jorgenson (Eds.) 2006. Libro rojo de los mamíferos de Colombia. Serie libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Conservación Internacional Colombia y Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, Colombia.
 - Trujillo, F., M. Beltrán, A. Díaz-Pulido, A. Ferrer y E. Payán. 2010. Mamíferos. Pp: 311-336. *En*: Lasso, C., J. S. Usma, F. Trujillo y A. Rial (Eds). 2010. Biodiversidad de la cuenca del Orinoco: bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle e Instituto de Estudios de la Orinoquia (Universidad Nacional). Bogotá, Colombia. 609 pp.
 - Trujillo, F. y M. C. Diazgranados. 2013. Delfines de río: embajadores de la conservación en la Amazonía y Orinoquia. Fundación Omacha, Bogotá. 141 pp.
 - Trujillo, F. y M. Superina (Eds.). 2013. Armadillos de los Llanos Orientales. ODL, Fundación Omacha, Cormacarena, Corporinoquia, Bioparque Los Ocarros. Bogotá. 125 pp.
 - Uetz, P. y J. Hošek (Eds.). 2014. The Reptile Database. Disponible en: <http://www.reptile-database.org>.
 - Universidad de Antioquia-ISAGEN S.A.E.S.P. 2012. Dinámica de la asociación de peces en la cuenca baja del río La Miel. Informe final. Convenio de cooperación No. 46/3648

USO DE LA BIOTA ACUÁTICA

- Universidad de Antioquia-EPM. 2013. Asociación de peces en la cuenca media del río Porce y sus embalses. Informe final. Convenio de cooperación No. 201100345.
- Urrego, L. E. 1997. Los bosques inundables del Medio Caquetá: caracterización y sucesión. Estudios en la Amazonia colombiana 14. Tropembos Colombia. 335 pp.
- Urbina-Cardona, J. N., Castro, F. y Acosta, A. 2013. *Lithobates catesbeianus* (Shaw 1802). Pp. 236-242. En: Gutiérrez, F de P, C.A. Lasso, M.P. Baptiste, P. Sánchez-Duarte y A.M. Díaz (Eds.). 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. Bogota, Colombia.
- Valencia, D. y M. Campos. 2007. Freshwater prawns of the genus *Macrobrachium* Bate, 1868 (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) of Colombia. *Zootaxa* 1456: 1-44.
- Van der Valk, A. G. y C. B. Davis. 1978. The role of seed banks in the vegetation dynamics of prairie glacial marshes. *Ecology* 59 (2): 322 – 335.
- Van der Valk, A. G. 1981. Succession in wetlands: A Gleasonian approach. *Ecology* 62 (3): 688 - 696.
- Welcomme, R. L. 1979. Fishery management in large rivers. FAO Fisheries Technical Paper 194. Rome, Italy. 60 pp.
- Weller, M. 1999. Wetland Birds: Habitat Resources and Conservation Implications. Cambridge University Press, Cambridge. 227 pp.
- Welling, C. H., R. L. Pederson y A. G. Van der Valk. 1988. Recruitment from the seed bank and the development of zonation of emergent vegetation during a drawdown in a prairie wetland. *Journal of Ecology* 76: 483 - 496.
- Wetzel, R. G. 1990. Land-water interfaces: metabolic and limnological regulators. *Verhandlungen Internationale Vereinigung Limnologie* 24: 6-24.
- Wetzel, R. G. 2001. Limnology, lake and river ecosystems (Third edition). Academic Press, San Diego, CA – USA. 1006 pp.
- Whiles, M. R., K. R. Lips, C. M. Pringle, S. S. Kilham, R. J. Bixby, R. Brenes, S. Connelly, J. C. Colon-Gaud, M. Hunte-Brown, A. D. Huryn, C. Montgomery y S. Peterson. 2006. The effects of amphibian population declines on the structure and function of Neotropical stream ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment* 4: 27–34. [http://dx.doi.org/10.1890/1540-9295\(2006\)004\[0027:TEOAPD\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1890/1540-9295(2006)004[0027:TEOAPD]2.0.CO;2).





Balsa para extracción de oro en el río Putumayo. Foto: M. A. Morales-Betancourt.

D. Morales-B.



6. INTEGRIDAD BIÓTICA DE LOS HUMEDALES COLOMBIANOS: una visión desde la calidad del agua

Francisco de Paula Gutiérrez

El rendimiento hídrico promedio del país (63 l/s-km^2) posiciona a Colombia con una oferta hídrica seis veces superior al promedio de oferta mundial y tres veces mayor que la de Latinoamérica, incluso este rendimiento es duplicado por la cuenca Magdalena-Cauca que es la menor aportante (Ideam 2004). El caudal medio anual corresponde a 2.265 km^3 (Ideam 2010), sin embargo en el país se vierten 4,5 millones m^3/mes de aguas residuales, de las cuales el 90 % proviene de las actividades domésticas e industriales (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente -PNUMA 2001).

Según el Estudio Nacional del Agua - ENA, la mayor parte del sistema hídrico andino se ha alterado debido al transporte de sedimentos y sustancias tóxicas, con gran incidencia de los corredores industriales de Bogotá-Soacha, Medellín-Itagüí, Cali-Yumbo, Sogamoso-Duitama-Nobsa, Barranquilla-Soledad y Cartagena-Mamonal, afectando la calidad de las aguas en la cuenca Magdalena -Cauca (Ideam 2010).

Se estima que casi el 74% del territorio nacional tiene potencialidad para explotar

aguas subterráneas, con un aproximado de 5.848 km^3 , casi tres veces la oferta de agua superficial disponible. El sector agrícola es el que mayor uso hace de esta fuente (75%), seguido por el sector doméstico (9%) y el industrial (7%) (Ideam 2010). Colombia como parte de la Convención Ramsar debería acogerse a la recomendación de “Lineamientos para el manejo de las aguas subterráneas a fin de mantener las características ecológicas de los humedales” (Secretaría de la Convención Ramsar 2005), por lo que estas fuentes deberían considerarse cuando se caracterizan y delimitan, al igual que en los estudios de impacto y planes de manejo ambiental, pues por vía de aprovechamiento muchos de los humedales pueden estar en riesgo.

En los ambientes acuáticos las alteraciones fisicoquímicas condicionan el consumo de agua para los humanos, pero no equivale a la integridad biológica del ecosistema, es decir, no permite conservar la biodiversidad necesariamente. Las comunidades biológicas en sí mismas permiten conocer la integridad biótica, pero para ello se requiere conocer la taxonomía y aspectos biológicos y ecológicos de al menos un



D. Morales-B.

grupo. El Índice de Integridad Biótica (IIB) fue desarrollado para evaluar la degradación de los ecosistemas acuáticos en Estados Unidos. Se basa en comparar atributos ecológicos de las comunidades de peces entre ambientes naturales semejantes (Karr 1986) y su utilidad ha llevado a generar varios protocolos para la estandarización de métodos en diferentes regiones del mundo (Figueroa *et al.* 2005) y utilizan también otros taxa (Karr 1991). Adaptaciones a este índice se han utilizado para medir el IIB en los llanos occidentales y ríos de montaña de Venezuela por medio de comunidades de peces (Rodríguez-Olarte y Taphorn 1995, Rodríguez-Olarte *et al.* 2006), macroinvertebrados en ríos del sur de Chile (Figueroa *et al.* 2005) y zooplankton en áreas templadas (Vanessa *et al.* 2002), por citar algunos ejemplos.

Adicionalmente, existen diferentes tipos de bioindicadores (individuos, poblaciones o comunidades) que permiten evidenciar el cambio de las condiciones ambientales dado que tienen una alta capacidad de respuesta, la cual puede variar según el grado de sensibilidad, la posibilidad de medida o la forma de respuesta. Esta puede ser acumulando sustancias medibles en su organismos (acumuladores), aumentando drásticamente el número de la población si se introducen en el medio (centinelas) o si son nativos del sitio (explotadores), o al verse afectados en su ciclo de vida (detectores). Los bioindicadores son particulares para cada ecosistema y permiten monitorear las condiciones de un lugar siempre y cuando se conozcan las condiciones naturales previas del mismo o de un ambiente similar (Capó-Martí 2002).

A continuación se documentan los diferentes componentes fisicoquímicos que determinan la calidad del agua.

Parámetros fisicoquímicos

Las descargas municipales son una de las principales fuentes de contaminación de las aguas superficiales de Colombia (Organización Panamericana de la Salud -OPS y Organización Mundial de la Salud-OMS 1978, Ideam 2004). Los ríos Bogotá, Medellín, Chicamocha, alto Cauca, Lebrija y Chulo presentan un gran deterioro en la calidad de sus aguas como consecuencia de una intensa actividad social y económica (Ideam 2004). En el país el caudal de aguas residuales generado por los centros urbanos es de 67 m³/s, en donde Bogotá representa más del 15,3%, Antioquia el 13%, Valle del Cauca el 9,87% estando los demás departamentos por debajo del 5% (MAVDT 2010).

La contaminación orgánica por adición de fósforo y/o nitrógeno afecta principalmente a las cuencas y subcuencas y ríos como el Magdalena-Cauca, Guarapas, Suaza, Páez, Neiva, Fortalecillas, Cabrera, Prado, Saldaña, Recio, Opia, Totaré, Gualí, Cimitarra, Quinamayo, Palo, Amaime, Cerrito, Guabas, Guadalajara, Mediacanoa, Tuluá, Bugalagrande, La Miel y Chinchiná (MAVDT 2010, MADS 2012). La materia orgánica generada por las actividades industriales en el 2008 fue de 639.765 t.año⁻¹ (1,752 t/día), siendo las actividades de fabricación de papel, cartón y productos de papel y elaboración de productos alimenticios, bebidas, fabricación de sustancias y productos químicos las que mayor carga generaron (MAVDT 2010, MADS 2012). Este tipo de contaminación es reconocido hoy como uno de los procesos más importantes de pérdida de los servicios ecosistémicos (Rockström *et al.* 2009, MADS 2012), al producir eutrofización de las aguas, disminución del oxígeno disuelto-OD, cambios drásticos en la acidez, malos olores, crecimiento incontrolado de plan-

tas acuáticas y toxicidad, por la presencia de algas cianofíceas tóxicas.

En la cuenca Magdalena-Cauca considerada como de gran importancia socioeconómica para el país, los impactos son muy altos debido al poco tratamiento de las aguas. En el cauce principal del río la calidad varían de acuerdo al aporte de los afluentes. Así en el alto Magdalena el OD del río varía entre 5,9 mg/l y 6,9 mg/l, en el Magdalena medio de 6,3 mg/l, 5,3 mg/l y de 5,2 mg/l a 1, 5 mg/l en el bajo Magdalena. El río, debido a la constancia y nivel de descargas, denota una baja capacidad de acción autodepuradora (MAVDT 2010). En la cuenca alta del río Cauca, el OD es de 6,5 mg/l, 180 km río abajo, esta disminuye 1,5 mg/l, y posteriormente a 450 km asciende a 3,5 mg/l, como consecuencia a los aportes recibidos (MAVDT 2010).

Uno de los afluentes de mayor importancia en cuanto a su efecto contaminante es el río Bogotá. Luego de su recorrido por Bogotá las concentraciones de DBO, DQO y SST aumentan de manera drástica (Tabla 1). Los aportes diarios por contaminantes a la salida de Bogotá son de 232,31 t/día de DBO, 710 t/día de DQO y 389,86 t/día de SST (MAVDT 2010).

En la cuenca media del río Magdalena, la calidad disminuye como consecuencia de los aportes generados por los centros poblados de Barrancabermeja, Puerto Triunfo y Puerto Salgar y otros ríos tributarios como el Carare (Cimitarra), el Opón (Simacota) el Minero (Borbur) y el Negro (Guaduas y Puerto Boyacá) (MAVDT, 2010), sumado a los aportes del Cauca y otras descargas aguas abajo. De esta manera la cuenca baja del Magdalena presenta una calidad inferior.

En las zonas costeras los ecosistemas cenagosos presentan modificaciones por actividades antrópicas con repercusiones negativas. Estas incluyen los asentamientos humanos ubicados en zonas inundables o en las rondas del río, la construcción de diques, drenajes, distritos de riego, vías, desecación para actividades agrícolas o ganaderas y el vertimiento de centros urbanos mayores. Un ejemplo de esta situación, es la ciénaga de Tesca, la cual recibe el 60% de las aguas residuales de Cartagena incluyendo el complejo industrial y en verano la reducción de OD genera la mortalidad masiva de peces (Escobar 2001 citado en: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente -PNUMA, 2001). Otro ejemplo es la ciénaga de Chucurí que pre-

Tabla 1. Contaminación en el río Bogotá por los afluentes de la ciudad de Bogotá. Fuente: MAVDT (2010).

Efecto de los afluentes contaminantes de la ciudad de Bogotá en el río Bogotá		
Parámetro	Antes de Bogotá	Después de Bogotá
Demanda bioquímica de oxígeno - DBO	11 mg/l	97 mg/l
Demanda química de oxígeno - DQO	41 mg/l	291 mg/l
Sólidos suspendidos totales-SST	24 mg/l.	124 mg/l



D. Morales-B.



Figura 1. Orilla de la Ciénaga El Hobo (Bolívar, vertiente Caribe). Presenta afectación por actividades humanas como la producción agropecuaria, siendo al mismo tiempo fuente de agua para la comunidad. Foto: D. Morales-B.

senta una concentración de alcalinidad entre 18 y 20 ppm (CaCO_3), mil veces por encima del límite normal, evidencia el estado anormal del ecosistema (MAVDT, 2010).

Derivado de la contaminación de los cuerpos de agua, está el problema en la calidad de agua para abastecimiento, dada la presencia de compuestos tóxicos y patógenos (Figura 1 y 2). En 44 municipios de 11 departamentos, existe contaminación fecal alta, que supera los 2.000 de coliformes/100 ml en NMP (números más probables) (MAVDT 2010).

En conclusión a nivel nacional, el 95% de las aguas residuales domésticas y agrícolas, y el 85% de las industriales se vierten sin tratamiento. Esto crea una reducción del OD degradando los ecosistemas, la fauna y la flora y aportando virus y bacterias a través de las heces humanas lo cual genera a su vez una alta mortalidad infantil, eventos de cólera en épocas de sequía, reducción de la productividad biológica, pérdida de la productividad de las tierras aldeñas por riego contaminado y costos elevados en la potabilización del agua.

Contaminación química

La contaminación química impacta de manera negativa tanto la biodiversidad de los ecosistemas dulceacuícolas, marinos y costeros, como la de los ambientes terrestres y el aire. Entre las principales causas de este tipo de contaminación están los residuos industriales, agrícolas y los generados en las actividades domésticas (Agudelo *et al.* 2011, Gutiérrez 2011, Gutiérrez *et al.* 2011a, Gutiérrez *et al.* 2011b, Gutiérrez *et al.* 2011c, Lasso *et al.* 2011, Ramírez-Gil y Ajiaco-Martínez 2011). La contaminación de hidrocarburos ha sido sujeto de atención especial dado los efectos que tiene en los ecosistemas acuícolas, desde el proceso de exploración y explotación, incluyendo derrames de crudo o vertido de residuos durante la navegación (Avellaneda-Cusarúa, 2004). También se incluye la contaminación por mercurio derivado de la minería (Trujillo *et al.* 2010).

En la Orinoquia, la contaminación por mercurio a partir de estudios reportados, denotan acumulación del metal aguas del río Inírida en un tramo de aproximadamente 80 km de cauce, entre los rápidos

de Mavicure y el poblado de Chorrobocón, también en algunos ambientes acuáticos conexos, como los caños Espina, Mata Palo y caño Piapoco, caño Tonina, lago Gente y caño San Joaquín. En Chorrobocón aguas arriba (punto de referencia o patrón), el valor es menor a $1,2 \mu\text{g/l}$, tanto en los sedimentos como en la mezcla agua - sólidos suspendidos. Aguas abajo, cuando se tiene un recorrido de 200 m fluviales, se detectaron en la mezcla agua-sedimento las mayores concentraciones de mercurio ($8,7 \mu\text{g/l}$), lo que se corresponde con concentraciones en sedimentos de $0,89 \text{ mg/kg}$ (Rueda 2007). Hoy día la amenaza en el río Inírida es aún mayor desde la presencia de numerosas balsas mineras (Lasso com. pers.) (Figura 3). Por otro lado Duque *et al.* (1997) reportó en la Amazonia, en el río Taraira (afluente del río Apaporis), trazas de mercurio en las partes altas del río en la Serranía de Taraira.

En relación con la presencia de metales pesados, en la cuenca media del río Bogotá, a la salida de Bogotá -a la altura de Girardot- se registra una carga cercana a los 900 kg/día , siendo los principales metales, cromo



Figura 2. a) Vertimientos domésticos sobre cuerpos de agua, Útica-Cundinamarca. b) Residuos sólidos en cuerpos de agua en Bolívar. Foto: D. Morales-B.



D. Morales-B.

INTEGRIDAD BIÓTICA



a



b

Figura 3. El río Inírida ha sido alterado por el aumento de balsas mineras que incrementan la sedimentación y cambian las características fisicoquímicas del agua por la extracción de oro. a) El río años atrás antes de las balsas mineras (febrero 2008). Foto: C. A. Lasso. b) El color del agua se torna café dado el incremento de los sedimentos por la actividad minera (diciembre 2012). Foto: M. A. Morales-Betancourt.

(430 kg) y zinc (410 kg) (Ideam 2004). Respecto al zinc en sedimentos, entre las corrientes más afectadas está el río Risaralda (municipio de La Virginia) y el río Negro (Puerto Salgar) (MAVDT 2010).

La Contraloría General de la República (2010, 2012), reportó que dentro de los impactos ambientales negativos de la actividad minera de carbón y oro, se encuentran el aumento de procesos erosivos, la sedimentación de cuerpos de agua, la afectación de la dinámica de las aguas superficiales y subterráneas, la emisión de gases, el material particulado, el ruido, la generación de escombros y la contaminación del suelo. También se incluye el hundimiento del terreno y el movimiento del macizo rocoso durante la etapa de explotación del carbón. En la actividad aurífera los procesos de cloración, lixiviación por

cianuro y amalgamación con mercurio, los procesos pirometalúrgicos y la disposición de colas, generan residuos tóxicos que repercuten en el incremento de riesgos asociados con la pérdida y transformación de la biodiversidad.

Los niveles de mercurio en aguas del complejo de humedales de la Depresión Momposina alcanza niveles de 0,08 y 0,09 mg/l, en los municipios de Barranco de Loba, Hatillo y San Martín de Loba y en las ciénagas de El Sapo y Colombia, valores muy superiores a los establecidos en el decreto 1594 de 1984 como admisibles para mercurio en agua (0,002 mg/l) y mercurio en sedimentos (0,0001 mg/kg). Este último es superado en algunos sectores mineros del bajo Cauca donde se reportan valores de hasta 0,25 mg/kg (Silva *et al.* 2010) (Figura 4).



Figura 4. Extracción de oro, río La Miel, cuenca Magdalena-Cauca. Foto: G. Urrea.

En esta misma región, se observan niveles elevados de mercurio en peces de consumo humano, con concentraciones en sus tejidos que varían de 0,02 a 2,67 mg/g. Las especies de las que se poseen registros de niveles de mercurio en sus tejidos incluyen: comelón (*Hoplias malabaricus*), doncella (*Ageneiosus pardalis*), dorada (*Brycon moorei*), blanquillo (*Sorubim cuspidatus*), mojarra (*Caquetaia kraussii*) viejito (*Cyphocharax magdalenae*) y bocachico (*Prochilodus magdalenae*) (Galiano-Sedano 1976, Gómez *et al.* 1995, Silva *et al.* 2010). Estos mismos estudios, reportan la presencia de cianuro en el agua de la Depresión Momposina en niveles superiores a los admisibles para la flora y la fauna (0,05 mg/l), registrando valores de hasta 0,12 mg/l, en las ciénagas de El Sapo y Colombia. La minería en Cauca (Antioquia) en el año de 1998 generó aportes en mercurio metálico de 270 kg/día y de 9553 t/día en sedimentos (Pulido 1985, Universidad de Antioquia 1988 citado en: Gutiérrez *et al.* 2011).

Hay cerca de 1.819.999 ha de áreas protegidas con contaminación potencial de hidrocarburos por ser áreas donde actualmente se desarrollan actividades de extracción. Por otro lado, respecto a la contaminación del suelo, no existen informes actualmente que consoliden y cuantifiquen los impactos de las actividades productivas agropecuarias e industriales extractivas sobre los suelos del país. Así, para el tema de gestión de sitios contaminados, aún no se han evaluado en el país los impactos directos en suelos como consecuencia de las actividades mineras. En este sentido, los estudios se han centrado en la descarga a aguas superficiales, por considerarse de alto riesgo este medio de transporte del contaminante (MADS, 2012).

En relación con el conflicto armado en el país y los derrames de petróleo, las consecuencias sobre la biodiversidad no han sido evaluadas en detalle. Sin embargo, los efectos contaminantes son alarmantes. Desde 1986 a 1991 se registraron más de 1000 voladuras a los oleoductos del país por parte de los grupos guerrilleros, arrojando cerca de 2 millones de barriles de crudo a los ecosistemas naturales y aunque Ecopetrol “limpió” en el mismo periodo cerca de 2000 km de ríos y 1516 ha de terrenos afectados, los efectos sobre la fauna y la flora han sido devastadores (Bernal 2000). Por otra parte, el impacto de las actividades ilícitas de producción de drogas sobre los suelos y fuentes de agua de las áreas selváticas del país, no ha sido todavía cuantificado, pero es evidentemente preocupante.

Plaguicidas

Los agroquímicos son un problema generalizado en la cuenca del Magdalena-Cauca y según Inderena (citado por Colciencias 1989), se vertían 3,6 millones de gal.año⁻¹ de plaguicidas líquidos y 15.750 t/año⁻¹ de formulaciones sólidas. La zona bananera del Magdalena en 1990, aportaba 198.000 gal/año⁻¹ y 340 t/año⁻¹ de plaguicidas al delta (Ministerio de Medio Ambiente -MMA 1996 a, b, c). El algodón, el arroz, la papa, las flores, y el sorgo, utilizan el 85% de los insecticidas aplicados. El arroz, los pastos, el algodón y la caña de azúcar el 78% de los herbicidas, y la papa, el arroz, el banano, las flores y las hortalizas el 87% de los fungicidas, que por escorrentía pasan a los cuerpos de agua (ICA 1990, MAVDT 1996b, Escobar 2004) (Figura 5).

El uso de plaguicidas es parte integral del proceso de producción de cultivos como el banano, palma africana, pastos, arroz, al-



D. Morales-B.



Figura 5. En la baja Guajira se realizan fumigaciones con avioneta sobre plantaciones junto al río, la cercanía al cuerpo de agua junto con la brisa aumentan la entrada directa de plaguicidas al cuerpo de agua. Foto: D. Morales-B.

godón, caña de azúcar, flores, papa, coca y amapola, los cuales han afectado principalmente las cuencas de los ríos Magdalena y Cauca, así como las ciénagas de Zapatoza y Grande de Santa Marta; la cuenca alta y media del río Meta, las cuencas de los ríos Saldaña y Coello; la cuenca baja y media del río Cesar; humedales del altiplano cundiboyacense y cuerpos de agua del Amazonas (Benavides 2006 citado en Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -MADS 2012). Así por ejemplo, en 1990 la importación de herbicidas, insecticidas y fungicidas en el país sumó US\$ 33,6 millones, mientras que para 1999 fue de US\$ 80 millones, es decir, ha aumentado en un 237% (Vélez 2002). A 2013, las estadísticas permiten afirmar

que somos uno de los países que más utilizan pesticidas con aplicación de 15,3 kilogramos de químicos por hectárea cultivada, y comparativamente Perú lo hace con 2,4 kg por ha, México con 4,5 y Chile con 10,7.

Sedimentación

La transformación por deforestación del bosque de galería ha contribuido a la desestabilización y erosión de suelos en todas las cuencas. En la cuenca del Magdalena-Cauca la transformación ha generado cambios en la hidrodinámica del río (Galvis-Galindo *et al.* 2011, Gutiérrez *et al.* 2011). En 2006 se estableció que el 42% de los bosques habían sido talados en las tres décadas anteriores, es decir a una tasa del 1,9% anual siendo



D. Morales-B.

INTEGRIDAD BIÓTICA

superior a las del promedio en Latinoamérica y el mundo (Ideam 2010b).

El río Magdalena, a la altura de Calamar, transporte 133 millones t.año⁻¹ de sedimento, estimándose para la cuenca una tasa de erosión de 330 t.ha.año⁻¹. El bajo Magdalena, presenta una deforestación del 75% (180.000 km), en Bocas de Ceniza, realiza un aporte de 250 millones t.año⁻¹ (Corporación Autónoma Regional del Magdalena -Corpamag 1995). Así mismo, se ha calculado que las remociones en masa equivalen a 1.812 millones de t.año⁻¹ de suelo, lo cual afecta la navegabilidad en algunos tramos del río y contribuye a la degradación de ecosistemas naturales de importancia biológica, como las ciénagas, áreas de manglar y arrecifes coralinos (Corpamag 1995, Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena -Cormagdalena 2000, MAVDT 2010).

A su vez, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo -PNUD a través de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental -IOC y la Subcomisión Regional para el Caribe y Regiones Adyacentes -IOCARIBE (1994), sobre la base del área de drenaje de la cuenca del río Magdalena-Cauca y una tasa de erosión de la cuenca de 200 t/km²/año, calcula que esta le aporta al Caribe en sedimentos 235 x 10⁶ t.año⁻¹, en sólidos suspendidos totales (SST) 3,2 x 10⁸ t.año⁻¹, en nitrógeno total 3,4 x 10⁸ t.año⁻¹, en fósforo total 6,9 x 10⁴ t.año⁻¹, que generan una demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) de 2,8 x 10⁵ t.año⁻¹.

Se estableció que en 1996 alrededor del 68% de la cuenca Magdalena-Cauca estaba experimentando tasas altas de erosión desde la década de 1990, lo que ha generado a su vez el incremento en el transporte de sedimentos y en consecuencia el ascen-

so en los valores netos de erosión que han sido altos y continuos en ríos como el Páez y el Yaguará en el alto Magdalena; Carare, Opón y Sogamoso en el Magdalena medio y el río Cauca (Universidad EAFIT 2006).

Aguas residuales

El Ideam (2010) estimó la carga orgánica vertida a los sistemas hídricos en 729.300 t.año⁻¹, es decir, 2026 t. por día, de las cuales el 65% correspondía al sector doméstico y 29% al sector industrial. El 73% de la carga de DBO la aportan 56 municipios que se concentran en ríos receptores de nueve áreas metropolitanas del país y entre Bogotá, Medellín, Cartagena, Cali, Barranquilla y Miranda (Cauca), aportan el 36% del total; le siguen Palmira, Bucara-



Figura 6. Canal desagüe aguas negras de una empresa pecuaria., Fotos: C. A. Lasso.

manga, El Cerrito (Valle), Manizales, Itagüí, Cúcuta, Villavicencio, Bello e Ibagué.

En la cuenca del Pacífico, toda la región presenta alto grado de contaminación causado principalmente por desechos domésticos, industriales, oleosos, agroquímicos, descargas de los ríos y basuras (Figura 6). Los vertimientos domésticos no están sujetos a tratamiento y son vertidos directamente en las aguas costeras o a través de los ríos. Las zonas más afectadas resultan ser las adyacentes a las ciudades o centros urbanos más poblados y con mayor nivel de desarrollo como lo son Buenaventura y Tumaco (Garay 2001).

En el Amazonas, el Instituto Sinchi (2007), reporta dos casos de estudio sobre aguas residuales procedentes de poblados. El primero corresponde a la Quebrada San Antonio. Esta quebrada está ubicada en la frontera entre Colombia y Brasil. La valoración realizada entre los años 1992 y 1998 mostró un caudal muy bajo, que recibió aportes de aguas residuales domésticas y del matadero municipal, sin ningún tipo de tratamiento. Es importante mencionar que la mayoría de los canales acuáticos de la ciudad de Leticia están en las mismas condiciones de deterioro ya que la ciudad los utiliza como diluyentes de aguas residuales además de basureros.

La segunda es la cuenca hídrica del río Hacha afluente del río Orteguaza, el cual es el principal abastecimiento de la ciudad de Florencia es el río Hacha. El río Hacha recibe dos tributarios, las quebradas La Perdiz y El Dedo. La primera recibe una parte de las aguas del alcantarillado de la ciudad, mientras que El Dedo recibe aguas residuales de la ciudadela Siglo XXI, por lo que presentan un grado alto de alteración por contaminación de tipo orgánico.

Contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica forma parte de la falsa percepción, de que no tiene efectos significativos directos sobre la biodiversidad, sumado a que no se han realizado evaluaciones específicas al respecto. Esta contaminación se produce principalmente en las áreas metropolitanas industrializadas, localizadas en los corredores industriales. Se estima que en Colombia se vierten a la atmósfera algo más de 4 millones de t.año⁻¹ de contaminantes atmosféricos, de los cuales el 60% provienen de fuentes móviles (2.477.400 t.año⁻¹) y un 39,7% restante, de fuentes fijas (1.634.233 t.año⁻¹) (Chávez y Santamaría 2006). Por otra parte, el consumo del país de sustancias agotadoras de la capa de ozono (CFCs, HCFCs, Halones, Tetracloruro de carbono, Metil cloroformo y Bromuro de metilo), muestran un aumento considerable, pasando de 998 t.año⁻¹ en 1999 a 2788,92 t.año⁻¹ en 2009 (MAVDT 2010).

Índice de calidad de agua

El Índice de Calidad del Agua Marina para la Preservación de Flora y Fauna (ICAMPFF), es el conjunto de características físicas, químicas y microbiológicas de las áreas donde se protege el hábitat de una especie o una comunidad de flora o fauna, así como las formaciones naturales de interés científico y paisajístico. Este ha mostrado un descenso desde el 2001 hacia el 2008, con un claro patrón estacional donde predominan los valores bajos en época lluviosa especialmente en aguas estuarias influenciadas por una variación alta de los datos en esa temporada (Invemar 2009).

En el 2001, el ICAMPFF mostró que el 26,7% de las 285 estaciones monitoreadas (51 estaciones), estuvieron dentro de la calificación mala o inadecuada, indicando



D. Morales-B.

INTEGRIDAD BIÓTICA

riesgo de contaminación del agua, principalmente la del tipo estuarina. A pesar de que la tendencia general del ICAMPPF muestra recuperación ambiental, existen sitios que durante el monitoreo de la Red de Vigilancia de la Calidad Ambiental Marina –REDCAM en los años 2001-2008, han permanecido con condiciones inadecuadas (Invemar 2009). Las variables que mayor influencia tienen para disminuir el estado de la calidad mostrada por los índices, son producto de la escasa disponibilidad de oxígeno disuelto y los elevados niveles de sólidos suspendidos totales, coliformes, hidrocarburos y ortofosfatos, que son las variables que afectan la mayor parte de los departamentos (MAVDT 2009).

Bibliografía

- Agudelo, E., C. L. Sánchez-Páez, C. A. Rodríguez-Fernández, C. A. Bonilla-Castillo y G. A. Gómez-Huertado. 2011. Diagnóstico de la pesquería en la cuenca del Amazonas. Pp. 143 – 166. *En*: Lasso, C. A., F. de P. Gutiérrez, M. A. Morales-Betancourt, E. Agudelo-Córdoba, H. Ramírez-Gil, y R. E. Ajiaco (Eds). II Pesquerías continentales de Colombia: cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertiente del Pacífico.
- Avellaneda-Cusarúa, A. 2004. Petróleo, ambiente y conflicto en Colombia. Pp.456-501. *En*: Cardenas, M. y M. Rodríguez Becerra. Guerra, sociedad y ambiente. Foro Nacional Ambiental, Bogotá.
- Bernal, J. 2000. Naturaleza muerta: recursos naturales, las otras víctimas del conflicto armado. On-line: <http://www.biodiversityreporting.org/article.sub?docId=115&c=Colombia&Ref=Colombia&year=2000&date=September%202000>.
- Capó-Martí, M. 2002. Principios de ecotoxicología: diagnóstico, tratamiento y gestión del medio ambiente. McGraw-Hill profesional, España. 314 pp.
- Cháves, M. E. y M. Santamaría (Eds.). 2006. Informe sobre el avance en el conocimiento y la información de la biodiversidad 1998 – 2004. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá. D.C. Colombia. 2 tomos. 856 pp.
- Colciencias. 1989. Perfil ambiental de Colombia. Bogotá, D.C. 348 pp.
- Contraloría General de la República. 2010. Estado de los recursos naturales y del ambiente. Edit. Imprenta Nacional. Bogotá, D. C. 420 pp.
- Contraloría General de la República. 2012. Informe del Estado de los recursos naturales y del ambiente. 2011-2012. Edit. Imprenta Nacional. Bogotá, D. C. 512 pp.
- Corporación Autónoma Regional del Magdalena - Cormagdalena. 2000. Plan de manejo de los recursos ictiológicos y pesqueros en el río Magdalena y sus zonas de amortiguación. Ajuste del documento recursos hidrológicos, ictiológicos y pesqueros en la cuenca Magdalena-Cauca. Diagnóstico (caracterización) y estrategias de política para la formulación del POMIM. Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena. Bogotá, D. C. 49 pp.
- Corpamag. 1995. Plan de acción 1995 - 1997. Documento borrador. Corporación Autónoma Regional del Magdalena. Santa Marta. 60 pp.
- Duque S. R., J. E. Ruiz, J. Gómez y E. Roessler. 1997. Limnología. pp: 69-134. *En*: IGAC (ed.). Zonificación ambiental para el plan colombo-brasileño (eje Apaporis – Tabatinga: PAT). Editorial Linotipia, Santafé de Bogotá, Colombia.
- Escobar, J. 2004. Síndromes de sostenibilidad ambiental del desarrollo en Colombia. PNUD/CEPAL. Santiago, Chile. 77 pp.
- Figueroa R., V. H. Ruíz, F. Encina-Montoya y A. Palma. 2005. Simplificación en el uso de macroinvertebrados en la evaluación de la calidad de las aguas en sistemas fluviales. *Interciencia* 30 (12): 770-774.
- Galvis-Galindo, I., L. F. Jiménez-segura, G. González-Cañon, S. Nieto-Torres, S. López-Casas, M. Valderrama-Barco y R. Álvarez. 2011. *Ichthyoelephas longirostris*. Pp. 301-304. *En*: 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, S. E. Muñoz Torres y A. I. Sanabria Ochoa (Eds.). I. Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia.
- Galiano-Sedano, F. 1976. Investigación sobre el contenido de mercurio en aguas de ríos colombianos. Proyecto IIT /Colgate Palmolive/Colciencias. Bogotá D. C. Informe Técnico. 25 pp.
- Garay, J. A. 2001. Fuentes de contaminación de origen terrestre y marítimo que afectan las zonas marino – costeras del Caribe y Pacífico colombiano. Vías de entrada a los sistemas y su impacto. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de vigilancia para la conservación y protección de la calidad de las aguas marinas y costeras. Invemar. p:39-74. *En*: Invemar. 2004. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: Año 2003.
- Gómez Q. C. R. E. Martínez y E. Podlesky. 1995. III. Contenido de mercurio en varias especies de peces del río Magdalena y en harinas comerciales de pescado. *Biomédica* 15 (3) 149-151.
- Gutiérrez, F. 1994. Estudio pesquero de la zona baja del río Sogamoso y la ciénaga El Llanito. Estudios ambientales complementarios de la factibilidad del proyecto hidroeléctrico del río Sogamoso. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 111 pp.
- Gutiérrez, F. de P. 2011. Diagnóstico de la pesquería en las cuencas del Sinú y San Jorge. Pp. 75 – 100. *En*: Lasso, C. A., F. de P. Gutiérrez, M. A. Morales-Betancourt, E. Agudelo-Córdoba, H. Ramírez-Gil, y R. E. Ajiaco (Eds). II Pesquerías continentales de Colombia: cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertiente del Pacífico.
- Gutiérrez, F. de P., A. Ortega-Lara, G. C. Sánchez-Garcés y C. Barreto Reyes. 2011a. Diagnóstico de la pesquería en la cuenca Magdalena-Cauca. Pp. 35 – 73. *En*: Lasso, C. A., F. de P. Gutiérrez, M. A. Morales-Betancourt, E. Agudelo-Córdoba, H. Ramírez-Gil, y R. E. Ajiaco (Eds). II Pesquerías continentales de Colombia: cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertiente del Pacífico.
- Gutiérrez, F. de P., T. S. Rivas-Lara y C. Rincón-López. 2011b. Diagnóstico de la pesquería en la cuenca del Atrato. Pp. 103 – 118. *En*: Lasso, C. A., F. de P. Gutiérrez, M. A. Morales-Betancourt, E. Agudelo-Córdoba, H. Ramírez-Gil, y R. E. Ajiaco (Eds). II Pesquerías continentales de Colombia: cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertiente del Pacífico.
- Gutiérrez, F. de P., A. Ortega-Lara, G. Sánchez-Garcés y C. Barreto-Reyes. 2011c. 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. E. Ajiaco (Eds). II Pesquerías continentales de Colombia: cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertiente del Pacífico.
- Ideam. 2004. Calidad del recurso hídrico de Bogotá. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. D.C. Bogotá D.C. 92 pp.
- Ideam. 2010. Estado Nacional del Agua. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C., Colombia. 253 pp.
- Ideam. 2010. Resumen Ejecutivo de la Memoria Técnica de la Cuantificación de la Deforestación histórica para Colombia, Bogotá. 17p.
- Instituto Sinchi. 2007. Balance anual sobre el estado de los ecosistemas y el ambiente de la Amazonia colombiana 2006 / Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas-Sinchi. Bogotá, D. C. 249 pp.
- Invemar. 2009. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: Año 2008. Instituto de Investigaciones marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés”. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta. 244 pp.
- Karr, J. R., K. D. Fausch, P. L. Angermeier, P. R. Yant y I. J. Schlosser. 1986. Assessing



D. Morales-B.

- biological integrity in running waters: a method and its rationale. Illinois Natural History Survey, Champaign, Illinois. 28 pp.
- Karr, J. R. 1991 Biological Integrity: A Long-Neglected Aspect of Water Resource Management. *Ecological Applications* 1(1): 66-84.
 - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial -MAVDT. 2010. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá, D.C., Colombia. Ministerio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia. 124 pp.
 - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS. 2012. Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE). Bogotá, D. C. 134 pp.
 - Organización Panamericana de la Salud – OPS y Organización Mundial de la Salud – OMS. 1978. Criterios de salud ambiental No. 1. Mercurio. Organización Panamericana de la Salud Publicación, Organización Mundial de la Salud. Científica 362. Washington D. C. 35 pp.
 - Pickett S. y M. Cadenasso. 2002. The ecosystem as a multidimensional concept: meaning, model, and metaphor. *Ecosystems* 5: 1–10 DOI: 10.1007/s10021-001-0051.
 - PNUD/IOCARIBE.1994. Perspectiva regional sobre fuentes terrestres de contaminación marina en la región del Gran Caribe. UNEP. (OCA) CAR/WG.14/4. San Juan de Puerto Rico. 58 pp.
 - PNUMA/PAM/ORPALC. 2001. Las aguas residuales municipales como fuentes terrestres de contaminación de la zona marino-costera en la región de América Latina y el Caribe. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Programa de Acción Mundial para la Protección del Medio marino frente a las Actividades Realizadas en Tierra (PAM) y Oficina Regional para América Latina y el Caribe (ORPALC). México. 30 pp.
 - Pulido, A. 1985. Estudio de algunos parámetros ambientales de la explotación aurífera de Mineros de Antioquia en la cuenca del río Nechí: impacto ambiental preliminar. Universidad de Antioquia. Medellín. 35 pp.
 - Rockström, J., W. Steffen, K. Noone, Å. Persson, F. S. Chapin, E. F. Lambin, T. M. Lenton, M. Scheffer, C. Folke, H. J. Schellnhuber, B. Nykvist, C. A. de Wit, T. Hughes, S. van der Leeuw, H. Rodhe, S. Sörlin, P. K. Snyder, R. Costanza, U. Svedin, M. Falkenmark, L. Karlberg, R. W. Corell, V. J. Fabry, J. Hansen, B. Walker, D. Liverman, K. Richardson, P. Crutzen y J. A. Foley. 2009. A safe operating space for humanity. *Nature* 461: 472-475. DOI:10.1038/461472a.
 - Rodríguez-Olarte, D., A. Ahyran, J. Coronel y D. C. Taphorn. 2006. Integrity of fluvial fish communities is subject to environmental gradients in mountain streams, Sierra de Aroa, north Caribbean coast, Venezuela. *Neotropical Ichthyology* 4 (3): 319-328.
 - Rodríguez-Olarte, D. y D. C. Taphorn. 1995. Los peces como indicadores biológicos: aplicación del índice de integridad biótica en ambientes acuáticos de los llanos occidentales de Venezuela. *Biollania* 11: 27-56.
 - Rueda, G. 2007. Evaluación limnológica rápida en el río Inírida: base para zonificación minera de 50.000 hectáreas en el Municipio de Inírida. Informe final. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas-SINCHI. 48 pp.
 - Secretaría de la Convención Ramsar. 2005. Lineamientos para el manejo de las aguas subterráneas a fin de mantener las características ecológicas de los humedales COP9 Resolución IX.1. Anexo Cii. 42 pp.
 - Silva, J.D., H.G. Sarmiento, J.A. Castañeda, M.H. Murillo, G. Vanegas, L. Atencia, M. Viñas, A. Lara, R. Lara, M. Campo, y I. García. 2010. Plan de Manejo Integral de Humedales de la Subregión Depresión Momposina, parte baja de los ríos Cauca, Magdalena y San Jorge y Cuenca del río Sinú. CSB, CORANTIOQUIA, CORPAMAG, CVS, CORPOMOJANA y MAVDT. Magangué, Bolívar. 567 pp.
 - Trujillo, F., C. A. Lasso, M. C. Diazgranados, O. Farina, L. E. Pérez, A. Barbarino, González M. y J. S. Usma. 2010. Evaluación de la contaminación por mercurio en peces de interés comercial y de la concentración de organoclorados y organofosforados en el agua y sedimentos de la Orinoquia. Pp 338-355. En: Lasso, C.A., J.S. Usma, F. Trujillo y A. Rial (Eds). 2010. Biodiversidad de la cuenca del Orinoco, bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Instituto de Investigación Alexander von Humboldt, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle e Instituto de Estudios de la Orinoquia. Bogotá, Colombia.
 - Universidad de Antioquia. 1988. Estudio del impacto ambiental por minería en el bajo Cauca y nordeste antioqueño. Universidad de Antioquia. Centro de Investigaciones. Medellín 4: 29-39.
 - Universidad EAFIT. 2006. Los sedimentos del río Magdalena: Reflejo de la crisis ambiental. Escuela de Administración, Finanzas y Tecnología. Medellín. 265 pp.
 - Vélez, G. 2002. Los alimentos transgénicos en Colombia. Riesgos e impactos en la agricultura y la salud humana”. *Semillas* (16-17): 2-9.



Laguna altoandina, páramo Tauso, Nariño. Foto: M. Cabrera



Monocultivos en el Casanare. Foto: F. Trujillo.

F. Trujillo



7. AMENAZAS Y VULNERABILIDAD

Diana Morales-B. y Carlos A. Lasso

A escala del paisaje, se ha observado que las especies responden de manera distinta a la pérdida de la cobertura. Así, mientras las aves se ven afectadas principalmente por la pérdida de humedales, las tortugas de agua dulce, presentan un efecto más drástico tras la pérdida de cobertura vegetal que rodea el humedal (Quesnell *et al.* 2013). La conectividad biótica entre humedales sobrepasa en muchos casos la conexión hidrológica (Amezaga *et al.* 2002) y la aproximación tradicional de conservar solo algunos humedales grandes (Sundar y Kittur, 2013), no necesariamente asegura la conservación de especies, ya que contrario a lo que se creía, algunas especies solo se encuentran en humedales pequeños (Snodgrass *et al.* 2000), lo que hace necesario un enfoque de conservación de mosaico de humedales en el paisaje (Gibbs 2000).

Las amenazas a los humedales se relacionan con las alteraciones que perturban o afectan las dinámicas y procesos naturales en su interior y alrededores, lo que repercute en la capacidad de adaptación del sistema y que hace que sea cada vez más vulnerable frente a una transformación

definitiva. En muchos casos las amenazas tienen dimensiones que sobrepasan en una sola acción el umbral de cambio. Esto ocurre cuando se convierten en la causa directa que destruye por completo un ecosistema, pero en otros casos estas amenazas actúan generando sinergias, hasta que logran en muchas ocasiones traspasar el punto de quiebre (MADT 2012) o lo que se denomina hoy día el umbral de resiliencia.

El desarrollo sostenible que promueve la Constitución de Colombia (1991) y que es transversal en las diferentes políticas y planes nacionales, brinda una base jurídica que permite promover la Adaptación basada en Ecosistemas (AbE). Aunque este enfoque busca reducir la vulnerabilidad de las personas debido a los efectos de cambio climático, sus estrategias se dirigen a conservar, restaurar y gestionar de manera sostenible los ecosistemas (GIZ 2012), con el fin de mantener el buen funcionamiento de las mismos, por lo que aporta a la conservación de las estructuras y funciones de los ecosistemas de humedal y su biodiversidad.

La diversidad biótica es un factor fundamental para el mantenimiento tanto de la

AMENAZAS Y VULNERABILIDAD

estructura como de las funciones en estos ecosistemas. La pérdida de la diversidad está relacionada con las causas de la alteración de hábitat, entre las que se encuentran la deforestación (Figura 1), cambio en la cobertura vegetal, la fragmentación por construcción de represas, diques o embalses, la alteración de caudales (Figura 2), la contaminación, la desecación de los humedales (Figura 3), la introducción de especies, la disminución de la variabilidad genética, el incremento en la densidad poblacional humana (Mojica *et al.* 2012, Bermúdez-Romero *et al.* 2010, Trujillo *et al.* 2013, Garzón y Gutiérrez, 2013) y la cacería o el aprovechamiento insostenible que supera la tasa de reproducción de las especies (Rodríguez-Maecha *et al.* 2006 Morales-Betancourt *et al.* 2012, Morales-Betancourt y Lasso 2013).

Estas causas se denominan en la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos- PNGIBSE, motores de transformación y pérdida de la diversidad. Desde esta perspectiva, la interacción con otros motores como el cambio climático y las perturbaciones naturales (p. e. movimientos telúricos y erupciones volcánicas), disminuyen la resiliencia del sistema y aumentan su vulnerabilidad, afectando el bienestar y supervivencia de las personas (MADS 2012), lo que justifica la necesidad de un enfoque de Adaptación basado en Ecosistemas (AbE) (GIZ 2012).

A continuación se expone de manera sucinta las causas más importantes de la pérdida de biodiversidad y su relación con los humedales.



Figura 1. Deforestación y quemas para la agricultura (Córdoba). Foto: D. Morales-B.

7.1 Deforestación y cambio en la cobertura vegetal

La deforestación incrementa la velocidad de la escorrentía y la carga de sedimentos, afecta la calidad y cantidad de agua y disminuye la oferta de hábitat y recursos para las especies. El MAVDT y el Ideam (2013) determinaron que la tasa deforestación promedio anual del país en el periodo 1990-2010 fue de 310.349 hectáreas, para un total de 6'206.000 hectáreas (5,4% de la superficie del país), siendo las áreas del piedemonte amazónico y los Andes, las más afectadas (Figura 1).

En los últimos años, entre 2005 y 2010, el 56% de ese territorio deforestado se convirtió en pastos y el 10% se utilizó en agricultura. A esta deforestación se suma que el 58% de la extracción de madera del

país se hace de acuerdo a las normas y 39% de las áreas de cultivos ilícitos corresponden a áreas de deforestación (Figura 2). En 2012 se identificaron nuevas áreas de deforestación en la región del Pacífico en los departamentos del Valle, Nariño y Antioquia y se mantuvieron los procesos en el norte de la Amazonia y el piedemonte Amazonas-Orinoco (MADS e Ideam 2013¹).

El proceso histórico de pérdida de cobertura vegetal ha sido drástico. Entre 1930-

1 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS e Ideam. 2013. Deforestación. Noticias: Bogotá, 22 de marzo de 2013. Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=1356&conID=8778>



Figura 2. Laguna de Fúquene (Boyacá), la reducción de su espejo de agua ha sido consecuencia de procesos de desecación y el uso agrícola intensivo a su alrededor. Ha perdido su conectividad con las lagunas de Cucunuba y Palacio. Foto: D. Morales-B.

AMENAZAS Y VULNERABILIDAD



F. Trujillo

1980 la deforestación acabó con más del 40% de los bosques del piedemonte. De continuar con ese ritmo, las proyecciones indican en cuarenta años su desaparición. Caso similar ocurrió con el bosque de vega, entre 1964-1991 en donde se reemplazó 44.110 ha por cultivos. Estas áreas de deforestación por extensión de la frontera agrícola se ubican en el área Villavicencio-Yopal y Villavicencio-Puerto Gaitán. Entre 2008 y 2009, la deforestación por cultivos ilícitos llevada a cabo en el área Meta-Guaviare, aumentó (contrario al resto del país), en aproximadamente 230 ha afectando principalmente los parques nacionales naturales Nukak y Sierra de La Macarena (Ramírez-Gil y Ajiaco-Martínez 2011).

Los efectos de la deforestación repercuten de diferentes formas en los ecosistemas de agua dulce, básicamente en el aumento de erosión, sedimentación y alteración en el caudal, así como en distintos procesos ecológicos. Por ejemplo, en el Pacífico, la explotación del arracacho (*Montrichardia arborensdens*) afectó al bocachico (*Prochilodus magdalenae*) ya que esta planta acuática le sirve de hábitat (Gutiérrez *et al.* 2011).

7.2 Alteración del caudal

Colombia produce la mayor parte de su energía eléctrica (68%) mediante centrales hidroeléctricas y microcentrales, que generan poca contaminación y posicionan al país en el puesto número cinco en Competitividad Mundial de Energía según el Instituto Choiseul (2012). Sólo durante el 2012 se presentaron 27 proyectos hidroeléctricos nuevos a las autoridades ambientales. Adicionalmente el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE), promueve la construcción y activación de microcentrales hidroeléctricas, con el fin de ofrecer alternativas a la

dependencia de los combustibles fósiles en estas áreas. El Instituto tiene proyectos en los municipios de Nuquí (Chocó), Ciénaga (Magdalena) y Nueva Granada (Magdalena), y se ha identificado a otros municipios de la Zona No Interconectada con potencial son Caquetá, Cauca, Vaupés y Chocó; los cuales son financiados por el Programa de Energía Limpia para Colombia de USAid La información sobre el Programa de Energía Limpia para Colombia puede consultarse en el sitio web del programa <http://www.ccep.co>.

Sin embargo, pese a los beneficios ambientales que presenta esta fuente de energía, la creación de represas con este fin genera al mismo tiempo una alteración significativa en los pulsos ecológicos a los que las especies están habituadas, modifican las condiciones físico-químicas de las aguas (temperatura, sedimentos, nutrientes, etc.) e impiden las migraciones necesarias para la reproducción de varias especies de peces, muchas de ellas de importancia para el autoconsumo o comercialización (pesca de artesanal o comercial).

Tal fue el caso en la cuenca del Sinú y la construcción de Urrá I en Córdoba, donde la represa dividió el sistema en dos, dejando la parte alta y los tributarios principales aislados del valle y las ciénagas, restringiendo así la distribución de las especies. La modificación del caudal además reduce la sedimentación, afecta la salinidad y conductividad de las ciénagas, dejándolos en niveles inferiores a los históricos incluso sobre los registrados en aguas bajas (Invemar 2004 citado en Gutiérrez 2011).

La alteración del caudal también se genera por el aumento significativo del uso del agua por diferentes actividades, que pue-

den ir desde el consumo doméstico hasta el industrial o agropecuario. En el Orinoco la transformación de los ecosistemas por el uso para cultivos conllevan un cambio de cobertura y de drenaje del suelo, pero también a una mayor presión sobre el agua. En 2008 en Meta y Casanare el cultivo de palma cubría 121.727 ha, estimando que una hectárea de palma africana requiere en agua 52.052 l/día, se debieron utilizar 2,3 billones de litros. A esto habría que sumarle los 3.000 l que requiere la producción de 1kg de arroz y 16.000 l para 1 kg de carne, otras de las actividades presentes en la zona. Para el 2009 en el departamento del Meta se destinaron más de 4 millones de hectáreas al uso agropecuario (Ramírez-Gil y Ajiaco-Martínez 2011) mientras que en otras zonas del país se modifican los ríos para evitar desbordamiento (Figura 3).

7.3 Contaminación

En el capítulo anterior se abordaron los problemas de la contaminación, entre ellos la minería de oro y la contaminación por mercurio. Ha esto hay que sumarle los agroquímicos, desechos industriales y los vertimientos de las aguas sin tratar de los centros poblados.

Ampliando brevemente el tema del mercurio, Trujillo *et al.* (2010) determinaron en cuatro fuentes hídricas del Orinoco, contaminación por mercurio de hasta 1,30µg/g en el tejido muscular de peces provenientes cuatro ríos del área del Orinoco, sobrepasando los valores de riesgo para la salud humana determinados por la Organización Mundial de la Salud (mayores a 0,50µg/g) y por ende también a las especies silvestres. La incorporación de mercurio a los ríos por la minería artesanal de oro lleva más de cuatro siglos, utiliza el proceso de amalgamación con mercurio metálico (Hg⁰) para su extracción,

dejando un 45% del mercurio en los cuerpos de agua, donde se transforma en metil mercurio (MeHg) por biodegradación, el cual es aún más tóxico; el 55% restante se incorpora en el aire como etil mercurio (C₂H₅Hg⁺) el cual puede precipitarse con la lluvia manteniéndose latente hasta por 24 meses. El metil mercurio representa gran problema para la vida silvestre, ya que se bioacumula, ingresa a la cadena trófica por los detritívoros, llegando hasta carnívoros como peces y mamíferos acuáticos. Debido a las migraciones que presentan estos organismos el impacto de la minería de oro se extiende cientos de kilómetros, más aún cuando se establece una comercialización de peces en otras ciudades, se trasloca el mercurio a otras áreas geográficas.

De acuerdo a la OMS², el metil mercurio afecta el desarrollo del feto en madres que consumen frecuentemente pescados o mariscos contaminados, genera daños a nivel cerebral y el sistema nervioso teniendo consecuencias negativas sobre el desarrollo del pensamiento, la memoria, la capacidad de concentración, las aptitudes motoras y visuales. Asimismo las personas adultas que de manera frecuente ingieran alimentos contaminados presentarán un efecto de bioacumulación y con ello la generación de efectos sobre su salud.

7.4 Deseccación

La deseccación en si misma o las actividades que condujeron a la deseccación de los cuerpos de agua en Colombia data de varios siglos atrás, como se ha documentado para el caso de sistema lagunar de Fúquene, Cucunuba y Palacios (Franco y Andra-

2 Nota descriptiva No. 361 de la OMS, septiembre 2013 disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs361/es/>



Figura 3. Alteración del cauce para evitar desborde natural (Útica, Cundinamarca). Foto: D. Morales-B.

de 2007) (Figura 1). Otros procesos son más recientes, como el de las ciénagas del Atrato: Panezo, Chicaravia, La Redonda, Bellavista, y en estado avanzado Vernal, ya con un 80% de plantas acuáticas enraizadas cubriéndola y Tebada con un 90% de arracachales (*Montrichardia arborens*) (Gutiérrez *et al.* 2011).

Adicionalmente, la fragmentación a través de diques y represas que evitan el desborde natural, cortando la conectividad lateral, también aportan de manera indirecta a la desecación de varios humedales. Este es el caso del embalse de Salvajina que regula el río Cauca (CVC 2009); los jarillones establecidos a lo largo del río Bogotá que evitan el desborde natural (Díaz-Espinosa *et al.* 2012) y el proyecto de navegabilidad del río

Magdalena que incluye obras de encauzamiento y dragado en 256 km con un valor que asciende a 2.17 billones de pesos, mediante el documento CONPES 3758 firmado en el 2013, por citar algunos ejemplos.

7.5 Especies introducidas, trasplantadas e invasoras en los humedales

Francisco de Paula Gutiérrez

A escala global según el *Millennium Ecosystem Assessment* (Hassan *et al.* 2005), los humedales enfrentan además de la degradación físico-biótica, la alteración de su conectividad hidráulica, una baja en la productividad y la introducción de especies a nivel de todas las taxas: microor-

ganismos, plantas terrestres y acuáticas, invertebrados, anfibios, reptiles, peces, aves y mamíferos (Lachner *et al.* 1970, Feinstein 2004, Simberloff *et al.* 2013). Tales acciones pueden dar como resultado invasiones biológicas con impactos *a priori* casi que impredecibles, lo que ha traído consigo que esta suma de acciones tenga como consecuencia la pérdida de 15 de las 24 funciones ecosistémicas que le son naturales a los humedales. Por tal razón es oportuno preguntarse: ¿sigue siendo válida la reiterada costumbre de introducir, trasplantar, reintroducir y hacer repoblamiento en aguas naturales y artificiales, bien con especies exóticas o nativas trasplantadas e híbridos? También en el futuro inmediato, será necesario evaluar el riesgo de incorporar voluntaria o involuntariamente en los ecosistemas naturales, organismos vivos modificados -OVM-. Es por ello que a continuación se desarrollan argumentos para responder a la pregunta citada y se exponen las razones por las cuales las especies introducidas, trasplantadas e invasoras son o no de utilidad para la identificación, caracterización y establecimiento de límites en humedales.

Las evaluaciones sobre las especies introducidas, luego convertidas en invasoras, incluida la del MEA (Hassan *et al.* 2005), ponen de manifiesto que ocurren repercusiones en todos los ecosistemas, y que las invasiones biológicas –también denominada: “contaminación biológica”–, constituyen un problema que se agrava como consecuencia de las crecientes actividades comerciales, afectando negativamente a la biodiversidad, pues compiten con otros organismos y generan ensamblajes que potencialmente las favorecen. De hecho, las especies invasoras en su mayoría son territorialistas o tienen efecto fundador, son agresivas, alteran la estructura de las

comunidades y al volverse abundantes, modifican la estructura de los hábitats. Otras especies son tóxicas, y constituyen reservorio de parásitos o vectores de patógenos, producen hibridación con especies o variedades afines y depredan organismos autóctonos, alterando la red trófica local.

Por ejemplo, las plantas invasoras alteran la disponibilidad de nutrientes, trastornan los servicios de polinización, provocan extinción de especies autóctonas, se convierten en ingenieros de ecosistemas al alterar los flujos de energía y nutrientes, así como los factores físicos en hábitats y ecosistemas. Respecto a las comunidades bentónicas, estas pueden ser afectadas de dos maneras: son depredadas y pierden sitios de anidación una vez que las especies exóticas acaban con las macrófitas, sin contar los efectos de la eutrofización sobre el resto de la comunidad. Pueden causar congestión en las vías navegables, daños a los bosques, cosechas e infraestructuras (edificios, puertos, canales navegables), así como en zonas urbanas.

Frente a todas estas consecuencias los costos de prevenir, controlar y/o erradicar las especies invasoras, así como los daños ambientales y económicos, son muy importantes. Pero los costos inherentes al control o manejo, aunque inferiores a los costos que supone que la especie invasora continúe provocando daños, son a menudo elevados y en la mayoría de los eventos no asumidos. Esos costos podrían evitarse o minimizarse mediante decisiones que conlleven a prevenir y detener la introducción de esas especies en una fase temprana.

Para tener una imagen de lo que significa las introducciones a escala global, Pimentel *et al.* (2004), estimaron que anual-



F. Trujillo

AMENAZAS Y VULNERABILIDAD

mente se invierten US\$ 420.000 millones de dólares en su control. Son la segunda causa de pérdida de la biodiversidad, y se han convertido en un problema serio que crece cada vez más porque no todos los países poseen los recursos necesarios para direccionarlos en este sentido; siendo la única solución convivir con la situación generada (Harrison y Stiassny 1999, Hopkins 2001, Simberloff *et al.* 2013).

Así, la introducción de especies ha estado asociada en un 54% con la extinción de la fauna acuática nativa mundial (Harrison y Stiassny 1999) y en un 70% para el caso de los peces de Norteamérica (Lassuy 2002), en un 60% para el caso de México y algunos países africanos. Como ejemplos citables, están lo ocurrido en el lago Tanganika, compartido por cuatro países (Burundi, República Democrática del Congo, Zambia, y Tanzania), en donde se extinguieron 200 especies ícticas endémicas; en el lago Malawi (Mozambique, Malawi y Tanzania) 300 especies y en el lago Victoria (Uganda, Tanzania y Kenia), 220 especies (Contreras-Balderas 1999, Contreras-Balderas 2002, Simberloff *et al.* 2013), todo a causa de introducciones que no estuvieron precedidas de análisis, todas con el objetivo de favorecer la producción pesquera, con la idea equivocada de que lo nativo aunque diverso, no generaba biomasa aprovechable.

La introducción se hace con diferentes razones. En el caso de los anfibios se resalta el registro en condiciones *ex situ* (avistada en tiendas de mascotas desde el 2010 en Bogotá), de dos especies alóctonas que incluyen la rana africana *Xenopus laevis* cuya potencial dispersión accidental podría afectar la fauna acuática de los humedales junto con la salamandra acuática de origen centroamericano, *Ambystoma mexicanum*. Por otro lado, una de las especies, conocida

como la rana toro (*Lithobates catesbeianus*) debido su canto particular, ha sido introducida en Colombia en los años 80 y sus poblaciones asilvestradas han ocupado ampliamente los sistemas acuáticos (Urbina *et al.* 2012) (Acosta com. pers.) (Figura 4).

Los efectos nocivos de las especies introducidas e invasoras, especialmente en los medios insulares de reconocida fragilidad ecológica, son bien conocidas: aves marinas extintas por ratas o carnívoros; plantas endémicas y comunidades vegetales afectadas por herbívoros, fenómenos irreversibles de erosión desencadenados por conejos o ungulados, introgresión genética o difusión de enfermedades. Igual ocurre en los ecosistemas acuáticos o en ecosistemas alterados y los ejemplos descritos en la literatura científica son numerosos, al punto de estimarse que cada país puede tener entre 10^2 y 10^4 especies introducidas, calculando que pueden ser 100.000 las especies introducidas a escala global y 100 las invasoras más peligrosas. De ahí, que siendo el control la herramienta posterior a la introducción, no se deben tener consideraciones que generen excepción a la regla. Así, el análisis caso a caso debe ser previo a cualquier decisión de permitir introducciones, trasplantes, repoblaciones con especies exóticas o nativas y ante lo cual lo económico debe pasar a un segundo plano, pues las evidencias muestran que los pasivos ambientales generados son de difícil remediación y con costos aún no calculados, dada la complejidad de sus impactos que a veces pasan de manera imperceptible por mucho tiempo, en especial en los ecosistemas acuáticos (Welcomme 1981, Moyle y Leidy 1992, Allan y Flecker 1993).

Los riesgos que supone la introducción de una especie exótica o transplantada son inaceptables y debe considerarse positivo erradicarlas, además que es un com-



Figura 4. Rana toro (*Lithobates catesbeianus*). Foto: F. Castro.

promiso asumido en la Convención sobre Diversidad Biológica al expresar en el Artículo 8º que cada País Parte: Literal g) “Establecerá o mantendrá medios para regular, administrar o controlar los riesgos derivados de la utilización y la liberación de organismos vivos modificados como resultado de la biotecnología que es probable tengan repercusiones ambientales adversas que puedan afectar a la conservación y a la utilización sostenible de la diversidad biológica, teniendo también en cuenta los riesgos para la salud humana”; Literal h) “Impedirá que se introduzcan, controlará o erradicará las especies exóticas que amenacen a ecosistemas, hábitats o especies”. También las Metas Aichi para el 2020 proponen algo similar “Meta 9: Se habrán identificado y priorizado las especies exóticas invasoras y vías de introducción, se habrán controlado o erradicado las especies prioritarias, y se habrán establecido medidas para gestionar las vías de introducción a fin de evitar su introducción y establecimiento”.

Colombia a través de múltiples diagnósticos ha identificado 298 especies entre las introducidas (exóticas) y las trasplantadas; 43 especies de flora consideradas de alto riesgo de invasión y 255 especies de animales, entre las que sobresalen 129 especies de peces, 52 aves, 25 mamíferos, 20 reptiles, 17 artrópodos, cinco crustáceos, cuatro anfibios y tres moluscos (Gutiérrez 2006, Baptiste *et al.* 2010, Gutiérrez *et al.* 2012). En el 2012, se priorizaron cuarenta especies para aplicar el Protocolo de Riesgo establecido para Colombia, abordando tres especies de moluscos (dos familias), cuatro crustáceos (tres familias), 29 especies de peces (11 familias), un anfibio, dos reptiles (dos familias) y una especie de ave. Las especies trasplantadas fueron siete (un crustáceo, cinco peces y un reptil), y como resultado todas fueron categorizadas de alto riesgo según las calificaciones aplicadas (Gutiérrez *et al.* 2012) (Figura 5).

F. Trujillo

AMENAZAS Y VULNERABILIDAD

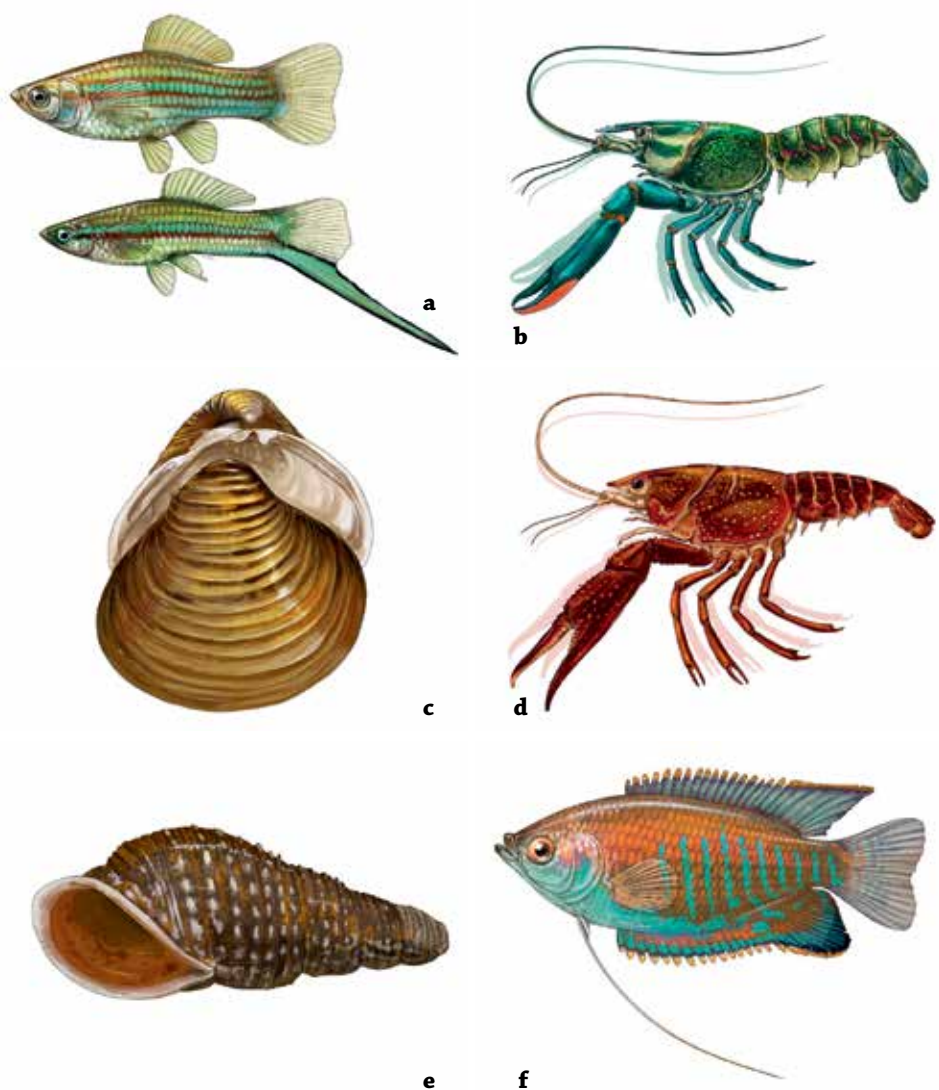


Figura 5. Especies exóticas representativas de los humedales interiores de Colombia: a) *Xiphophorus hellerii*. b) *Cherax quadricarinatus*. c) *Corbicula fluminea*. d) *Procambarus clarkii*. e) *Thiara granifera*. f) *Trichogaster labiosa*. Ilustraciones: Liberum Donum Studios.

En la actualidad y respecto a la declaración oficial de especies invasoras, Colombia considera como tal a cuatro especies

de peces y un anfibio. Cifra inferior a lo anteriormente señalado, lo que debe llamar a la reflexión frente a que adicio-

nalmente las aguas continentales se encuentran afectadas por la alteración de hábitats, contaminación, sedimentación, cambio climático, sobre-aprovechamiento de los recursos pesqueros, situaciones a las que debe sumarse que 34 de las especies citadas (tres moluscos, dos crustáceos, 25 peces, un anfibio, dos reptiles y un ave), están presentes en los ecosistemas naturales.

Las razones expuestas en el apartado anterior muestran claramente el comportamiento “anormal” de estas especies cuando colonizan e invaden nuevos ambientes, al no tener depredadores y/o controladores naturales como ocurría en sus áreas de distribución nativa. Es por ello, que este componente de la biodiversidad no es de utilidad a la hora de identificar, caracterizar y por último delimitar los humedales.

Debe más bien llamar a la cautela y a la implementación de medidas para su control, manejo o erradicación, dado que son signo de alteración que conlleva en muchos casos al reduccionismo biológico y a la simplificación de las comunidades.

Finalmente hay que resaltar el hecho de que la pesca en aguas continentales y como servicio ecosistémico en los últimos 20 años (Figura 6), ha decaído en un 80%, mientras que la acuicultura basada en un 94% en especies introducidas, trasplantadas o híbridos, la supera en un 300%, lo cual corrobora el estado de los humedales y la afectación que allí ocurre, porque la pesca no fue, ni es manejada, controlada o regulada, y como consecuencia de la crisis de manera errada se hizo y se hace repoblación con especies exóticas, nativas trasplantadas y con híbridos.



Figura 6. Pescadores del río Sinú. Foto: F. Trujillo.

F. Trujillo



F. Trujillo

7.6 Especies amenazadas, endémicas y con valor de uso en los humedales

Diana Morales-B., Carlos A. Lasso y Monica A. Morales-Betancourt

Peces

La publicación más reciente, reconoce 1.637 especies de peces dulceacuícolas en el país (Álvarez-León *et al.* 2013), de las cuales 81 se encuentran en algún grado de amenaza (Mojica *et al.* 2012). Igualmente, se han identificado 173 especies continentales aprovechadas para consumo (Lasso *et al.* 2011), 431 especies de peces continentales con uso ornamental y 30 especies con doble uso (Ajiaco-Martínez *et al.* 2012).

Pesca de consumo

Entre los peces de consumo a nivel continental, 88 especies se distribuyen en la cuenca del Amazonas, 80 especies en la cuenca del Orinoco, 62 especies en la vertiente del Caribe, 40 especies en el Magdalena-Cauca y 39 especies en el Pacífico. De estas, 31 tienen algún grado de amenaza (Tabla 1). Este tipo de actividad se ha visto afectada negativamente por el uso inadecuado de los artes de pesca, la sobrepesca y la degradación de los ecosistemas acuáticos (Lasso *et al.* 2011).

La cuenca del Amazonas cuenta con la mayor diversidad de especies a nivel nacional. El río Amazonas es el mayor aportante con 510 especies, el río Caquetá 356, Putumayo con 297 y Apaporis con 128 especies. En esta región la pesca es una fuente importante de alimento, con un consumo promedio de 170-500 g/persona/diario, dependiendo de la localidad. La pesca artesanal de consumo o para subsistencia, se dirige a peces de escama capturados en caños,

quebradas y lagunas, entre los que Agudelo *et al.* (2006) identifican como principales especies de aprovechamiento a: palometas (*Mylossoma spp*), bocachicos (*Prochilodus spp*), yaraquis (*Semaprochilodus spp*), sábalos (*Brycon spp*), pirañas (*Serrasalmus spp*), omimas (Anostomidae), dormilones (Erythrinidae), arencas (*Triporthesus spp*), arawana (*Osteoglossum bicirrhosum*), mojarras (Cichlidae), paco (*Piaractus brachyomum*), gamitana (*Colossoma macropomum*), brazo de reina (*Platystomatichthys spp*), picalón (*Pimelodus spp*, *Pimelodella spp*) y llorones (Curimatidae) (Figura 7 y 8).

La pesca para comercialización se dirige a los bagres colectados en los cauces principales de los ríos mediante artes de arrojado (p. e. arpones), cordel y anzuelo, mallas y trampas. Estos bagres se transportan y venden en el interior del país. Incluyen: pintadillos (*Pseudoplatystoma spp*), dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*), simí (*Calophysus macropterus*), pirabutón (*Brachyplatystoma vaillantii*), amarillo (*Zungaro zungaro*), baboso (*Brachyplatystoma platynemum*), mapará (*Hypophthalmus spp*), guacamayo (*Phractocephalus hemiliopterus*), camiseto (*Brachyplatystoma juruense*) y lechero (*Brachyplatystoma filamentosum*) (Agudelo *et al.* 2006).

Adicionalmente existen algunas especies utilizadas tanto para la comercialización como para el autoconsumo: pirarucú (*Arapaima gigas*) y bagres como pintadillos (*Pseudoplatystoma spp*), barbudo (*Leiarius marmoratus*), bocón (*Ageneiosus spp*) y baboso (*Brachyplatystoma platynemum*) (Agudelo *et al.* 2006).

La cuenca del Orinoco cuenta con 619 especies, lo que la convierte en la segunda cuenca hidrográfica en diversidad ictica del país. De acuerdo a los registros en los

Tabla 1. Especies de peces continentales de consumo con alguna categoría de amenaza. Fuente: Lasso *et al.* (2011).

Orden	Familia	Especie	Cuenca	Categoría
Pristiformes	Pristidae	<i>Pristis pectinata</i> (Latham 1794)	Caribe y Pacífico	CR (A2a)
		<i>Pristis pristis</i> (Linnaeus 1758)	Caribe, Magdalena-Cauca y Pacífico	CR (A2a)
Osteoglossiformes	Arapaimidae	<i>Arapaima gigas</i> (Schinz 1822)	Amazonas	VU (A1d, A2d)
	Osteoglossidae	<i>Osteoglossum bicirrhosum</i> (Cuvier 1829)	Amazonas	VU (A2d)
Elopiformes	Megalopidae	<i>Megalops atlanticus</i> (Valenciennes 1847)	Caribe y Magdalena-Cauca	EN (A2ad, 3d)
Characiformes	Characidae	<i>Colossoma macropomum</i> (Cuvier 1816)	Amazonas y Orinoco	NT
		<i>Salminus affinis</i> (Steindachner 1880)	Amazonas, Caribe y Magdalena-Cauca	VU (A1d, A2d)
	Curimatidae	<i>Curimata mivartii</i> (Steindachner 1878)	Caribe y Magdalena-Cauca	VU (A2d)
	Prochilodontidae	<i>Ichthyoelephas longirostris</i> (Steindachner 1879)	Caribe y Magdalena-Cauca	EN (A1d, A2d, B2c)
		<i>Prochilodus magdalenae</i> (Steindachner 1879)	Magdalena-Cauca	CR (A1d)
		<i>Prochilodus reticulatus</i> (Valenciennes 1850)	Caribe	VU (A2d, B2c)
Siluriformes	Ariidae	<i>Notarius bonillai</i> (Miles 1945)	Caribe y Magdalena-Cauca	EN (B1, 2cd)
		<i>Ageneiosus pardalis</i> (Lütken 1874)	Caribe y Magdalena-Cauca	EN (A1d, A2d)
	Loricariidae	<i>Hypostomus hondae</i> (Regan 1912)	Caribe, Magdalena-Cauca y Pacífico	VU (C1)
Pimelodidae	<i>Brachyplatystoma filamentosum</i> (Lichtenstein 1819)	Amazonas y Orinoco	EN (A1d, A2d)	
	<i>Brachyplatystoma juruense</i> (Boulenger 1898)	Amazonas y Orinoco	VU (A1d, A2d)	

AMENAZAS Y VULNERABILIDAD

Tabla 1. Continuación.

Orden	Familia	Especie	Cuenca	Categoría
Siluriformes	Pimelodidae	<i>Brachyplatystoma platynemum</i> (Boulenger 1898)	Amazonas y Orinoco	EN (A1d, A2d)
		<i>Brachyplatystoma vaillanti</i> (Valenciennes 1840)	Amazonas y Orinoco	EN (A1d, A2d)
		<i>Pseudoplatystoma magdaleniatum</i> (Buitrago-Suárez y Burr 2007)	Magdalena-Cauca	CR (A1d)
		<i>Pseudoplatystoma metaense</i> (Buitrago-Suárez y Burr 2007)	Orinoco	EN (A1d, A2d)
		<i>Pseudoplatystoma orinocoense</i> (Buitrago-Suárez y Burr 2007)	Orinoco	EN (A1d, A2d)
		<i>Pseudoplatystoma punctifer</i> (Castelnau 1855)	Amazonas	EN (A1d, A2d)
		<i>Pseudoplatystoma tigrinum</i> (Valenciennes 1840)	Amazonas	EN (A1d, A2d)
		<i>Sorubim cuspidatus</i> (Littmann, Burr y Nass 2000)	Caribe y Magdalena-Cauca	EN (A1d, A2d)
		<i>Sorubim lima</i> (Bloch y Schneider 1801)	Amazonas y Orinoco	VU (A1d, A2d)
		<i>Sorubimichthys planiceps</i> (Spix y Agassiz 1829)	Amazonas y Orinoco	VU (A2d)
		<i>Zungaro zungaro</i> (Humboldt 1821)	Amazonas y Orinoco	EN (A1d, A2d)
Perciformes	Trichomycteridae	<i>Eremophilus mutisii</i> (Humboldt 1805)	Magdalena-Cauca	NT
	Centropomidae	<i>Centropomus undecimalis</i> (Bloch 1792)	Caribe	VU (A2ad, 3d)
	Gerreidae	<i>Eugerres plumieri</i> (Cuvier 1830)	Caribe	VU (A2ad)
	Sciaenidae	<i>Plagioscion magdalenae</i> (Steindachner 1878)	Amazonas, Caribe y Magdalena-Cauca	VU (A1d, A2d)

principales centros de acopio, la captura es de alrededor de 1.050 t.año⁻¹, que incluye 80 especies tanto de escama como

de cuero. Entre los de escama se destacan bocachico (*Prochilodus marie*), palometa (*Mylossoma duriventre*) y cachama (*Piarac-*



Figura 7. Especies de interés comercial para el consumo a) arawana (*Osteoglossum bicirrhosum*), b) pintadillo (*Pseudoplatystoma punctifer*), c) camiseto (*Brachyplatystoma juruense*) y d) lechero (*Brachyplatystoma filamentosum*), río Amazonas. Fotos: M. A. Morales-Betancourt.

tus brachypomus); en los bagres, el pintadillo (*Pseudoplatystoma orinocoense*), bagre rayado (*Pseudoplatystoma metaense*), bagre tigre (*Pseudoplatystoma tigrinum*), amarillo (*Zungaro zungaro*), dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*), mapurito (*Calophysus macropterus*), cajaro (*Phractocephalus hemiliopterus*) y baboso (*Brachyplatystoma platynemum*) (Ramírez-Gil y Ajiáco-Martínez 2011).

En la vertiente Caribe se ha estudiado la pesca en el río Sinú y Atrato. El río Sinú tiene 148 especies de las cuales se comparten 53 con el río Magdalena y 38 con el río Atrato (Figura 9). Del total de las especies, ocho son endémicas y 39 especies son aprovechadas, entre estas 27 son estrictamente dulceacuícolas. Adicionalmente se encuentra una especie trasplantada, la cachama (*Colossoma macropomum*) y otra

F. Trujillo



Figura 8. La cachama o gamitana (*Colossoma macropomum*) es una especie de especial interés para consumo en distintas cuencas del país, pero se ha reportado la disminución en volúmenes y tallas. Foto: M. Morales-Betancourt.



Figura 9. Mojarra amarilla (*Caquetaia kraussii*), distribuida en la cuenca Magdalena-Cauca. Foto: C. A. Lasso.

F. Trujillo

de origen exótico, la tilapia (*Oreochromis niloticus*). En esta cuenca se proveía anteriormente de una importante cantidad de recursos pesqueros, con registros de 2.000 t/año en 1989. El aislamiento del valle debido a la construcción de Urrá I, las obras de desecación y cierre de caños, alteró dramáticamente los procesos ecológicos, lo que sumado a las actividades de uso inadecuado o artes de pesca ilegal han generado una caída a 811 t.año⁻¹ en 1992. Aunque poco representativa, la captura en el embalse se ha ido incrementando de 27 t.año⁻¹ en 2001 a 80 t.año⁻¹ en 2004 (Gutiérrez 2011).

En el río Atrato hay 134 especies dulceacuícolas y se aprovechan 27, siendo la captura del bocachico (*Prochilodus magdalenae*) la de mayor aporte (88%). En el 2001 las ciénagas presentaron un registro de 1.600 t.año⁻¹ y el cauce principal tuvo una producción cercana a las 5.000 t.año⁻¹. La pesca en la región hace parte de una arraigada construcción social de la comunidad local (Gutiérrez 2011).

La cuenca del Magdalena-Cauca solía ser la de mayor importancia para la pesca continental en Colombia, pero entre 1970 y 2000 las capturas cayeron en un 90% (Gutiérrez 2011). Montoya *et al.* (2006) reportan 167 especies, de las cuales 40 son aprovechadas y 26 tienen mayor importancia por el porcentaje que representan. Entre las primeras 15 están: bocachico (*Prochilodus magdalenae*), bagre (*Pseudoplatystoma magdaleniatum*), barbarul (*Pimelodus blochii*), pacora (*Plagioscion magdalenae*), doncella (*Ageneiosus pardalis*), cucharo (*Sorubim lima*), capaz (*Pimelodus grosskopfii*), vizcaína (*Curimata mivartii*), comelón (*Leporinus muyscorum*), dorada (*Brycon moorei*), arenca (*Tryportheus magdalenae*), moncholo (*Hoplias malabaricus*),

mojarra amarilla (*Caquetaia kraussii*), coroncoro (*Pterygoplichthys undecimalis*), y el coroncoro corroncho (*Panaque cochliodon*). Además se encuentran entre las exóticas y trasplantadas a las cachamas (*Piaractus brachypomum*, *Colossoma macropomum*), tilapias o mojarra (*Oreochromis niloticus*), tilapia híbrida roja (*Oreochromis spp*) y carpas (*Cyprinus carpio carpio var specularis*) (Gutiérrez op. cit.).

En la cuenca del Pacífico, se estima que existen 151 especies, con 38 especies aprovechables, 21 de las cuales son dulceacuícolas. No hay volúmenes de captura reportados estrictamente, pero se identifica el comercio de algunas, entre ellas sábalo (*Brycon meeki*) y los nayos (*Agnostomus monticola*), falta el manejo integrado de los espacios marino-continuales (Gutiérrez 2011).

Pesca ornamental

Ajiaco-Martínez *et al.* (2012) determinaron 431 especies de peces continentales ornamentales. Entre las especies ornamentales de peces, 11 se encuentran listadas en el libro rojo (Tabla 2) (Figura 10).

Los artes y métodos de pesca para la extracción de peces ornamentales son los anzuelos, el cacure (varas de fibra natural), la careta, el copo (tipo de atarraya de tamaño menor), el chinchorro (malla con plomada), nasa, nasa para rayas, arpón, zagalla, arco y flecha. Las principales áreas de pesca son los ríos Orinoco, Amazonas, Magdalena, San Juan, Atrato y estuarios del Océano Pacífico, aunque es difícil establecer con exactitud orígenes y tendencias debido a la discontinuidad e inexactitud de algunos datos, incluyendo datos sobre comercialización, ya que se desconocen las capturas reales (no se considera la mortalidad o capturas no aprovechadas) (Ajiaco-Martínez *et al.* 2012).

AMENAZAS Y VULNERABILIDAD

En la cuenca del Amazonas esta actividad se realiza en los ríos Amazonas, Putumayo, Caquetá, Cauca y sus tributarios. Los tres primeros son de aguas blancas, mientras que el último es de aguas negras. Las orillas cubiertas de vegetación de sistemas lagunares o arroyos, son las más utilizadas para la extracción. Entre los pocos datos conocidos del área, las especies más comercializadas son para Leticia el otocinco (*Otocinclus spp*), que representó el 58% del total en 2009. Desde Puerto Leguízamo, el tigrillo, la cucha real y la arawana son los más comercializados. Los datos reportados han variado significativamente entre

1994 y 2001. En este último año el total de peces reportados para la movilización, representó el 43% de la cifra en 1994 (605.754 individuos). En dicho año, estas tres especies representaron el 67, 16 y 12% del total de individuos, respectivamente (Ajiaco-Martínez *et al.* 2012).

En el Orinoco, prácticamente todas las especies de peces tienen valor de uso. En ríos de aguas blancas, la pesquería es fundamentalmente de consumo, mientras que en aguas claras y negras la pesca es mayormente ornamental. En áreas remotas son la fuente de proteína principal para

Tabla 2. Especies de peces continentales ornamentales con categoría de amenaza. Fuente: Ajiaco-Martínez *et al.* (2012).

Orden	Familia	Especie	Cuenca	Categoría de amenaza
Osteoglossiformes	Osteoglossidae	<i>Osteoglossum ferreirae</i> (Kanazawa, 1966)	Orinoco	En peligro (EN A2d)
		<i>Osteoglossum bicirrhosum</i> (Cuvier 1829)	Amazonas	Vulnerable (VU A2d)
Myliobatiformes	Potamotrygonidae	<i>Paratrygon aiereba</i> (Müller y Henle 1841)	Orinoco y Amazonas	Vulnerable (VU A2a,d)
		<i>Potamotrygon motoro</i> (Müller y Henle 1841)	Orinoco y Amazonas	Vulnerable (VU A4d)
		<i>Potamotrygon schroederi</i> (Fernández-Yépez 1958)	Orinoco y Amazonas	Vulnerable (VU A4d)
		<i>Potamotrygon magdalenae</i> (Duméril, 1855)	Magdalena-Cauca	Casi amenazada (NT)
		<i>Potamotrygon orbignyi</i> (Castelnau 1855)	Orinoco	Casi amenazada (NT)
Lepidosireniformes	Lepidosirenidae	<i>Lepidosiren paradoxa</i> (Fitzinger 1837)	Amazonas	Casi amenazada (NT)
Perciformes	Cichlidae	<i>Caquetaia umbrifera</i> (Meek & Hildebran, 1913)	Caribe y Magdalena-Cauca	Casi amenazada (NT)
		<i>Pterophyllum altum</i> (Pellegrin 1903)	Orinoco y Amazonas	Vulnerable (VU A2d)
Characiformes	Anostomidae	<i>Abramites eques</i> (Steindachner 1878)	Magdalena-Cauca y Caribe	Vulnerable (VU B1a)



Figura 10. Acopio de peces ornamentales en jaulas con malla y selección de peces para la venta. Río Inírida. Foto: C. A. Lasso.

humanos (Lasso *et al.* 2010). La pesca de ornamentales se divide por las áreas de centro de acopio, las más representativas son: Inírida, Villavicencio, Arauca, Puerto Carreño, Puerto Gaitán y San José del Guaviare. Se destacan los primeros dos centros que aportan el 50 y el 25% de los individuos. En Inírida se estima que se aprovechan unas 42 especies. Entre las de mayor abundancia están cardenal (*Paracheirodon axelrodi*), neón (*Paracheirodon innesi*), estrigata plateada (*Gasteropelecus sternicla*) y el escalar altum (*Pterophyllum altum*), que provienen de sistemas de aguas negras y claras. En Villavicencio, los ríos son de aguas claras y blancas, con caudales modificados por los sistemas de riego y uso para consumo humano. En la región se aprovechan 39 especies y entre las más abundantes están la cucha albina lisa (*Chaetostoma spp*), otocinco (*Otocin-*

clus spp), cucha hipostomo (*Hypostomus spp*), cucha piña (*Panaque macus*) y brillante (*Moekhausia collettii*) (Ajiaco-Martínez *et al.* op. cit.).

En la región de Arauca la extracción pesquera se realiza principalmente en las áreas inundables de los caños y los esteros. La conectividad de los sistemas acuáticos y la calidad de los mismos ha disminuido como resultado de las actividades petroleras. Los datos de comercialización de 2007 y 2009 muestran tendencia a la disminución, siendo los más significativos la de otocinco (*Otocinclus affinis* e *Hypoptopoma steindachneri*), estrigata gallo (*Thoracocharax securis*) y corredora (*Corydoras hastatus*). En Puerto Carreño llegan peces capturados en raudales, caños, pedregales (en el río Bitá) y lagunas. Son de aguas blancas y claras o una

F. Trujillo

AMENAZAS Y VULNERABILIDAD

mezcla de ambas y algunos como el caño Tijero, de aguas negras. Las especies más comercializadas son la moneda (*Metynnis hypsauchen*), sapuara (*Semaprochilodus spp*) y tigrilo (*Pimelodus pictus*). El área de Puerto Gaitán se abastece de los peces las zonas de inundación de ríos, los caños y esteros. Las especies con mayor número de individuos comercializados varió entre 2007 y 2009, manteniéndose únicamente el rubí (*Hemigrammus sp.*), el cual obtuvo el mayor número en 2009. Para el 2007 el más abundante fueron los rojitos (*Hyphessobrycon sweglesi*) y en el 2008 el cardenal (*Paracheirodon axelrodi*) (Ajiaco-Martínez *et al.* op. cit.).

En la cuenca del Magdalena-Cauca en el área del departamento del Cesar y en el piedemonte de la Sierra Nevada de Santa Marta, se extraen principalmente policías (*Sturisoma aureum* y *Sturisoma panamense*). En quebradas de aguas claras de la cuenca del río Atrato se extrae el emperador (*Nematobrycon palmeri*). Por último, en la cuenca del Pacífico se extraen de zonas estuarinas el tiburoncito (*Hexanematichthys seemani*) (Ajiaco-Martínez *et al.* 2012).

Anfibios

Se estima que el 52% de los anfibios de Colombia presentan algún tipo de amenaza. La familia Dendrobatidae muestra una presión de uso por la captura para la comercialización ilegal de individuos como mascotas que van hacia el exterior (Corredor-Londoño *et al.* 2009). Entre los usos tradicionales está el empleo de la toxina de su piel por parte de indígenas en sus flechas, aunque cada vez es menos frecuente su utilización en las comunidades Embera-Katío (Racero-Casarrubia *et al.* 2008). Se ha registrado el consumo de cuatro especies de anfibios por parte de algunas comunidades en Amazonas, Vau-

pés y Guainía de los géneros *Dendrobates*, *Eleutherodactylus* y *Rhinella* (Rivas-Abadía, *et al.* 2010) y una especie en comunidades Wayú en la Alta Guajira (Morales-B. obs. pers.)

A la fecha la evidencia sugiere que la disminución de las poblaciones de anfibios tendrá efectos a nivel de ecosistema a gran escala, como en el caso de los humedales, incluyendo los cambios en la estructura de las comunidades de algas y la producción primaria, la dinámica de la materia orgánica, así como cambios en los demás consumidores - insectos acuáticos y ribereños -, depredadores y la reducción de las transferencias de energía entre el medio terrestre y acuático. Así mismo, relacionado con el hábitat y las diferencias funcionales entre las larvas y los adultos en la mayoría de los anfibios, la pérdida o disminución de las poblaciones de una sola especie sería equivalente a la pérdida de dos especies (Whiles *et al.* 2006, Acosta com. pers.).

Serpientes

Lynch (2012) afirma que una de las mayores presiones que enfrenta este grupo es el tráfico ilegal. La cascabel está siendo recientemente utilizada para el tratamiento del cáncer por algunas personas, pero sus efectos no han sido probados (Vanegas *et al.* 2008). El veneno de serpientes es utilizado también para cremas antiarrugas; *Spilotes pullatus* y *Boa constrictor* han tenido un uso histórico en marroquinería, además esta última especie ha sido ampliamente comercializada como mascota (Rojas 2011) y algunas especies son utilizadas para el consumo (Morales-B. obs. pers.)

Tortugas

En Colombia hay 27 especies de tortugas continentales, de las cuales siete son de

uso exclusivo como fuente de alimento y 14 presentan más de un tipo de uso (Figura 11). El aprovechamiento para consumo de carne y huevos de quelonios se registra desde la época de la conquista, por parte de indígenas y españoles. En el Amazonas por ejemplo, durante el periodo de colonización se estableció una industria de extracción de aceite a partir de los huevos, llegando a 6.000 barriles en 1860, lo que aproximadamente corresponde al uso de 48 millones de huevos, requiriendo para eso unas 40.0000 tortugas (Bates 1863).

Actualmente los usos principales son consumo, luego mascotas y por último, medicinal. El consumo de charapa (*Podocnemis expansa*), en las comunidades indígenas, era exclusivo para las personas mayores, pero en la actualidad cualquiera puede

comer su carne o sus huevos. En el Orinoco y Amazonas el consumo de quelonios y sus huevos es una práctica común en toda la población y es la segunda fuente de proteína animal. Asimismo en la región Caribe, las principales ciudades (Cartagena, Barranquilla y Montería), ejercen una demanda alta sobre este recurso (Morales-Betancourt *et al.* 2012).

A pesar de la importancia que tiene este grupo, sólo el área del Caribe en La Mojana, presenta datos de captura y comercialización, evidenciando un comercio de más del 40% de las capturas ocurren con individuos por debajo de las tallas indicadas en la legislación. Adicionalmente, se ha estimado que en toda la costa se extraen anualmente dos millones de individuos de hicotéa (*Trachemys callirostris*) (Palacios *et*



F. Trujillo



Figura 11. Captura de tortuga cabezona (*Peltocephalus dumerilianus*) en Inírida. Foto: M. A. Morales-Betancourt.

AMENAZAS Y VULNERABILIDAD

al. 1999). El uso como mascota es común, pero no hay datos. El aceite de tortuga se utiliza en cremas para la piel y el cabello, también se realizan otras preparaciones para tratar afecciones respiratorias o luxaciones (Morales-Betancourt *et al.* 2012).

Crocodílicos

En Colombia seis especies de crocodílicos, dos de la familia Crocodylidae: caimán aguja (*Crocodylus acutus*) y caimán llanero (*C. intermedius*) y cuatro de la familia Alligatoridae: caimán negro (*Melanosuchus niger*), cachirres (*Paleosuchus trigonatus*, *Paleosuchus palpebrosus*) y babillas (*Caiman crocodilus*), la cual incluye tres subespecies (*Caiman crocodilus fuscus*, *Caiman crocodilus apaporiensis* y *Caiman crocodilus crocodilus*). Las tres primeras están en categoría de amenaza: las dos primeras en peligro crítico (CR) y la tercera en peligro (EN). Son utilizados por su carne, piel, con fines ornamentales, medicinales y como mascotas (Morales-Betancourt y Lasso 2013).

El consumo de carne y huevos fue previo a la llegada de los españoles al continente americano. Hay registros posteriores, en los siglos XIII y XIV, de comunidades indígenas en el área hidrográfica del Caribe y el Magdalena-Cauca, que llevaban a cabo esta actividad. Actualmente, se conoce que las seis especies son consumidas, con preferencia por aquellas especies e individuos de menor talla (*Caiman crocodilus*, *Paleosuchus palpebrosus* y *Paleosuchus trigonatus*), aunque la mayoría corresponde a capturas incidentales o caza para autoconsumo (Figura 12). La llegada de nuevos habitantes de paso o no a las zonas más apartadas del país como consecuencia de diferentes actividades económicas, ha generado un aumento significativo en su consumo (Morales-Betancourt y Lasso op. cit.).

El uso de la piel en este grupo ha sido de interés mundial. En Colombia las exportaciones en 1932 llegaron a 49.097 cueros de diversas especies, con consecuencias drásticas en las poblaciones. Ocho años después se estableció la veda y regulación de caimán aguja (*C. acutus*), sin embargo en las décadas siguientes la explotación del caimán llanero y caimán negro se intensificó, siendo junto con otras especies de fauna silvestre, un importante reglón en la economía nacional en la década del sesenta y setenta. Este hecho cambió con la nueva regulación y la ratificación de la Convención CITES en 1981, aunque se mantuvo el comercio ilegal, pese a que desde 1970 se iniciaron las acciones para el establecimiento de zocriaderos. Hoy día sólo es permitida la comercialización de pieles provenientes de zocriaderos, entre 1976 a 2011 se han exportado 16'191.679 pieles (De La Ossa *et al.* 2013).

También se usan de manera ornamental. En el Amazonas, algunas partes de los animales como los cráneos, dientes y la piel, son utilizadas como adorno o para la elaboración de objetos artesanales. Se ha registrado este tipo de uso en diferentes ríos. Son conocidos por su importancia medicinal y en el Amazonas se utiliza la grasa del caimán negro para tratar el asma y los dientes para preparar bebidas "contra" las mordeduras de serpientes venenosas. En el Caribe y Magdalena-Cauca se utiliza históricamente el aceite del caimán aguja para afecciones respiratorias. En la Guajira se utiliza el polvo del cráneo para la cicatrización. Lo mismo ocurre con el caimán llanero en el Orinoco, utilizado para tratar afecciones respiratorias, cicatrización y dolencias musculares (Morales-Betancourt y Lasso 2013).

El uso de crías como mascotas se ha documentado desde la década del ochenta. La



Figura 12. Consumo de caimán negro (*Melanosuchus niger*) en el Trapecio Amazónico. Foto: F. Trujillo.

babilla (*C. c. fucus*) se exportaba principalmente hacia los Estados Unidos de América y el caimán llanero (*C. intermedius*) se comercializaba en Cravo Norte (Morales-Betancourt *et al.* 2013). Adicionalmente, este grupo genera un servicio cultural a través del turismo, especialmente en la región del Trapecio Amazónico y en Sucre. También es un importante legado de leyendas y la elaboración artesanías con diversos materiales maderables.

Aves

Vargas-Tovar (2011) determinó que dentro del grupo de aves objeto de cacería se encuentran 25 especies de Galliformes, 15 de Passeriformes (aves acuáticas), 11 de Tinamiformes, diez de Psittaciformes, ocho de Piciformes, cuatro de Anseriformes (paludícolas, anátidas y zambulido-

res) y otros órdenes que suman en total 15 especies.

En Sucre se identificó el uso de 30 especies, entre las cuales las siguientes son acuáticas o semi acuáticas: pato aguja (*Anhinga anhinga*), garzón migratorio (*Ardea herodias*), garzón azul (*Ardea cocoi*) y coyongo (*Mycteria americana*). Estas son aprovechadas para consumo y venta. Como mascota y consumo se utilizan el chavarri (*Chauna chavaria*), pisingo (*Dendrocygna autumnalis*) y el pato real (*Cairina moschata*), es aprovechado para el consumo y venta de carne, huevos y crías (De la Ossa y De la Ossa-Lacayo 2011).

También existe el uso del plumaje como expresión artística, siendo en Latinoamérica una costumbre ancestral. Se cree que

AMENAZAS Y VULNERABILIDAD



Figura 13. El hábitat del flamingo (*Phoenicopterus ruber*) en humedales interiores costeros, se encuentra amenazado debido a la parcelación y expansión de la frontera agrícola, sumado a la presión de caza para el comercio que enfrenta la especie. Es un atractivo turístico de gran interés Foto: M. A. Morales-Betancourt.

su origen está asociado a su característica de peso liviano, conservación y coloración variada, a diferencia del uso de frutos o insectos perecederos. Durante mucho tiempo esta fue una actividad secundaria derivada de la caza de subsistencia. El diseño de coronas y diademas es común entre los indígenas y expresan el nivel de jerarquía (Rodríguez-Mahecha y Hernández-Camacho 2002).

Por último, la Política de Turismo de Naturaleza de Colombia (2012), establece el aviturismo o *birdwatching* como una de las seis actividades de esta tipología, por lo que establece una estrategia para su promoción dentro de las áreas protegidas del sistema de Parques Nacionales Naturales (Figura 13 y 14).

Mamíferos

El uso de la mastofauna ha formado parte de la evolución de las comunidades humanas desde la época de la prehistoria. La diversidad de usos que se le puede dar a este grupo y en sí a cada una de las especies, ha permitido abastecer a grupos humanos de proteína, abrigo, combustible y material para la elaboración de herramientas y objetos de ornato.

La carne de monte proveniente de mamíferos, constituye una fuente importante de proteína para varias comunidades rurales incluidas las indígenas, representando el 45% entre todos los grupos cazados. Las regiones con mayor diversidad corresponden a Pacífico y Amazonas con 129 especies, seguida por la región Andina con 100, la región Orinoco 78 y el Caribe con 35 especies (Vargas-Tovar 2012).

En la Orinoquia y Amazonia los estudios realizados muestran que el mayor porcentaje de cacería para consumo corresponde a mamíferos (45%), de los cuales 49 especies son roedores, 34 ungulados, 31 carnívoros, 31 primates y 26 edentados. Se reportan sólo tres especies de lagomorfos y cinco marsupiales (Vargas-Tovar 2011).

Los mamíferos que son objeto de cacería incluyen principalmente a *Leopardus pardalis*, *Leopardus wiedii*, *Panthera onca* y *Tapirus terrestris* (Trujillo *et al.* 2010). Los primeros utilizan áreas riparias como co-



Figura 14. Turismo en la Laguna de Fúquene. Foto: F. A. Ochoa F.

rredores y zona de caza por lo que están asociados a humedales. El último es considerado un mamífero semiacuático y se caza en la Amazonia en las áreas de salados (Montenegro 2012).

Las poblaciones de manatíes (*Trichechus manatus* y *T. inunguis*), se encuentran diezmadas debido a la cacería (Figura 15). Anteriormente se cazaba con el fin de extraer y comercializar la grasa y carne, actualmente se aprovecha la carne para autoconsumo (Arcila *et al.* 2013), mientras que huesos y otras partes son utilizados con fines medicinales (Trujillo *et al.* 2013). La carne de delfín rosado (*Inia geoffrensis*) es utilizada como carnada para la pesca de mota (*Calophrysus macropterus*) y su grasa para el tratamiento de enfermedades respiratorias (Trujillo *et al.* 2013). No se conocen usos directos para el delfín gris (*Sotalia fluviatilis*) (Utrera

et al. 2013). Aunque ambas especies de delfines de río pueden observarse en el Amazonas, los turistas han relacionado principalmente al delfín rosado con el destino de viaje, convirtiéndolo así en un atractivo importante para el turismo (Trujillo 2009).

En cuanto la nutria neotropical (*Lontra longicaudis*), esta ha sido cazada recientemente en La Guajira por los denominados “nuevos colonos” que hace referencia a los habitantes que han llegado a la región en los últimos 10 años. En otras regiones del país algunos individuos son extraídos del hábitat como mascotas, siendo abandonados o sacrificados una vez llegan a la edad adulta debido a los requerimientos alimenticios y comportamientos (Morales-B. obs. pers.). La nutria gigante (*Pteronura brasiliensis*) fue cazada anteriormente por su piel, pero recientemente su uso se re-

F. Trujillo

AMENAZAS Y VULNERABILIDAD

laciona igual que la nutria neotropical a la tenencia como mascota (Trujillo *et al.* 2013).

Hay algunos casos de estudio particulares que describen el aprovechamiento de este grupo de animales. Este es el caso de la reserva de Puinawi (Orinoquia), donde la mayoría de la caza se dirige a animales pequeños. En un estudio de cuatro años se registraron 26 especies, de las cuales 13 eran mamíferos (Tafur y Montenegro 2012). Otros estudios comparativos de la cacería dentro del Parque Nacional Natural Amacayacu (Amazonia) y fuera de este, determinaron diferencias entre el tipo de presas cazadas. Así, dentro del parque fueron de mayor tamaño, y fuera de menor tamaño. Las tasas de caza se consideraron insostenibles dentro del Parque: tapir (*Tapirus terrestris*), pecarí de labio blanco (*Tayassu pecari*) y de collar (*Pecari tajacu*) (Figura 16) y coatí (*Nasua nasua*) (Payán *et al.* 2012).

En la revisión bibliográfica sobre las investigaciones de carne de monte en Colombia se identificó la caza del armadillo de nueve bandas (*Dasybus novemcinctus*), un mamífero asociado a humedales y otros mamíferos como paca (*Cuniculus paca*), ñeque (*Dasyprocta fuliginosa*), pecarí de labio blanco (*Tayassu pecari*) y ardilla colaroja (*Sciurus granatensis*), como las especies que más individuos aportan (Vargas-Tovar 2011). En este estudio se registra la caza de recreación en la región Andina, la cual no está reportada para ninguna otra zona del país, aunque se sabe que hay un incremento en la caza deportiva de mamíferos y aves en ciertas regiones del país, particularmente en el piedemonte y los llanos (Lasso obs. pers.).

En el municipio de San Marcos (Sucre) se determinó el uso y manejo que se le da a 11

especies de mamíferos asociados a humedales, como son el gato de monte (*Leopardus tigrina*), el armadillo de nueve bandas (*Dasybus novemcinctus*) y uno semiacuático, la guartinaja (*Agouti pacca*). El gato de monte es cazado por ser depredador, el armadillo es utilizado para consumo y uso medicinal y la guartinaja se utiliza para el consumo de carne, venta de cría y con fines medicinales (De la Ossa y De la Ossa-Lacayo 2011).

Algunos factores que reducen la sostenibilidad del aprovechamiento de los mamíferos son el aumento demográfico, la comercialización, el uso de nuevas técnicas de caza y el abandono de las prácticas ancestrales (Rivas 2012), así como el relacionamiento inadecuado entre prácticas pecua-



Figura 15. Extracción de carne de manatí (*Trichechus inunguis*) en el bajo río Putumayo. Foto: S. Hernández.



Figura 16. Pecarí de collar (*Pecari tajacu*) objeto de caza para autoconsumo. Foto: F. Trujillo.

rias y la fauna silvestre que resultan en la caza sin aprovechamiento (De la Ossa y De la Ossa-Lacayo 2011).

Plantas acuáticas

Los productos vegetales no maderables asociados a los humedales son aquellos provenientes del medio natural, que no han sufrido procesos de domesticación. Estos son muy variados e incluye el uso de exudados (resinas, aceites, gomas), nueces frutos, aceites de semillas, colorantes, pigmentos y tintes naturales, hierbas, especias, plantas medicinales, flores y follajes nativos, frutos, fibras, cortezas, hongos, lianas, bejucos y bambúes (IAvH 2007, Lasso *et al.* 2013).

Las plantas acuáticas tienen un gran potencial como recurso. Por ejemplo en la laguna de Fúquene, los juncos y la enea

eran utilizados para realizar colchones y esteras y hoy día su uso se destina para la artesanías y como alimento para el ganado (Vidal y Andrade 2007) (Figura 17). En el Orinoco, los frutos de los morichales son utilizados para preparar pintura facial, artes de pesca, consumo de frutas y de uso medicinal (Sánchez Silva 2007). En diferentes cuencas, la guadua que crece a orillas de los humedales, es cada día más reconocida por su calidad como material de construcción para casas, acueductos, puentes e incluso para elaborar instrumentos y herramientas. Brinda servicios de regulación de agua al poder almacenar hasta 30.000 l/ha, captura de carbono 54 t/ha y adicionalmente se asocia a esta, 75 especies animales entre aves, mamíferos y reptiles (IAvH 2007). La bora (*Eichornia spp*) es ampliamente utilizada en la Orinoquia para la elaboración de artesanías

F. Trujillo



Figura 17. Elaboración de cestos con juncos extraídos de la Laguna de Fúquene. Foto: F. A. Ochoa F.

como esteras, carteras y sombreros (Lasso obs. pers.).

Por último, las plantas de uso medicinal podrían llegar a las 6.000 especies en Colombia, de las cuales un número considerable podría estar asociado a los humedales. Se conocen 156 especies de recolección silvestre que aprovechan y distribuyen campesinos e indígenas. En muchas ocasiones el comprador final son los laboratorios de productos cosméticos y farmacéuticos, incluyendo otros usos como extracción de aceites esenciales, tintes y colorantes (IAvH 2007).

Bibliografía

- Agudelo, E., C. L. Sánchez-Páez, C. A. Rodríguez-Fernández, C. A. Bonilla-Castillo y G. A. Gómez-Huertado. 2011. Diagnóstico de la pesquería en la cuenca del Amazo-

nas. Pp. 143 – 166. En: Lasso, C. A., F. de P. Gutiérrez, M. A. Morales-Betancourt, E. Agudelo-Córdoba, H. Ramírez-Gil, y R. E. Ajiaco (Eds). II Pesquerías continentales de Colombia: cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertiente del Pacífico.

- Ajiaco-Martínez, R. E., H. Ramírez-Gil, P. Sánchez-Duarte, C. A. Lasso y F. Trujillo. 2012. IV Diagnóstico de la pesca ornamental en Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C., Colombia. 152 pp.
- Allan, J. D. y A. S. Flecker. 1993. Biodiversity conservation in running waters: identifying the major factors that affect destruction of riverine species and ecosystems. *BioScience* 43: 497-502.
- Amezcaga, J. M., L. Santamaría y A. J. Green. 2002. Biotic wetland connectivity—supporting a new approach for wetland policy. *Acta Oecologica* 23 (3): 213 – 222

- Arcila, D. A., F. Trujillo, A. Botero – Botreo, L. S. Benjuema – Sánchez y D. Caicedo. Mamíferos acuáticos de la región de los Andes colombianos. Pp. 43-59. En: F. Trujillo, A. Gärtner, D. Caicedo y M. C. Diazgranados. 2013. Diagnóstico del estado de conocimiento y de conservación de los mamíferos acuáticos en Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Fundación Omacha, Conservación Internacional y WWF. Bogotá.
- Baptiste, M. P., N. Castaño, D. Cárdenas, F. Gutiérrez, D. de P. 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/ Global Invasive Species Programme -GISP-. Bogotá, D. C. Colombia. 200 pp.
- Bermúdez-Romero, A. L., F. Trujillo, C. Solano, J. C. Alonso y B. L. Ceballos-Ruiz (Eds). 2010. Retos locales y regionales para la conservación de la fauna acuática del Sur de la Amazonía colombiana. Corpoamazonia, Instituto Sinchi, Fundación Omacha, Fundación Natura. Bogotá, Colombia. 150 pp.
- Contreras-Balderas, S. 1999. Annotated checklist of introduced invasive fishes in Mexico, with examples of some recent introductions. Pp. 33-54. En: R. Claudi y J. H. Leach (Eds.). Nonindigenous freshwater fishes-vectors, biology, and impacts. Dewi Lewis Publishing, Washington.
- Contreras-Balderas, S. 2002. Base de datos del proyecto AE002 Especies de peces introducidas en aguas continentales de México. Catálogo y manuscrito. Proyecto en seguimiento SNIB-Conabio. México.
- Corredor-Londoño, G., B. Velásquez-Escobar, J. A. Velásquez-Vinasco, F. Castro-Herrera, W. Bolívar-García y M. L. Salazar-Valencia. 2010. Plan de acción para la conservación de los anfibios del departamento del Valle del Cauca. CVC, Fundación Zoológica de Cali y UniValle. Cali. 41 pp.
- CVC. 2009. Humedales del valle geográfico del río Cauca: génesis, biodiversidad y conservación. CVC, Santiago de Cali. 182 pp.
- De la Ossa, V.J. y A. De la Ossa-Lacayo. 2011. Cacería de subsistencia en San Marcos, Sucre, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Animales* 3 (2): 213-224.
- De la Ossa J., A. Fajardo-Patiño, A. Velasco, A. De la Ossa-Lacayo y E. Valencia-Parra. Zoocria de los Crocodylia en Colombia. Pp. 231-257. En: Morales-Betancourt, M. A., C. A. Lasso, J. De la Ossa y A. Fajardo-Patiño (Eds.). 2013. VIII. Biología y conservación de los Crocodylia de Colombia.
- Díaz- Espinosa A. M., Díaz-Triana, J. E. y O. Vargas (Eds.) 2012. Catálogo de plantas invasoras de los humedales de Bogotá. Grupo de restauración ecológica de la Universidad Nacional de Colombia y Secretaria de Ambiente. Bogotá. 248 pp.
- Feinstein, B. J. 2004. Learning and transformation in the context of Hawaiian traditional ecological knowledge. *Education Quarterly* 54 (2): 105-20.
- Garzón, N. V. y Gutiérrez J. C. 2013. Detrioro de humedales en el Magdalena Medio: un llamado para su conservación. Fundación Alma e Instituto de Investigación Alexander von Humboldt. Bogotá. 145 pp.
- Gibbs, J.P. 2000. Wetland Loss and Biodiversity Conservation. *Conservation Biology* 14 (1): 314 – 317.
- GIZ. 2012. Adaptación basada en los ecosistemas (AbE), un nuevo enfoque para promover soluciones naturales para la adaptación al cambio climático en diferentes sectores. Disponible en: <http://www.giz.de/expertise/downloads/giz2013-es-adaptacion-basada-en-los-ecosistemas.pdf>.
- Gutiérrez, F. de P. 2006. Estado de conocimiento de las especies invasoras. propuesta de lineamientos para el control de los impactos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 156 pp.
- Gutiérrez, F. de P. 2011. Diagnóstico de las pesquerías en las cuencas del Sinú y Canalete. 2011. En: Lasso C. A., F. de P. Gutiérrez, M. A. Morales-Betancourt, E. Agudelo-Córdoba, H. Ramírez-Gil, y R. E. Ajiaco (Eds). II Pesquerías continentales de Colombia: cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertiente del Pacífico.

F. Trujillo

AMENAZAS Y VULNERABILIDAD



F. Trujillo

- 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 trasplantada en Colombia: moluscos, crustáceos, peces, anfibios, reptiles y aves. Serie Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. 335 pp.
- Harrison, I. J. y M. J. Stiassny, 1999. The quiet crisis: a preliminary listing of the freshwater fishes of the world that are extinct or 'missing in action'. Pp. 271-331. *En: Extinctions in Near Time*. R. D. E. MacPhee (Ed.). New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Hassan, R., R. Scholes y N. Ash (Eds.). 2005. Ecosystems and human well-being: current state and trends Vol. 1. Millennium Ecosystem Assessment. 868 pp.
- Hopkins, C. C. E. 2001. Actual and potential effects of introduced marine organisms in Norwegian waters, including *S. Gopal*, B.1987. Water hyacinth Aquatic Plant. Studies 1. *Elsevier Science*. Amsterdam, The Netherlands. 471pp.
- Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt - IAvH. 2007. Biocomercio sostenible, biodiversidad y desarrollo en Colombia. Instituto de Investigación Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 138 pp.
- Instituto Choiseul. 2012. 2012 Global energy competitive index. Disponible en: <https://www.kpmg.com/FR/fr/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/Documents/Barometer-2012-Global-Energy-Competitiveness-Index.pdf>.
- Lachner, E. A., C. R. Robins y W. R., Courtenay. 1970. Exotic fishes and other aquatic organisms introduced into North America. *Smithsonian Contribution Zoology* 59: 1-29.
- Lasso, C. A., A. Rial y V. González-B (Eds.). 2013. VII. Morichales y cananguchales de la Orinoquia y Amazonia: Colombia-Venezuela. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia, 344 pp.
- Lasso, C. A., F. de P. Gutiérrez, M. A. Morales-Betancourt, E. Agudelo, H. Ramírez-Gil, 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.
- Lassuy, D. R. 2002. Introduced species as a factor in extinction and endangerment of native fish species. Pp 27-28. *En: Workshop: management, implications and co-occurring native and introduced fishes proceedings*. Portland, Oregon.
- Lynch, J. D. 2012. El contexto de las serpientes de Colombia con un análisis de las amenazas en contra de su conservación. *Revista Colombiana de Ciencias Exactas* 36 (140): 435-449.
- Morales-Betancourt, M. A., C. A. Lasso, F. Trujillo, J. de la Ossa, G. Forero y V. P. Páez. 2012. Amenazas a las poblaciones de tortugas continentales de Colombia. Pp. 453 - 522. *En: Morales-Betancourt, M. A., C. A. Lasso, J. de la Ossa y A. Fajardo-Patiño (Eds.). 2013. VIII. Biología y conservación de los Crocodylia de Colombia*.
- Morales-Betancourt, M. A. y C. A. Lasso. 2013. Amenazas a los Crocodylia en Colombia. Pp. 279 - 297. *En: Morales-Betancourt, M. A., C. A. Lasso, J. de la Ossa y A. Fajardo-Patiño (Eds.). 2013. VIII. Biología y conservación de los Crocodylia de Colombia*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS. 2012. Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE). Bogotá, D. C. 134 pp.
- Moyle, P. B. y R. A. Leidy. 1992. Loss of biodiversity in aquatic ecosystems: Evidence from fish faunas. Pp. 128-169. *En: P. L. Fiedler and S. A. Jain (Eds). Conservation Biology: The Theory and Practice of Nature Conservation, Preservation, and Management*. Chapman and Hall, New York.
- Montenegro, O. 2012. Importancia de los salados naturales en la cacería de fauna silvestre en la Amazonia occidental (Perú). P. 26. *En: Matallana, C. L., C. A. Lasso y M. P. Baptiste (Comp.). 2012. Carne de monte y consumo de fauna silvestre en la Orinoquia y Amazonia (Colombiana y Venezolana)*. Memorias del Taller Regional. Inirida, Guainía (Colombia), 16 al 20 de abril de 2012. Instituto de Investigación Alexander von Humboldt, Universidad Nacional de Colombia Sede Orinoquia, Bogotá.
- Mojica, J. I., J. S. Usma, R. Álvarez-León y C. A. Lasso (Eds.). 2012. Libro rojo de peces dulceacuicolas 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.
- Morales-Betancourt M. A., A. De la Ossa-Lacayo, J. De la Ossa, C. A. Lasso y F. Trujillo. 2013. Uso de Crocodylia en Colombia. Pp. 213-229. *En: Morales-Betancourt, M. A., C. A. Lasso, J. De la Ossa y A. Fajardo-Patiño (Eds.). 2013. VIII. Biología y conservación de los Crocodylia de Colombia*. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia
- Olivier, J., K. Probst, I. Renner y K. Riha. 2012. Adaptación basada en los ecosistemas (AbE), un nuevo enfoque para promover soluciones naturales para la adaptación al cambio climático en diferentes sectores. GIZ Eschborn, Alemania 20 pp.
- Páez, V. P., M. A. Morales-Betancourt, C. A. Lasso, O. V. Castaño-Mora y B. C. Bock (Eds). 2012. V. Biología y conservación de las tortugas 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, 528 pp.
- Pimentel, D., R. Zuniga y R. Morrison. 2005. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics*. 52: 273-88.
- Payán, E., C. Carbone, N. Pettorelli y K. Homewood. 2012. Sostenibilidad de la cacería dentro y fuera de un área protegida en la Amazonia colombiana. P. 34. *En: Matallana, C. L., C. A. Lasso y M. P. Baptiste (Comp.). 2012. Carne de monte y consumo de fauna silvestre en la Orinoquia y Amazonia (Colombiana y Venezolana)*. Memorias del Taller Regional. Inirida, Guainía (Colombia), 16 al 20 de abril de 2012. Instituto de Investigación Alexander von Humboldt, Universidad Nacional de Colombia Sede Orinoquia, Bogotá.
- Posey, M. H., C. Wigand y J. C. Stevenson. 1993. Effects of an introduced aquatic plants *Hydrilla verticillata*, on benthic communities in upper chesapeake bay. *Estuarine, coastal and Shelf Science* 37: 539-555.
- Quesnell, P. E., L. Fahrig y K. E. Lindsay. 2013. Effects of habitat loss, habitat configuration and matrix composition on declining wetland species. *Biological Conservation* 160: 200 - 208.
- Racero-Casarrubia, J. A., C. C. Vidal, O. D. y J. Ballesteros. 2008. Percepción y patrones de uso de fauna silvestre por las comunidades indígenas Embera-Katío en la cuenca del río San Jorge zona amortiguadora del PNN- Paramillo. *Revista de Estudios Sociales* 31: 118-131.
- Ramírez-Gil, H. y R. E. Ajiaco-Martínez. 2011. Diagnóstico de la pesquería en la cuenca del Orinoco. Pp. 169 - 198. *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*.
- Rivas, P. 2012. Cambio cultural y biodiversidad en las comunidades indígenas de la Orinoquia colombiana- venezolana: consideraciones sobre el manejo de la fauna. P.30. *En: Matallana, C. L., C. A. Lasso y M.*

AMENAZAS Y VULNERABILIDAD



F. Trujillo

- P. Baptiste (Comp.). 2012. Carne de monte y consumo de fauna silvestre en la Orinoquia y Amazonia (Colombiana y Venezolana). Memorias del Taller Regional. Inírida, Guainía (Colombia), 16 al 20 de abril de 2012. Instituto de Investigación Alexander von Humboldt, Universidad Nacional de Colombia Sede Orinoquia, Bogotá.
- Rivas-Abadía, X. R., S. C. Pazos, S. K. Castillo-Castillo y H. Pachón. 2010. Alimentos autóctonos de las comunidades indígenas y afrodescendientes de Colombia. *Archivos Latinoamericanos de nutrición*. 60 (3): 211-219.
 - Rodríguez-Mahecha, J. V., M. Alberico, F. Trujillo, y J. Jörgenson (Eds.). 2006. Libro rojo de los mamíferos de Colombia. Conservación Internacional Colombia y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá. 433 pp.
 - Rodríguez-Mahecha J. V. y J. I. Hernández-Camacho. 2002. Loros de Colombia. Conservación Internacional, Bogotá. 478 pp.
 - Rojas- Briñez, D. K. Comercio de fauna silvestre en el departamento del Tolima-Colombia bajo el contexto de la demanda internacional de especies. M.Sc. Gestión, Acceso y Conservación de Especies en Comercio: El Marco Internacional. Universidad Internacional de Andalucía. España. 111 pp.
 - Rueda-Almonacid, J. V. 1999. Anfíbios y reptiles amenazados de extinción en Colombia. *Revista Colombiana de las ciencias exactas*. 23: 475 – 497.
 - Sánchez-Silva, L. F. 2007. Caracterización de los grupos humanos rurales de la cuenca hidrográfica del Orinoco en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C., Colombia. 124 pp.
 - Simberloff, D., L. Marti, P. Genovesi, V. Maris, D. A. Wardle, J. Aronson, F. Courchamp, B. Galil, E. García-Berthou, M. Pascal, P. Pysek, R. Sousa, E. Tabacchi, y V. Montserrat. 2013. Impacts of biological invasions: what's: what and the way forward. *Trends in Ecology & Evolution* 28 (1): 58-66.
 - Snodgrass, J. W., J. Mark, A. Komoroski, B. Jr. Lawrence y J. Burger. 2000. Relationships among Isolated Wetland Size, Hydroperiod, and Amphibian Species Richness: Implications for Wetland Regulations. *Conservation Biology* 14 (2): 414-419
 - Sundar K. S. G. y S. Kittur. 2013. Can wetlands maintained for human use also help conserve biodiversity? Landscape-scale patterns of bird use of wetlands in an agricultural landscape in north India. *Biological Conservation* 168: 49-56.
 - Tafur, P. y O. Montenegro. 2012. Sostenibilidad de la cacería de mamíferos en la comunidad de Zancudo, Reserva Puinawai, Colombia: resultados y desafíos futuros en el uso de la fauna local. P. 33. *En: Matallana, C. L., C. A. Lasso y M. P. Baptiste (Comp.). Carne de monte y consumo de fauna silvestre en la Orinoquia y Amazonia (Colombiana y Venezolana). Memorias del Taller Regional. Inírida, Guainía (Colombia), 16 al 20 de abril de 2012. Instituto de Investigación Alexander von Humboldt, Universidad Nacional de Colombia Sede Orinoquia, Bogotá.*
 - Trujillo, F. 2009. Turismo de observación de fauna silvestre: aspectos relevantes para ser considerados. Pp 79- 85. *En: D. Uribe-Restrepo. Diagnóstico y bases para consolidar la estrategia de turismo sostenible en la Reserva de la Biosfera El Tuparro (RBT), Orinoquia colombiana. Fundación Omacha-Fundación Horizonte Verde. Bogotá, Colombia.*
 - Trujillo, F., A. Gärtner, D. Caicedo, M. C. Diazgranados. 2013. Diagnóstico del estado de conocimiento y de conservación de los mamíferos acuáticos en Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Fundación Omacha, Conservación Internacional y WWF. Bogotá. 312 pp.
 - Trujillo, F., M. Beltrán-Gutiérrez, A. Díaz-Pulido, A. Ferrer-Pérez y E. Payan-Garrido. 2010a. Mamíferos. Pp. 311- 336. *En: Lasso C. A., J.S. Usma, F. Trujillo y A. Rial (Eds.). Biodiversidad de la cuenca del Orinoco, bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Instituto de Investigación Alexander von Humboldt, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle e Instituto de Estudios de la Orinoquia. Bogotá, Colombia.*
 - Trujillo, F., C. A. Lasso, M. C. Diazgranados, O. Farina, L. E. Pérez, A. Barbarino, González M. y J. S. Usma. 2010b. Evaluación de la contaminación por mercurio en peces de interés comercial y de la concentración de organoclorados y organofosforados en el agua y sedimentos de la Orinoquia. Pp. 338-354. *En: Lasso, C.A., J.S. Usma, F. Trujillo y A. Rial (eds). 2010b. Biodiversidad de la cuenca del Orinoco, bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Instituto de Investigación Alexander von Humboldt, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle e Instituto de Estudios de la Orinoquia. Bogotá, Colombia.*
 - Utreras, V., F. Trujillo y J. S. Usma. 2013. Plan de acción para la conservación de los mamíferos acuáticos de la Amazonía ecuatoriana. Ministerio de Ambiente, Wildlife Conservation Society, Fundación Omacha, World Wildlife Fund. Quito. 72 pp.
 - Vanegas, B. C., M. P. Chaves, G. Beltrán, E. Díaz, M. P. Estrada, Y. González, y A. Muñoz. 2008. Creencias populares acerca de la curación del cáncer de próstata y cérvico uterino y experiencias de aplicación en pacientes de una institución de salud, Bogotá. *Revista Colombiana de Enfermería* 3 (3): 69 - 76.
 - Vargas-Tovar, N. 2011. Recopilación de estudios relativos al uso de carne de monte en Colombia, desarrollados a partir de 2001 y la identificación de casos representativos. Informe contrato 11-11-020-101PS Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C., Colombia. 103 pp.
 - Vargas-Tovar, N. 2012. Capítulo 3 Carne de monte y seguridad alimentaria: consumo, valor nutricional, relaciones sociales y bienestar humano en Colombia. Pp. 64 - 87. *En: Baptiste M. P., C. A. Lasso, C. L. Matallana, R. Moreno, R. Negrete y N. Vargas-Tovar. Carne de monte y seguridad alimentaria: Bases técnicas para una gestión integral en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, Colombia.*
 - Welcomme, R. L. 1981. Register of international transfers of inland fish species. *FAO Fisheries Technical Paper* 213. 120 pp.



8. CONCLUSIONES: aplicación de los criterios biológicos y ecológicos para la identificación, caracterización y establecimiento de límites en humedales

Carlos A. Lasso y Diana Morales-B.

Establecer criterios biológicos y ecológicos para identificar, caracterizar y delimitar los humedales en Colombia, requiere tener en consideración la complejidad de esos ecosistemas, así como las particularidades biogeográficas, hidrológicas y climáticas del país.

La biodiversidad es la base de la organización de todos los ecosistemas. Los ecosistemas acuáticos o humedales están interconectados y entender su funcionamiento requiere tener en consideración los siguientes aspectos: a) la dimensión longitudinal, que hace referencia a la conexión cuenca baja, media y alta; b) la dimensión lateral, expresada como la interacción de los organismos del cauce principal con los ecosistemas terrestres adyacentes (pulso de inundación); c) la dimensión vertical, dada por las diferencias abióticas que generan una zonación en las condiciones bióticas entre las aguas someras y profundas y d) la dimensión temporal, que explica la variación de las anteriores, asociada a los cambios en la temperatura, la precipitación y el nivel del caudal, factores determinantes para dar continuidad al ciclo de vida de las

diferentes especies. La cuenca, al conectar los diferentes humedales en sus cuatro dimensiones, se constituye como la unidad lógica de manejo y conservación de los ecosistemas o ambientes acuáticos, para poder mantener las funciones y servicios que genera la interacción de las especies con su medio físico.

Dos pasos previos son fundamentales para la etapa final del proceso de establecer los límites desde el punto de vista biológico y ecológico. El primero es la identificación y tipificación del humedal -totalmente necesario- y el segundo, la caracterización, que si bien es clave, no necesariamente condiciona el proceso final de definir los límites del humedal.

Identificación

A lo largo del documento ha quedado claro que los humedales son sistemas muy complejos en términos espaciales y temporales, y que su definición o identificación depende de varios factores. Ahora bien, hay tres elementos clave en esta etapa que permiten diferenciar estos ecosistemas de los terrestres:

CONCLUSIONES

1. La presencia de agua en sus diferentes formas o expresiones, lo que constituye un **criterio hidrológico** (p. e. la presencia evidente del espejo o lámina de agua, su superficie, volumen, presencia de ambientes húmedos, etc.). Su identificación debe hacerse preferiblemente en el periodo de máxima inundación.
2. La existencia de una cubeta diferenciable del resto del terreno o el paisaje, que sería un **criterio geomorfológico** (geoforma que permite la retención, estancamiento -sistema léntico- o flujo continuo o parcial -sistemas lóticos- y el afloramiento del agua). Aquí hay que tomar en cuenta no solo el área o volumen del cuerpo de agua en cuestión, sino su relación con las áreas terrestres adyacentes y lo que se ha denominado la “Zona de Transición Acuático-Terrestre” (ATTZ), que puede ir desde unos pocos metros como por ejemplo en los bosques riparios en arroyos, quebradas o ríos de montaña, hasta cientos de metros e incluso kilómetros en los grandes ríos con planicies de inundación.
3. Una biota particular u organismos asociados y adaptados al ambiente acuático o semiacuático (presencia permanente u estacional de acuerdo a su ciclo de vida), que indica la existencia del humedal. Este se denomina **criterio biológico y ecológico**. Hay entonces microorganismos de los cinco reinos, Monera, Protista, Fungi, Plantae y Animalia, así como especies de mayor tamaño del Reino Vegetal y Animal característicos e indicadores del humedal. Obviamente, aquellas especies (peces, plancton, algunos macroinvertebrados acuáticos, etc.), que cumplen todo su ciclo de vida dentro del agua (respiración branquial

obligada), muestran claramente que estamos frente a un ambiente acuático, pero la constatación de su presencia e identificación requieren de aproximaciones metodológicas más detalladas que no necesariamente se pueden hacer al momento de identificar el humedal. Es por ello entonces, que el grupo biológico por excelencia y de más fácil aplicación para la detección de un humedal, es el de las plantas acuáticas o macrófitas. Su dominancia en estos ambientes, la fácil visualización y la estrecha relación con la presencia de agua o humedad en el suelo, es el factor clave para la detección del humedal aún incluso en condiciones de afectación antrópica severa del mismo. Este criterio es de consenso y aceptación entre los especialistas en la materia a nivel mundial. Deben considerarse entonces tanto las plantas estrictamente acuáticas (hidrófitas), como las que se encuentran en ambos medios (anfibia o helófitas), incluyendo las variaciones o fenotipos de una misma especie (ecofenos); hábitos (arraigadas emergentes, arraigadas flotantes, flotantes libres y sumergidas) y su grado de permanencia en el humedal: apenas unos días (efímeras), unos meses (temporales) o todo el año (permanentes).

De manera adicional a estos tres elementos que en si constituyen ya tres criterios (hidrológicos, geomorfológicos y bióticos), habría dos criterios más que complementarían la identificación del humedal: los **criterios edafológicos** y los **criterios geoquímicos** del agua.

El siguiente paso tras la identificación del humedal o complejo de humedales es la tipificación preliminar (**tipología**). Para

efectos de la biota se recomienda al menos lo siguiente:

- Ubicación biogeográfica (cuena, subcuena, microcuena): Amazonas, Orinoco, Caribe, Magdalena-Cauca, Pacífico.
- Interior o costero (agua dulce, salada, salobre).
- Nombre autóctono.
- Humedal natural, creado por el hombre (artificial) o muy intervenido (regulado o transformado).
- Tipo de flujo: léntico *versus* lótico (o ambos).
- Permanencia del agua: humedal estacional o permanente.
- Tipología de aguas: blancas, claras y negras *sensu* Sioli (1965). Solo aplica con total propiedad en algunas cuencas (Amazonas, Orinoco). Para las demás se requiere hacer ajustes.

Caracterización

Partiendo de una base cartográfica o sistema de información geográfica apropiado, entendiendo los aspectos hidrológicos, así como la geomorfología, edafología y geoquímica del humedal, el siguiente paso es la caracterización de la biodiversidad del humedal.

Existen múltiples enfoques metodológicos en la literatura para la caracterización de la biota acuática. Cada uno de ellos tiene diferentes objetivos y niveles de profundidad, pero su aplicación dependerá en gran medida del tiempo y los recursos disponibles. Lo ideal es caracterizar todos los grupos acuáticos y semiacuáticos en las diferentes hidrofases o épocas climáticas, dependiendo del humedal en cuestión: lluvias-sequía o aguas altas, bajada de aguas, aguas bajas o estiaje y subida de aguas, pero esto no es siempre posible, por lo que se recomiendan evaluaciones



F. Ochoa

biológicas rápidas de la biodiversidad en conjunto con el componente social (aspectos socioecosistémicos), tipo AquaRAP (*Rapid Assessment Program*), aproximación muy eficiente y aplicable en corto tiempo en ambientes tropicales inundables y estacionales. En el caso colombiano la recomendación es construir una propuesta metodológica basada en esta idea original pero adaptada a nuestra realidad y experiencia, tal que pueda ser aplicable en las diferentes regiones del país y por ende comparable a corto, mediano y largo plazo. La experiencia institucional con Ecopetrol (Corzo *et al.* 2011), con las adaptaciones metodológicas del caso específicas para los humedales (ver Lasso 2014), son recomendadas para la evaluación de las diferentes ventanas en los complejos de humedales.

Si las condiciones lo permiten, lo ideal sería hacerlo en los cuatro hidroperiodos. Si esto no es posible, entonces habría que considerar las dos épocas más contrastantes (lluvias-sequía o aguas altas-bajas) para tener una panorámica global y finalmente por razones de efectividad (curvas de acumulación de especies) durante el muestreo, habría que hacerlo como mínimo en la época seca.

Los componentes de la biota a considerar son los siguientes:

Plantas acuáticas. Obligatorio.

Incluye el inventario de especies (composición), hábitos (zonificación interna del humedal), ecofenos, grado de permanencia en el humedal y cobertura. No olvidar la caracterización de la ATTZ y en especial de los bosques inundables.

Algas y fitoplancton. Opcional.

Incluye el inventario de especies, tipos biológicos según sus estrategias de vida (planctónicas, perifíticas,

CONCLUSIONES

meroplancónicas, neustónicas, fagocíticas, osmotróficas, saprotróficas, criofílicas, alcalófilas, halófilas, etc.); biomasa, producción; productividad fitoplanctónica y determinaciones de clorofila (este último a escala de paisaje); frústulos, tecas, quistes y restos de pared celulósica, cuando la presencia de agua no es evidente en humedales esporádicos e intermitentes.

Zooplankton. Opcional.

Incluye el inventario de especies, grupos (protozoarios, cladóceros y copépodos); abundancia (densidad); análisis biogeográfico a escala regional (longitud, latitud, altitud y conectividad).

Macroinvertebrados acuáticos (insectos acuáticos, crustáceos, moluscos) y esponjas. Obligatorio.

Incluye tipos según el hábitat (de agua superficial y freáticos) y estrategias de acuerdo a la temporalidad del hábitat (obligados, preferenciales y facultativos); el inventario de especies de los diferentes grupos: insectos acuáticos (especialmente Diptera, que incluye Simuliidae-Chironomidae; Coleoptera, Elmidae-Dytiscidae; Hemiptera, Corixidae-Notonectidae; Odonata; Trichoptera-Leptoceridae); crustáceos (camarones y cangrejos); moluscos (caracoles y bivalvos) y esponjas. También son útiles los exoesqueletos, restos quitinosos y cápsulas cefálicas (insectos), huevos y conchas de caracoles, restos de caparzones (cangrejos) y esponjas.

Peces. Obligatorio.

Incluye el inventario de especies, ensamblajes en el gradiente altitudinal (beta diversidad); número de especies o riqueza (alfa diversidad); dinámica hidrológica y su influencia sobre la estructura de los ensamblajes; interacción entre la

estacionalidad (climática), conexión hidrológica, área y volumen del cuerpo de agua.

Anfibios. Obligatorio.

Incluye el inventario de especies, particularmente para las especies estrictamente acuáticas; estructura (abundancia, densidad y biomasa); función (dinámica trófica); atención especial a las fases acuáticas obligadas durante el ciclo de vida (renacuajos).

Serpientes y culebras: Opcional.

Incluye el inventario de especies, particularmente para las especies estrictamente acuáticas; hábitos reproductivos y tróficos (independientes o no del medio acuático).

Tortugas y crocodílidos. Obligatorio.

Incluye el inventario de especies; considerar los hábitos estrictamente acuáticos o semiacuáticos; estrategias reproductivas y tróficas; incluir tanto el cuerpo de agua como la ATTZ a efectos reproductivos (nidos) y de refugio (madrigueras, guaridas).

Aves. Obligatorio.

Incluye el inventario de especies; considerar los hábitos estrictamente acuáticos o semiacuáticos; estrategias reproductivas (colonias reproductivas asentadas en humedales) y tróficas; migraciones (humedales como áreas de paso, descanso, refugio y alimentación).

Mamíferos. Obligatorio (especies estrictamente acuáticas o semiacuáticas) y/o opcional (especies asociadas a humedales). Incluye el inventario de especies; considerar los hábitos estrictamente acuáticos (delfines, manatíes) o semiacuáticos (p. e. murciélagos, chiguüiros, dantas, etc.) y especies asociadas a humedales (mustélidos,

félidos, edentados, etc.); estrategias reproductivas. Al igual que algunos reptiles es fundamental considerar toda la ATTZ para temas reproductivos (nidos), tróficos (áreas de alimentación) y de refugio (madrigueras, refugios), con la particularidad de que en este caso los mamíferos usan extensiones de cientos o miles de kilómetros (corredores biológicos).

Establecimiento de límites

El criterio fundamental que permite definir el límite del humedal de tal forma que se mantengan sus funciones ecosistémicas, es la máxima amplitud del pulso de inundación de acuerdo a la definición de Junk *et al.* (1989). Otra forma de expresar lo mismo, tal como aparece en la literatura y el lenguaje que manejan los especialistas de diferentes ciencias, es lo que se denomina cota histórica máxima de inundación. Esta obviamente variará de un cuenca a otra y dependerá en gran medida del tipo o complejo de humedales, pero en cualquier caso debe contar con información hidrológica (niveles) y climática suficiente -series históricas de datos cuanto más completas o antiguas mejor-, antes de tomar una decisión. Como puede observarse este es un criterio netamente hidrológico.

Por otro lado, ya hemos visto en las secciones precedentes, cómo los aspectos ecológicos y los grupos biológicos pueden aportar de diferente manera y utilidad al proceso de delimitar. Hay elementos de la historia de vida de las especies que apuntan hacia eso de manera directa (la presencia de individuos vivos que habitan el cuerpo de agua) e indirectos (restos de estos organismos, exoesqueletos, huevos, refugios, madrigueras y nidos, entre otros), en la zona de transición acuático-terrestre (ATTZ). Ahora bien, entre la biota acuática es consenso global que las

plantas acuáticas al evidenciar claramente esta ATTZ, permiten “marcar o trazar” el límite del humedal, siempre y cuando esta no haya sido removida por eventos antrópicos o naturales recientes de gran magnitud. En cualquier caso, este criterio es el de más fácil aplicación y entendimiento entre los diferentes grupos biológicos, pero no es suficiente por sí mismo. Por último una delimitación apropiada de cualquier humedal, precisa además de los grupos biológicos, de los criterios físicos: hidrológicos, geomorfológicos, edafológicos y geoquímicos. La combinación de todas estas aproximaciones junto con los aspectos socioecosistémicos garantizará un proceso adecuado para reconocer los límites de cualquier humedal.

Bibliografía

- Corzo, G., M. C. Londoño-Murcia, W. Ramírez, H. García, C. A. Lasso y B. Salamanca. 2011. Planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en las áreas operativas de Ecopetrol localizadas en el Magdalena Medio y los Llanos Orientales de Colombia. Instituto Alexander von Humboldt y Ecopetrol S.A. Bogotá D.C. Colombia. 242 pp.
- Junk, W. J., P. B. Bayley y R. E. Sparks. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences* 106: 110-127.
- Lasso, C. A. 2014. Descripción metodológica para evaluación biológica en los complejos de humedales de Paz de Ariporo (Casanare). Insumo técnico para la caracterización y el establecimiento de límites del complejo de humedales. Programa de Biología de la Conservación y Uso de la Biodiversidad. Convenio 13-014 (FA 005 de 2013). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH) y Fondo de Adaptación.
- Sioli, H. 1965. Demerkung zur Typologie amazonischer Flusse. *Amazoniana* 1: 74-83.



F. Ochoa

ANEXOS



Confluencia río Bitá y Orinoco. Foto: F. Trujillo

Anexo 1. Distribución de crustáceos por cuencas. Fuente: Lasso y Morales-Betancourt (datos no publicados) basado en: Campos (2005), Valencia y Campos (2007), Cumberlidge *et al.* (2009).

Familia	Especie	Amazonas	Caribe	Magdalena - Cauca	Orinoco	Pacífico
CANGREJOS	<i>Trichodactylus faxoni</i>	x				
	<i>Trichodactylus quinqueidentatus</i>		x	x	x	
	<i>Sylvio carcinus devillei</i>	x				
	<i>Sylvio carcinus pictus</i>	x				
	<i>Sylvio carcinus piriformis</i>		x	x		
	<i>Valdivia serrata</i>	x				
	<i>Forsteria venezuelensis</i>	x				
	<i>Bottiella cucutensis</i>		x			
	<i>Bottiella medemi</i>		x	x		
	<i>Bottiella niceforei</i>			x		
	<i>Moreirocarcinus emarginatus</i>	x				
	<i>Moreirocarcinus laevifrons</i>	x				
	<i>Dilo carcinus pagei</i>	x				
	<i>Poppiana dentata</i>		x			
	<i>Strengeriana antioquiensis</i>				x	
<i>Strengeriana bolivarensis</i>				x		
<i>Strengeriana cajaensis</i>				x		
<i>Strengeriana casallasi</i>				x		
<i>Strengeriana chaparralensis</i>				x		
<i>Strengeriana florenciae</i>				x		
<i>Strengeriana flagellata</i>				x		
<i>Strengeriana foresti</i>				x		
<i>Strengeriana fuhrmanni</i>				x		
<i>Strengeriana huilensis</i>				x		
<i>Strengeriana maniformis</i>				x		
Pseudothelphusidae						

A. Ortega



Anexo 1. Continuación.

Familia	Especie	Amazonas	Caribe	Magdalena - Cauca	Orinoco	Pacífico
	<i>Strengeriana restrepoi</i>			x		
	<i>Strengeriana risaraldensis</i>			x		
	<i>Strengeriana taitronae</i>		x			
	<i>Strengeriana tolimensis</i>			x		
	<i>Chaceus cesarensis</i>		x			
	<i>Chaceus curumanensis</i>		x			
	<i>Chaceus davidi</i>		x			
	<i>Chaceus ibiricensis</i>		x			
	<i>Chaceus nasutus</i>		x			
	<i>Chaceus pearsei</i>		x			
	<i>Phallangothelphusa dispar</i>			x		
	<i>Phallangothelphusa magdalenensis</i>			x		
	<i>Martiana clausa</i>		x			
	<i>Neostrengeria appressa</i>		x			
	<i>Neostrengeria aspera</i>			x		
	<i>Neostrengeria binderi</i>			x		
	<i>Neostrengeria botti</i>			x		
	<i>Neostrengeria boyacensis</i>			x	x	
	<i>Neostrengeria charalensis</i>			x		
	<i>Neostrengeria gilberti</i>			x		
	<i>Neostrengeria guenteri</i>				x	
	<i>Neostrengeria lasallei</i>			x	x	
	<i>Neostrengeria lemaitrei</i>			x		
	<i>Neostrengeria libradensis</i>				x	
	<i>Neostrengeria lindigiana</i>			x	x	
	<i>Neostrengeria lobulata</i>		x			
	<i>Neostrengeria macarenae</i>				x	

Anexo 1. Continuación.

Familia	Especie	Amazonas	Caribe	Magdalena - Cauca	Orinoco	Pacífico
	<i>Neostrengeria macropa</i>			x		
	<i>Neostrengeria monterrendoensis</i>				x	
	<i>Neostrengeria niceforoi</i>			x		
	<i>Neostrengeria perijaensis</i>			x		
	<i>Neostrengeria sketi</i>			x		
	<i>Neostrengeria tencalanensis</i>		x	x		
	<i>Neostrengeria tonensis</i>			x		
	<i>Moritschus altaquerensis</i>					x
	<i>Moritschus caucasensis</i>					x
	<i>Moritschus narinnensis</i>					x
	<i>Hypolobocera alata</i>			x		x
	<i>Hypolobocera andagoensis</i>					x
	<i>Hypolobocera barbaciensis</i>					x
	<i>Hypolobocera beieri</i>			x		x
	<i>Hypolobocera bouvieri bouvieri</i>		x	x		
	<i>Hypolobocera bouvieri angulata</i>		x	x		
	<i>Hypolobocera bouvieri monticola</i>			x		x
	<i>Hypolobocera bouvieri stenobata</i>			x		
	<i>Hypolobocera buenaventurensis</i>					x
	<i>Hypolobocera cajambrensis</i>					x
	<i>Hypolobocera chocoensis</i>		x			x
	<i>Hypolobocera dentata</i>			x		x
	<i>Hypolobocera emberarum</i>		x			
	<i>Hypolobocera gorgomensis</i>					x
	<i>Hypolobocera kamsarum</i>	x				
	<i>Hypolobocera llorensensis</i>		x			x
	<i>Hypolobocera malagena</i>					x

A. Ortega



ANEXOS

Anexo 1. Continuación.

Familia	Especie	Amazonas	Caribe	Magdalena - Cauca	Orinoco	Pacífico
Pseudothelphusidae	<i>Hypobocera martelathani</i>			x		
	<i>Hypobocera meineli</i>					x
	<i>Hypobocera murindensis</i>		x			
	<i>Hypobocera mutisi</i>					x
	<i>Hypobocera noanamensis</i>					x
	<i>Hypobocera rotundilobata</i>					x
	<i>Hypobocera steindachneri</i>			x		
	<i>Hypobocera velezi</i>		x			
	<i>Lindacatalina latipenis</i>	x				
	<i>Lindacatalina orientalis</i>	x				x
	<i>Lindacatalina sinuensis</i>		x			
	<i>Lindacatalina sumacensis</i>					
	<i>Eudaniela casanarensis</i>				x	
	<i>Orthothelphusa holthuisi</i>		x			
	<i>Prionothelphusa eliasi</i>	x			x	
	<i>Fredius granulatus</i>	x				
<i>Potamocarcinus colombiensis</i>					x	
<i>Potamocarcinus pinzoni</i>		x				
CAMARONES						
Atyidae	<i>Atya crassa</i>					x
	<i>Atya innocous</i>		x			
	<i>Atya scabra</i>		x			
	<i>Potimirim glabra</i>		x			x
Palaemonidae	<i>Macrobrachium acanthurus</i>		x	x		
	<i>Macrobrachium amazonicum</i>	x			x	
	<i>Macrobrachium americanum</i>					x
	<i>Macrobrachium brasiliense</i>	x			x	

Anexo 1. Continuación.

Familia	Especie	Amazonas	Caribe	Magdalena - Cauca	Orinoco	Pacífico
Palaemonidae	<i>Macrobrachium carcinus</i>		x		x	
	<i>Macrobrachium cortezi</i>	x			x	
	<i>Macrobrachium crenulatum</i>		x			
	<i>Macrobrachium digueti</i>					x
	<i>Macrobrachium fastinum</i>		x			
	<i>Macrobrachium ferreirai</i>				x	
	<i>Macrobrachium hancocki</i>					x
	<i>Macrobrachium heterochirus</i>					
	<i>Macrobrachium nattereri</i>	x		x		
	<i>Macrobrachium olfersii</i>		x			
	<i>Macrobrachium panamense</i>					x
	<i>Macrobrachium praecox</i>		x			
	<i>Macrobrachium rathbunae</i>					x
<i>Macrobrachium reyesi</i>				x		
<i>Macrobrachium surinamicum</i>				x		
<i>Macrobrachium tenellum</i>					x	
<i>Macrobrachium transandicum</i>					x	

A. Ortega



ANEXOS



A. Ortega

Anexo 2. Distribución de moluscos por cuencas. Fuente: Lasso y Morales-Betancourt (datos no publicados), basado en: Simone (2006), Ituarte *et al.* (2008), Lasso *et al.* (2009) y Linares y Vera (2012).

Taxa	Amazonas	Caribe	Magdalena - Cauca	Orinoco	Pacífico
GASTROPODA					
Ampullariidae					
<i>Asolene crassa</i> (Swainson, 1823)		x	x		
<i>Asolene petiti</i> (Crosse, 1891)	x		x		
<i>Marisa cornuarietis</i> (Linnaeus, 1758)		x	x	x	
<i>Pomacea aldersoni</i> Pain, 1946	x		x		
<i>Pomacea aurostoma</i> (Lea, 1856)		x	x		
<i>Pomacea bridgesii</i> (Reeve, 1856)	x				
<i>Pomacea canaliculata</i> (Lamarck, 1852)	x				
<i>Pomacea castelloi</i> (Sowerby, 1894)				x	
<i>Pomacea castelnaudii</i> (Hupé, 1857)	x				
<i>Pomacea chemnitzii</i> (Philippi, 1852)		x	x		
<i>Pomacea columbiensis</i> (Phillippi, 1851)			x		
<i>Pomacea cornucopia</i> (Reeve, 1856)			x		
<i>Pomacea cumingii</i> (King y Broderip, 1831)		x			
<i>Pomacea dolioides</i> (Reeve, 1856)				x	
<i>Pomacea flagellata</i> (Say, 1829)		x	x		
<i>Pomacea glauca</i> (Linnaeus, 1758)		x		x	
<i>Pomacea haustum</i> (Reeve, 1856)			x		
<i>Pomacea hollingsworthi</i> (Pain, 1946)			x		
<i>Pomacea interrupta</i> (Sowerby, 1909)				x	
<i>Pomacea lineata</i> (Spix y Wagner, 1827)			x		
<i>Pomacea martinezi</i> (Hidalgo, 1866)			x		
<i>Pomacea nubila</i> (Reeve, 1856)	x			x	
<i>Pomacea oblonga</i> (Swainson, 1823)				x	
<i>Pomacea ocanensis</i> (Kobelt, 1914)			x		
<i>Pomacea palmeri</i> (Marshall, 1930)			x		
<i>Pomacea papyracea</i> (Spix y Wagener, 1827)				x	
<i>Pomacea pealiana</i> (Lea, 1838)		x	x		
<i>Pomacea producta</i> (Reeve, 1856)			x	x	

Anexo 2. Continuación.

Taxa	Amazonas	Caribe	Magdalena - Cauca	Orinoco	Pacífico
<i>Pomacea reflexa</i> (Swainson, 1823)		x	x	x	
<i>Pomacea semitecta</i> (Mousson, 1873)			x	x	
<i>Pomacea superba</i> (Marshall, 1926)		x	x	x	
<i>Pomacea urceus</i> (Müller, 1774)		x	x	x	
<i>Pomacea zeteki</i> Morrison, 1946		x			
<i>Pomacea zonata</i> (Spix y Wagener, 1827)		x			
Planorbidae					
<i>Biomphalaria amazonica</i> Paraense, 1966	x				
<i>Biomphalaria edisoni</i> Estrada <i>et al.</i> 2006			x		
<i>Biomphalaria glabrata</i> (Say, 1818)		x			
<i>Biomphalaria kuhniiana</i> (Clessin, 1886)	x	x	x	x	
<i>Biomphalaria pallida</i> (Adams, 1846)			x		
<i>Biomphalaria peregrina</i> (d'Orbigny, 1835)		x	x		
<i>Biomphalaria prona</i> (Martens, 1873)		x	x		
<i>Biomphalaria straminea</i> (Dunker, 1848)		x	x		
Thiaridae					
<i>Melanooides tuberculatus</i> (Müller, 1774)		x	x	x	
<i>Thiara granifera</i> (Lamarck, 1822)		x	x		
BIVALVIA					
Cyrenidae					
<i>Corbicula fluminea</i> (Müller, 1744) *			x		
<i>Cyanocyclus regalis</i> (Prime 1865)		x			
<i>Polymesoda arctata</i> (Deshayes, 1854)			x		
Dreissenidae					
<i>Mytilopsis leucophaeta</i> (Conrad, 1831)			x		
<i>Mytilopsis trautwineana</i> (Tryon, 1866)		x	x		
<i>Mytilopsis sallei</i> (Récluz, 1849)		x	x		
Etheriidae					
<i>Acostaea rivoli</i> (Deshayes, 1827)			x		
Hyriidae					
<i>Castalia ambigua</i> Lamarck, 1819	x				
<i>Castalia ecarinata</i> Mousson, 1869		x	x		

ANEXOS



A. Ortega

Anexo 2. Continuación.

Taxa	Amazonas	Caribe	Magdalena - Cauca	Orinoco	Pacífico
<i>Castalia stevensi</i> (H. B. Baker, 1930)				x	
<i>Diplodon losadae</i> Haas 1820				x	
<i>Prisodon syrmatophorus</i> (Meuschen, 1781)				x	
<i>Rhipidodonta demeraraensis</i> Mörch, 1853				x	
<i>Triplodon corrugatus</i> (Lamarck 1819)	x				
Mycetopodidae					
<i>Anodontites carinata</i> (Dunker, 1858)		x	x		
<i>Anodontites colombiensis</i> Marshall, 1922		x	x	x	
<i>Anodontites crispata</i> Bruguière, 1792	x			x	
<i>Anodontites elongatus</i> (Swainson 1823)			x	x	
<i>Anodontites tehuantepecensis</i> (Crosse y Fischer, 1893)		x			
<i>Anodontites tortilis</i> (Lea 1852)		x	x	x	
<i>Anodontites trapesialis</i> (Lamarck 1819)	x	x	x	x	
<i>Anodontites trigona</i> (Spix y Wagner, 1827)	x		x		
<i>Diplodontites cooki</i> Marshall, 1922		x	x		
<i>Diplodontites olsoni</i> Pilsbry, 1933		x			
<i>Diplodontites pilsbryana</i> Olsson y Wurtz 1951			x		
<i>Mycetopoda siliquosa</i> (Spix y Wagner, 1827)		x	x	x	
<i>Mycetopoda soleniformis</i> (d'Orbigny, 1835)				x	
<i>Mycetopodella falcata</i> (Higgins, 1868)				x	
<i>Tamsiella tamsiana</i> (Dunker, 1858)		x			
Sphaeriidae					
<i>Eupera bahiensis</i> (Spix y Wagner, 1827)		x		x	
<i>Pisidium sterkianum</i> (Pilsbry, 1897)		x			
<i>Sphaerium forbesi</i> (Philippi, 1869)			x		
<i>Sphaerium murilloi</i> (Clench, 1939)		x		x	

* Introducida

Anexo 3. Distribución de las especies semiacuáticas de anfibios asociadas a los ambientes de humedales en Colombia.

Familia	Especies	Región	Altitud (m s.n.m.)
Hylidae	Páramos y subpáramos		
	<i>Dendropsophus labialis</i> (Peters, 1863)*	Andina	1600-4200
	<i>Dendropsophus lueddeckei</i> Guarnizo, Escallón, Cannatella & Amézquita*	Andina	2430-3500
	<i>Dendropsophus meridensis</i> (Rivero, 1961)*	Andina	2200-3400
	<i>Hyloscirtus tigrinus</i> Mueses & Anganoy, 2008	Andina	2720- 3467
	Bosques andinos y subandinos		
	<i>Dendropsophus bogerti</i> (Cochran & Goin, 1970)	Andina	1256-2580
	<i>Dendropsophus columbianus</i> (Boettger, 1892)	Andina	950-2300
	<i>Dendropsophus garagoensis</i> (Kaplan, 1991)	Andina	2000-2570
	<i>Dendropsophus norandinus</i> Rivera & Gutierrez, 2012	Andina	1420-1950
<i>Dendropsophus padreluna</i> (Kaplan & Ruiz, 1997)	Andina	1882-2328	
<i>Dendropsophus praestans</i> (Duellman & Trueb, 1983)	Andina	1750-2200	
<i>Dendropsophus stingi</i> (Kaplan, 1994)	Andina	1400-2020	
<i>Dendropsophus virolinensis</i> (Kaplan & Ruiz, 1997)	Andina	1600-2400	
<i>Scinax mamrriquei</i> Barrio-Amorós, Orellana, & Chacón-Ortiz, 2004	Andina	600-1700	
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus colombiensis</i> Heyer, 1994*	Andina, Valle del Magdalena, Orinoquia	180-2800
Tierras bajas y áreas asociadas a estribaciones andinas			
Bufonidae	<i>Rhinella marina</i> (Linnaeus, 1758)*	Tierras bajas Colombia	0-2200
	<i>Dendropsophus bifurcus</i> (Andersson, 1945)	Amazonia	380-500
	<i>Dendropsophus bokermanni</i> (Goin, 1960)	Amazonia	70-1390
Hylidae	<i>Dendropsophus brevifrons</i> (Duellman & Crump, 1974)	Amazonia	70-1300
	<i>Dendropsophus ebraccatus</i> (Cope, 1874)*	Andina, Pacífico, Magdalena, Caribe	100-1720

ANEXOS

Anexo 3. Continuación.

Familia	Especies	Región	Altitud (m s.n.m.)
	Tierras bajas y estribaciones andinas		
	<i>Dendropsophus frosti</i> Motta, Castroviejo, Venegas, Orrico & Padiá, 2012	Amazonia	100
	<i>Dendropsophus haraldschultzi</i> Bokermann, 1962	Amazonia	70-100
	<i>Dendropsophus leali</i> (Bokermann, 1964)	Amazonia	70-100
	<i>Dendropsophus leucophyllatus</i> (Beireis, 1783)	Amazonia, Orinoquia	70-500
	<i>Dendropsophus mathiassoni</i> (Cochran & Goin, 1970)	Orinoquia	50-1125
	<i>Dendropsophus microcephalus</i> (Cope, 1886)*	Norte de Orinoquia, Caribe, Magdalena	0-1800
	<i>Dendropsophus miyatai</i> (Vigle & Góberdhan-Vigle, 1990)	Amazonia	70-150
	<i>Dendropsophus parviceps</i> (Boulenger, 1882)	Amazonia	70-1300
	<i>Dendropsophus phlebodes</i> (Stenjer, 1906)	Amazonia	0-700
	<i>Dendropsophus sarayacuensis</i> (Shreve, 1935)	Amazonia	70-150
Hylidae	<i>Dendropsophus subocularis</i> (Dunn, 1934)*	Andina, Caribe, Magdalena, Pacífico norte	0-1650
	<i>Dendropsophus triangulum</i> (Günther, 1869)	Amazonia	70-450
	<i>Hypsiboas cinerascens</i> (Spix, 1824)	Amazonia, Orinoquia	90-480
	<i>Hypsiboas nympha Faivovich, Morave, Cisneros & Kohler, 2006</i>	Amazonia	70-90
	<i>Hypsiboas punctatus</i> (Schneider, 1799)*	Amazonia, Orinoquia,	90-1590
	<i>Hypsiboas raniceps</i> Cope, 1862	Amazonia	90
	<i>Scarthyla goinorum</i> (Bokermann, 1962)	Amazonia	50-200
	<i>Scarthyla vigilans</i> (Solano, 1971)	Valle del Magdalena, Caribe, Orinoquia	0-600
	<i>Scinax cruentommus</i> (Duellman, 1972)	Amazonia	70-230
	<i>Scinax garbei</i> (Miranda-Ribeiro, 1926)	Amazonia	50-300

Anexo 3. Continuación.

Familia	Especies	Región	Altitud (m s.n.m.)
	<i>Scinax kennedyi</i> (Pyburn, 1973)	Orinoquia	148-405
	<i>Scinax ruber</i> (Laurenti, 1768)*	Tierras bajas	0-1750
	<i>Scinax wandae</i> (Pyburn & Fouquette, 1971)	Orinoquia	35-800
Hylidae	<i>Scinax x-signatus</i> (Spix, 1824)*	Valle del Magdalena, Caribe, Orinoquia	40-2200
	<i>Sphaenorhynchus carneus</i> (Cope, 1868)	Amazonia	70-260
	<i>Sphaenorhynchus dorisae</i> (Goin, 1957)	Amazonia	70-100
	<i>Sphaenorhynchus lacteus</i> (Daudin, 1802)	Amazonia, Orinoquia	60-260
	<i>Leptodactylus bolivianus</i> Boulenger, 1898	Amazonia	87-100
	<i>Leptodactylus diédrus</i> Heyer, 1994	Amazonia	90-200
	<i>Leptodactylus discodactylus</i> Boulenger, 1884 "1883"	Amazonia	90-250
	<i>Leptodactylus insularum</i> Barbour, 1906*	Caribe, Valle del Magdalena, Orinoquia	0-1400
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus leptodactyloides</i> (Anderson, 1945)	Amazonia	75-740
	<i>Leptodactylus macrosternum</i> Miranda-Ribeiro, 1926	Orinoquia	40-460
	<i>Leptodactylus melanotus</i> (Hallowell, 1861 "1860")	Pacífico	20-400
	<i>Leptodactylus petersii</i> (Steindachner, 1864)	Amazonia, Orinoquia	0-400
	<i>Leptodactylus wagneri</i> (Peters, 1862)*	Amazonia, Andina	100-1180
	<i>Lithobates catesbeianus</i> (Shaw, 1802)*	Andina, Caribe	400-1700
Ranidae	<i>Lithobates palmipes</i> (Spix, 1824)*	Andina, Orinoquia, Amazonia	150-1000
	<i>Lithobates vaillanti</i> (Brocchi, 1877)*	Andina, Valle del Magdalena, Caribe, Pacífico.	0-1700

*Por sus patrones altitudinales de distribución pueden alcanzar otros ecosistemas, considerándose especies de amplia distribución altitudinal.

A. Ortega



ANEXOS



A. Ortega

Anexo 4. Distribución de aves acuáticas y semiacuáticas por cuencas. Fuente: Morales-Betancourt y Lasso (datos no publicados).

Familia/especie	Amazonas	Caribe	Magdalena - Cauca	Orinoco	Pacífico
Anhimidae					
<i>Anhima cornuta</i>	x	x	x	x	
<i>Chauna chavaria</i>		x	x		
Accipitridae					
<i>Helicolestes hamatus</i>	x	x	x	x	
<i>Circus cyaneus</i>			x		x
<i>Circus cinereus</i>			x		
<i>Circus buffoni</i>				x	
<i>Buteogallus anthracinus</i>		x	x		x
<i>Buteogallus urubitinga</i>		x	x		x
<i>Busarellus nigricollis</i>	x	x		x	
<i>Rostrhamus sociabilis</i>		x	x		
Alcedinidae					
<i>Ceryle torquata</i>	x	x	x	x	x
<i>Chloroceryle aenea</i>	x	x	x	x	x
<i>Chloroceryle amazona</i>	x	x	x	x	x
<i>Chloroceryle americana</i>	x	x	x	x	x
<i>Chloroceryle inda</i>	x	x		x	x
<i>Megaceryle torquata</i>	x	x	x	x	x
<i>Megaceryle alcyon*</i>		x	x		
Anatidae					
<i>Amazonetta brasiliensis</i>				x	
<i>Anas americana*</i>		x	x		x
<i>Anas andium</i>			x		
<i>Anas acuta*</i>		x	x		x
<i>Anas crecca</i>		x	x		x
<i>Anas discors*</i>	x	x	x	x	x
<i>Anas bahamensis</i>		x			
<i>Anas cyanoptera</i>			x		
<i>Anas clypeata</i>		x	x		x
<i>Anas georgica</i>			x		
<i>Anas flavirostris</i>			x		

Anexo 4. Continuación.

Familia/especie	Amazonas	Caribe	Magdalena - Cauca	Orinoco	Pacífico
<i>Aythya affinis</i>		x	x		
<i>Aythya collaris</i>		x			
<i>Cairina moschata</i>	x	x	x	x	x
<i>Dendrocygna autumnalis</i>		x	x	x	x
<i>Dendrocygna bicolor</i>		x	x	x	
<i>Dendrocygna viduata</i>	x	x	x	x	
<i>Merganetta armata</i>	x		x		
<i>Neochen jubata</i>			x	x	
<i>Netta erythrophthalma</i>	x		x		
<i>Nomonyx dominicus</i>		x	x		x
<i>Oxyura jamaicensis</i>	x		x		
<i>Sarkidiornis melanotos</i>	x	x	x		
Anhingidae					
<i>Anhinga anhinga</i>	x	x	x	x	x
Aramidae					
<i>Aramus guarauna</i>	x	x	x	x	x
Ardeidae					
<i>Agaima agami</i>	x	x	x	x	
<i>Ardea alba</i>	x	x	x	x	x
<i>Ardea cocoi</i>	x	x	x	x	x
<i>Ardea herodias</i>		x	x	x	
<i>Botaurus pinnatus</i>			x	x	
<i>Bubulcus ibis</i>	x	x	x	x	x
<i>Butorides striata</i>	x	x	x	x	x
<i>Butorides virescens</i>		x	x		
<i>Cochlearius cochlearius</i>	x	x	x	x	
<i>Egretta thula</i>	x	x	x	x	x
<i>Egretta caerulea</i>	x	x	x	x	x
<i>Egretta tricolor</i>		x	x	x	
<i>Egretta rufescens</i>		x	x	x	
<i>Ixobrychus exilis</i>		x	x		
<i>Ixobrychus involucris</i>			x	x	
<i>Nycticorax nycticorax</i>	x	x	x	x	

ANEXOS



A. Ortega

Anexo 4. Continuación.

Familia/especie	Amazonas	Caribe	Magdalena - Cauca	Orinoco	Pacífico
<i>Nyctanassa violacea</i>		x	x	x	x
<i>Pilherodius pileatus</i>		x	x		
<i>Syrigma sibilatrix</i>				x	
<i>Tigrisoma fasciatum</i>	x		x	x	x
<i>Tigrisoma lineatum</i>	x	x	x	x	
<i>Tigrisoma mexicanum</i>		x			
<i>Zebrilus undulatus</i>	x			x	
Burhinidae					
<i>Burhinus bistriatus</i>		x		x	
Camprimulgidae					
<i>Chordeiles rupestris</i>	x			x	
Charadriidae					
<i>Charadrius collaris</i>	x	x	x	x	x
<i>Pluvialis squatarola</i>		x	x		x
<i>Vanellus cayanus</i>	x			x	
<i>Vanellus chilensis</i>	x		x		x
<i>Vanellus resplendens</i>			x		
Ciconiidae					
<i>Ciconia maguari</i>				x	
<i>Jabiru mycteria</i>	x		x	x	
<i>Mycteria americana</i>	x	x	x	x	
<i>Cinclus leucocephalus</i>			x		
Donacobiidae					
<i>Donacobius atricapillus</i>	x	x	x	x	
Eurypygidae					
<i>Eurypyga helias</i>	x	x	x	x	x
Furnariidae					
<i>Cranioleuca vulpina</i>				x	
<i>Certhiaxis cinnamomea</i>	x	x	x	x	
<i>Certhiaxis mustelina</i>	x				
Heliornithidae					
<i>Heliornis fulica</i>	x		x	x	x
Hirundinidae					

Anexo 4. Continuación.

Familia/especie	Amazonas	Caribe	Magdalena - Cauca	Orinoco	Pacífico
<i>Atticora fasciata</i>	x			x	
<i>Atticora melanoleuca</i>	x			x	
<i>Tachycineta albiventer</i>	x	x	x	x	
Icteridae					
<i>Agelaius icterocephalus</i>	x	x	x	x	
Jacanidae					
<i>Jacana jacana</i>	x	x	x	x	
Laridae					
<i>Phaetusa simplex</i>		x	x		
<i>Sternula superciliaris</i>	x		x	x	
Opisthocomidae					
<i>Opisthocomus hoatzin</i>	x			x	
Pandionidae					
<i>Pandion haliaetus</i>	x	x	x	x	x
Parulidae					
<i>Geothlypis aequinoctialis</i>		x	x	x	
Phoenicopteridae					
<i>Phoenicopus ruber</i>		x			
Podicipedidae					
<i>Podiceps andinus</i>			x		
<i>Podiceps occipitalis</i>					x
<i>Podilymbus podiceps</i>		x	x		x
<i>Tachybaptus dominicus</i>		x	x		
Rallidae					
<i>Aramides cajaneus</i>	x	x	x	x	x
<i>Aramides wolfi</i>					x
<i>Amaurolimnas concolor</i>					x
<i>Anurolimnas castaneiceps</i>	x				
<i>Anurolimnas viridis</i>			x		
<i>Anurolimnas fasciatus</i>	x				
<i>Coturnicops notatus</i>				x	
<i>Fulica americana</i>			x		x
<i>Fulica ardesiaca</i>					x

ANEXOS



A. Ortega

Anexo 4. Continuación.

Familia/especie	Amazonas	Caribe	Magdalena - Cauca	Orinoco	Pacífico
<i>Gallinula melanops</i>			x		
<i>Laterallus albigularis</i>		x	x		
<i>Laterallus exilis</i>	x	x	x	x	x
<i>Laterallus melanophaius</i>	x				
<i>Micropygia schomburgkii</i>				x	
<i>Meocrex colombiana</i>		x			x
<i>Neocrex erythrops</i>	x		x	x	
<i>Pardirralhus maculatus</i>			x		
<i>Pardirralhus nigricans</i>			x		
<i>Porphyrio flavirostris</i>	x			x	
<i>Porphyrio martinicus</i>	x	x	x	x	x
<i>Porzana albicollis</i>			x	x	
<i>Porzana carolina</i>			x		x
<i>Porzana flaviventer</i>			x	x	
<i>Rallus limnicola</i>					x
<i>Rallus semiplumbeus</i>			x		
Recurvirostridae					
<i>Himantopus mexicanus</i>		x	x		
Rynchopidae					
<i>Rynchops nigra</i>		x	x		
Scolopacidae					
<i>Gallinago paraguaiiae</i>	x			x	
<i>Gallinago undulata</i>			x	x	
<i>Gallinago delicata*</i>		x	x	x	x
<i>Gallinago nobilis</i>			x		
<i>Gallinago jamesoni</i>			x		
<i>Gallinago imperialis</i>			x		
<i>Limnodromus griseus</i>		x			x
<i>Limnodromus scolopaceus*</i>			x		
<i>Bartramia longicauda*</i>	x	x	x	x	x
<i>Actitis macularius*</i>	x	x	x	x	x
<i>Tringa melanoleuca*</i>	x	x	x	x	x

Anexo 4. Continuación.

Familia/especie	Amazonas	Caribe	Magdalena - Cauca	Orinoco	Pacífico
<i>Tringa flavipes*</i>	x	x	x	x	x
<i>Tringa solitaria*</i>	x	x	x	x	x
<i>Calidris minutilla*</i>		x	x	x	x
<i>Calidris melanotos*</i>	x	x	x	x	x
<i>Calidris himantopus*</i>	x	x	x	x	x
Threskiornithidae					
<i>Cercibis oxycerca</i>				x	
<i>Eudocimus albus</i>		x		x	
<i>Eudocimus ruber</i>		x		x	
<i>Mesembrinibis cayennensis</i>	x	x	x	x	
<i>Phimosus infuscatus</i>		x	x	x	
<i>Platalea ajaja*</i>	x	x	x	x	x
<i>Plegadis falcinellus*</i>			x		
<i>Theristicus caudatus</i>		x	x	x	
Tyrannidae					
<i>Muscisaxicola fluviatilis</i>	x				
<i>Serpophaga cinerea</i>			x		
<i>Serpophaga hypoleuca</i>	x				
<i>Arundinicola leucocephala</i>	x	x	x	x	
<i>Knipolegus orenocensis</i>	x			x	

* Migratorias



M. A. Morales-B.

ANOTACIONES DE CAMPO



M. A. Morales-B.

ANOTACIONES DE CAMPO

Lined area for field notes on page 252.

Lined area for field notes on page 253.

ANOTACIONES DE CAMPO



M. A. Morales-B.

BioHabitat

Biodiversidad, conservación y desarrollo sostenible



SERPENTARIO NACIONAL
DE COLOMBIA



IVIC
INSTITUTO VENEZOLANO
DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA
1803



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA
SEDE AMAZONIA



Uptc

Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

