

CRITERIOS BIOLÓGICOS Y ECOLÓGICOS: APORTES PARA LA IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LOS HUMEDALES INTERIORES DE COLOMBIA

Programa Biología de la Conservación y Uso de la
Biodiversidad



Convenio interadministrativo 13-014 (FA 005 de 2013) Instituto de Investigación de Recursos
Biológicos Alexander von Humboldt - Fondo Adaptación

Subdirección de Servicios Científicos y Proyectos Especiales
Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
Bogotá, D.C., 2015

CRITERIOS BIOLÓGICOS Y ECOLÓGICOS: APORTES PARA LA IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LOS HUMEDALES INTERIORES DE COLOMBIA



CRITERIOS BIOLÓGICOS Y ECOLÓGICOS: APORTES PARA LA IDENTIFICACIÓN,
CARACTERIZACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LOS HUMEDALES INTERIORES DE
COLOMBIA

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON
HUMBOLDT Y FONDO DE ADAPTACIÓN

Convenio 13-014 (FA 005 de 2013)

Programa Biología de la Conservación y Uso de la Biodiversidad

Responsable
Carlos A. Lasso

Mayo, 2014

Programa Biología de la Conservación y Uso de la Biodiversidad

Equipo de Trabajo:

Carlos A. Lasso

Francisco de Paula Gutiérrez

Diana Morales-Betancourt

Ilustraciones:

Fredy A. Ochoa

Fotografía de portada:

Monica A. Morales-Betancourt

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	6
1 Introducción	8
2 Ecosistemas acuáticos continentales: generalidades	15
3 Humedales: identificación y definiciones	27
4 Humedales interiores de Colombia	34
5 Caracterización	52
5.1 Marco biogeográfico	52
5.2 Biota acuática	60
Generalidades	60
5.2.1 Plantas acuáticas	64
5.2.2 Algas	70
5.2.3 Zooplancton	75
5.2.4 Insectos acuáticos, crustáceos, moluscos y esponjas	78
5.2.5 Peces	82
5.2.6 Anfibios	86
5.2.7 Serpientes	89
5.2.8 Tortugas y cocodrilidos	93
5.2.9 Aves	101
5.2.10 Mamíferos	112
6 Integridad biótica: una visión desde la calidad de agua	129
6.1 Parámetros fisicoquímicos	129
6.2 Contaminación química	131
6.3 Plaguicidas	134
6.4 Sedimentación	134
6.5 Aguas residuales	135
6.6 Contaminación atmosférica	136
6.7 Índice de calidad de agua	137
7 Amenazas y vulnerabilidad	144
7.1 Especies amenazadas, endémicas y con valor de uso	149
7.1.1 Peces	149
7.1.2 Cocodrilidos	156

7.1.3	Tortugas	157
7.1.4	Mamíferos	158
7.1.5	Aves	159
7.1.6	Vegetación	160
7.2	Especies introducidas, trasplantadas e invasoras	161
8	Conclusiones	168

AUTORES

Asociación Calidris

Castillo, Luis Fernando

Cifuentes Sarmiento, Yanira

Ruiz-Guerra, Carlos Jose

Correo electrónico: calidris@calidris.org.co

BioHabitat

Rial B, Anabel

Correo electrónico: rialanabel@gmail.com

Fundación Omacha

Trujillo, Fernando

Correo electrónico: fernando@omacha.org

Fundación Serpentario Nacional

Medina Barrios, Oscar Daniel

Correo electrónico: oscarmedina@serpientesdecolombia.org

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

Programa de Biología de la Conservación y uso de la biodiversidad

Lasso, Carlos A.

Correo electrónico: classo@humboldt.org.co

Morales-Betancourt, Monica A.

Correo electrónico: mmorales@humboldt.org.co

Morales-Betancourt, Diana

Correo electrónico: dianamoralesb@yahoo.com

Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas

Centro de Ecología

Señaris, J. Celsa

Correo electrónico: jsenaris@ivic.gob.ve

Universidad de Antioquia

Instituto de Biología

Jiménez Segura, Luz Fernanda

Correo electrónico: udea.giua@gmail.com

Parra, Juan Luis

Correo electrónico: juanluisparra@gmail.com

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

Ramírez Restrepo, John Jairo

Correo electrónico: johnra77@gmail.com

Universidad Jorge Tadeo Lozano

Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería,

Gutiérrez Bonilla, Francisco de Paula

Correo electrónico: francisco.gutierrez@utadeo.edu.co

Grupo de investigación en Limnología

Longo, Magnolia

Correo electrónico: magnoliac.longos@utadeo.edu.co

Universidad Nacional de Colombia, Sede Amazonia

Instituto Amazónico de Investigaciones

Grupo de Investigación Limnología Amazónica -Imani

Duque, Santiago R.

Correo electrónico: srduquee@unal.edu.co

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Unidad de Ecología en Sistemas Acuáticos

Aranguren Riaño, Nelson Javier

Correo electrónico: nelson.aranguren@uptc.edu.co

RESUMEN EJECUTIVO

Los eventos climáticos extremos cada vez más intensos, generan impactos negativos en la población humana y las actividades económicas en diferentes regiones del mundo. En Colombia, los efectos del fenómeno El Niño/Oscilación Sur (ENSO, por sus siglas en inglés) afectan directa e indirectamente la mayor parte del territorio nacional. Tanto El Niño como La Niña generan pérdidas en el sector agropecuario por las sequías, inundaciones y destrucción de carreteras, mientras que la población humana, además de las invaluable pérdidas humanas, se ve afectada por desabastecimiento de servicios básicos y la destrucción de viviendas.

La prevención de este tipo de riesgos requiere que se adopte un enfoque de adaptación basado en ecosistemas que permita mantener la estructura ecológica que abastece de servicios y funciones esenciales para la población humana, como la amortiguación de inundaciones, el abastecimiento, purificación de agua y provisión de recursos alimenticios. Es por ello que reducir las amenazas sobre los ecosistemas estratégicos y gestionar y asegurar un manejo adecuado, no solo reduce la vulnerabilidad de los mismos sino que reduce el riesgo de la población colombiana.

Dado lo anterior y en el marco del convenio Fondo Adaptación- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), el Instituto Alexander von Humboldt se une a través del convenio No.005 de 2013 con el Fondo, con el fin de elaborar insumos técnicos recomendaciones para la delimitación, por parte del MADS, de los ecosistemas estratégicos de páramos y humedales de interior.

Como uno de los insumos del Instituto se presenta este documento titulado Criterios Biológicos y Ecológicos: aportes para la identificación, caracterización y delimitación de los humedales interiores de Colombia, a cargo del Programa de Biología de la Conservación y Uso de la Biodiversidad, el cual es el resultado del análisis de los diferentes grupos biológicos presentes en los humedales interiores e incluye la contribución de 17 profesionales y especialistas, así como los principales resultados del consenso de la Mesa de Trabajo: aspectos biológicos y ecológicos, del simposio Construcción Colectiva de Criterios para la Delimitación de Humedales: retos e implicaciones del país llevado a cabo en la ciudad de Barranquilla, entre el 18 y 20 de septiembre de 2014.

En el documento se asume los principios generales de los ecosistemas, en los que se caracterizan como sistemas complejos, abiertos, dinámicos e integrados en donde los patrones ecológicas y la

diversidad biológica son el resultado de un proceso biogeográfico que a su vez es afectado por procesos antrópicos. Es por ello que los ecosistemas de humedales de interior son considerados unidades funcionales en los que son necesarias las conexiones de la transición de hábitats en función de la pendiente natural (cuena aguas arriba y abajo), hacia los ecosistemas adyacentes terrestres 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 (temperatura y lluvias) que desencadena un comportamiento pulsátil necesario para mantener la riqueza biológica y los servicios y funciones ecológicas.

En este marco se analiza y evalúa el uso de las especies y sus características en el proceso de identificación, caracterización y delimitación de humedales interiores en Colombia. La biota acuática es revisada corresponde a: plantas acuáticas, algas, zooplancton, macroinvertebrados, peces, anfibios, serpientes, tortugas, cocodrilos, aves y mamíferos.

Así, se logra determinar que para el proceso de identificación la presencia de todas las especies acuáticas (*stricto sensu*) permiten identificar un humedal, pero la ausencia de estas no necesariamente indica que no es un humedal, a excepción de las plantas acuáticas. Adicionalmente, se determina que los rastros de varias especies (p.e. rastros de algas microscópicas, rastros de esponjas, almejas, algas en troncos o rocas) permiten identificar humedales intermitentes, propios de la región neotropical.

Todos los grupos de biota acuática aportan información para la caracterización. Las especies endémicas, la preferencia de hábitat, el ensamblaje de comunidades, la distribución restringida de ciertas especies, la asociación entre especies, entre otras, son características que aportan a la caracterización. Las plantas acuáticas además, permiten la zonificación del humedal e identificar la zona de transición hacia los ecosistemas terrestres. En todos los grupos se encuentran especies, o características de estas, que pueden aportar a la identificación de humedales a nacional o regional incluso con diferentes grados de intervención antrópica. Algunos grupos solo aportan en algunas regiones del país debido a su área de distribución natural como es el caso del zooplancton que no esta presente en todos los humedales.

Establecer un limite del humedal de tal forma que se mantengan sus funciones, deberá seguir criterio su cota histórica máxima de inundación. Entre la biota acuática las plantas, al evidenciar la zona de transición durante la caracterización, permite trazar el limite del humedal, siempre y cuando

esta no haya sido removida por eventos antrópicos o naturales recientes. La nidación de distintas especies que utilizan los límites entre el ecosistema acuático y terrestre para la puesta de huevos (p.e. algunas tortugas), permite de igual manera identificar el límite de humedales en las zonas donde estas distribuyan. Adicionalmente los rastros de macroinvertebrados mencionados anteriormente (p.e. rastros de esponjas, almejas, algas en troncos o rocas) determinan la cota máxima de inundación en humedales con presencia de estas especies.

La información analizada, da cuenta de la importancia de la biota acuática en el proceso de identificación, caracterización y delimitación. Asimismo explica el rol que tienen los diferentes grupos en los humedales y como estos contribuyen al intercambio de nutrientes, el control de sus poblaciones, aportan al mantenimiento del equilibrio dinámico del ecosistema y la calidad del suelo, el agua y el aire. De esta manera, mantener la biodiversidad de los humedales permite a su vez mantener las funciones ecológicas y los servicios vitales para el bienestar de las poblaciones humanas.

1 INTRODUCCIÓN

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

Los humedales son parte de la evolución de las sociedades humanas alrededor del mundo. En ellos se encuentran recursos y procesos importantes para la supervivencia humana, desde la producción de alimento por medio de la pesca, cultivos de arroz y frutos, hasta la producción de madera, captura de carbono, purificación del agua, y la creación (hace miles de años) de reservas de combustible fósil, esta última utilizada más recientemente (Mitsch y Gosselink 2000).

Pese a que se han reconocido los múltiples beneficios de los humedales para la sociedad, estos se siguen acabando a un ritmo acelerado. Varias de las especies acuáticas que habitan en ellos, se encuentran amenazadas globalmente por la sobreexplotación, la contaminación del agua, la modificación de los pulsos, la destrucción o la degradación de los hábitats y la invasión de especies exóticas (Springate-Baginski *et al.* 2009).

Esta alteración del hábitat ocurre principalmente por la modificación del flujo del agua, dado por el manejo en lugares con alto riesgo de inundación, la necesidad de almacenamiento de agua o por la construcción de hidroeléctricas, así como por la transformación de áreas por la agricultura y la remoción de vegetación, que dan como resultado, un cambio en la escorrentía y el patrón de drenaje. Por otro lado, la invasión de especies cambia el balance ecológico ya que altera las dinámicas de depredación y competencia, lo que en la mayoría de los casos repercute también en la destrucción de hábitat. Dada la conectividad alta de los sistemas acuáticos, los impactos que desencadenan estos eventos se evidencian más rápidamente (Springate-Baginski *op. cit.*).

Las acciones antrópicas sobre los humedales tienen repercusiones negativas no solo en las especies silvestres sino también en las mismas comunidades humanas, ya que se degradan los servicios ecosistémicos de los cuales se benefician (Chapin *et al.* 2009 en: Ideam 2012). La falta de consideración de los humedales en las decisiones políticas, económicas y de desarrollo, es la principal causa que ha llevado a la degradación de estos ecosistemas (Springate-Baginski *et al.* *op. cit.*).

Su manejo requiere de un entendimiento interdisciplinario, que incluya diversos temas del contexto físico, ecosistémico, de biodiversidad, y aquellos relacionados con los servicios ecosistémicos, los sistemas de modos de vida local, la política, la gobernanza, las instituciones y los mercados que afectan el ecosistema (Springate-Baginski *et al.* *op. cit.*).

El concepto de ecosistema es fundamental para el manejo y planificación del territorio, se convierte en articulador de la dinámica natural y social, que varía a lo largo de gradientes complejos en el espacio y tiempo, y que responde a las actividades humanas (Vitousek *et al.* 1977, Chapin *et al.* 2000, Ideam 2012). Por ello, el enfoque de ecosistémico ha sido adoptado en diversos documentos orientadores como el Convenio sobre la Diversidad Biológica -CDB (Naciones Unidas, 1992) y el *Millenium Ecosystems Assessment* -MEA (2005).

En el CDB, el enfoque ecosistémico se utiliza como marco principal para las actividades del convenio, permitiendo 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* (WRI 2003, MEA 2005) hace énfasis en los bienes y servicios, actuales y futuros, que son necesarios para el ser humano; adicionalmente, brinda alertas sobre las consecuencias de las decisiones humanas. Estos dos enfoques ejemplifican como la planificación debe pensarse 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 expresó: “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 apuntala dichos servicios de los ecosistemas” (MEA 2005, p.1-2).

A su vez, el MEA (2005), concluyó que a largo plazo serán tres los problemas principales relacionados con la gestión de los ecosistemas del mundo que afectan de manera importante a las personas y disminuyen significativamente los beneficios que se obtienen de los ecosistemas: “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.

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 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.

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” (p.3). Aunque también es válido afirmar que ante la falta de gobernabilidad bien el mercado o los mismos usuarios fuerzan los recursos hasta el sobreaprovechamiento debido a la falta de gestión institucional o a la escasa información que permita establecer los rangos de la sostenibilidad.

En el caso de Colombia existe una Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia (2002), que incluye entre otros aspectos: diagnóstico, 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 varias corporaciones autónomas regionales y de desarrollo sostenible formularon planes para el manejo de estos ecosistemas, no se han visto, en términos generales, impactos positivos de su gestión.

En 2002, el Ministerio del Medio Ambiente determinó que en Colombia existían más de 20 millones de hectáreas de humedales (Pérez *et al.* 2002). Doce años después, aún no existe un mapa oficial de humedales para Colombia a pesar de la disponibilidad de información (Maxa y Bolstad 2009). Considerando las altas presiones antropogénicas que enfrentan hoy en día los humedales (e.g. Kingsford 2010), estos deberían ser considerados una prioridad de conservación (Perón 2013). Sin embargo, muchas veces resulta difícil justificar la protección de estas áreas cuando hay otros intereses económicos de por medio.

En esas situaciones una valoración ecológica de los servicios ecosistémicos prestados por los humedales sería de gran ayuda. La política nacional para humedales interiores de Colombia resume de una buena forma las necesidades y acciones a tomar para el reconocimiento y protección de los humedales.

En varias partes del territorio Colombiano se mantiene la demanda continua por los bienes y servicios que ofrecen los humedales, principalmente espacio, agua y alimentos. El deterioro de estos ecosistemas no permite que se adapten eficazmente al cambio climático. Las sequías extremas registradas en fenómeno del Niño (2009-primer trimestre 2010) generó un déficit de lluvias hasta en un 90% y un incremento de temperatura hasta del 3 °C. Actualmente (2014) se vive otro periodo de sequía.

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 fuertes repercusiones en el agro por pérdida de cosechas y la caída del precio en la leche, además de pérdidas humanas y personas damnificadas.

Todo esto evidencia la necesidad de apropiación por parte del Estado para reconocer la importancia de los humedales y tomar medidas para determinar su distribución geográfica, extensión, funciones

y dependencia de las comunidades, que permitan gestionar estrategias y acciones que eviten su deterioro y permitan su manejo basado en sus características funcionales.

Sin duda no es una tarea fácil, la sola revisión de definiciones sobre humedales muestra la diversidad de aproximaciones que hay para estudiar y gestionar estos ecosistemas. Como sucede con muchos otros conceptos (e.g. Sites y Marshall 2004) la manera práctica de aplicar el concepto de humedal resulta en una gran variedad de estrategias que enfatizan desde 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 humedales puede traer consecuencias variadas, tanto para la protección de estos, como para 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. El uso de criterios biológicos y ecológicos para definir humedales se ha basado principalmente en la descripción de comunidades de plantas, pese a que otros grupos pueden aportar a su definición.

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, con el fin de elaborar insumos técnicos y recomendaciones para la delimitación de ecosistemas estratégicos (páramos y humedales), en el marco del convenio No. 008 de 2012 (cuencas hidrográficas afectadas por el fenómeno de la Niña 2010-2011).

Con este referente, el presente documento corresponde al ecosistema biodiverso (Springate-Baginski *et al.* op. cit.) de los humedales interiores de Colombia en su contexto biogeográfico. Tiene como fin de brindar un marco para los criterios de identificación, caracterización y delimitación de estos ecosistemas. Además, busca difundir información base en la que se puede 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 la base para la gestión integral a mediano y largo plazo.

El documento se divide en ocho partes. Los primeros tres capítulos 1. Introducción 2. Ecosistemas acuáticos continentales: generalidades, 3. Humedales: identificación y definiciones y ofrecen el marco contextual del documento en el que se determina conceptos y principios que se adoptan en

el documento sobre humedales, el capítulo 4. Humedales interiores de Colombia, hace un breve recuento sobre los principales aportes que se han realizado al estudio de los estos ecosistemas en el país. El capítulo cinco es el eje o núcleo central del documento, en este los especialistas en diferentes grupos (plantas acuáticas, algas, zooplancton, peces, anfibios, serpientes, tortugas, cocodrilos, aves y mamíferos) analizan características que permiten incluir la biota acuática dentro de los criterios de identificación, caracterización y delimitación de humedales de interior. Los dos capítulos posteriores 6. Integridad biótica: una visión desde la calidad de agua y 7. Amenazas y Vulnerabilidad, abarcan consideraciones fundamentales que deben tenerse presente para abordar la diversidad biológica en los humedales y finaliza con las principales conclusiones.

Referencias

- Ideam. 2012. Informe final producto a: Metodología consolidada para la elaboración del mapa de ecosistemas. Convenio interadministrativo de asociación No. 015 (MADS) y 011 (IDEAM), de 2012. 87pp.
- 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
- Naciones Unidas, 1992. Convenio sobre la Diversidad Biológica –CDB. Programa de las naciones unidas para el medio ambiente, Río de Janeiro.
- Mitsch W.J. y J.G. Gosselink (2000). Wetlands (3ra ed.). John Wiley & Sons, Inc., New York. 722pp.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica –CDB. 2004. Convenio de Diversidad Biológica. 2004. Enfoque por ecosistemas. Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, Montreal. 50pp.
- Springate-Baginski, O., D. Allen y W. Darwall (eds.). (2009). An integrated wetland assesment kit. UICN, Gland. 144pp.
- WRI. 2003. World Resources 2002-2004: Decisions for the Earth: Balance, Voice and Power. WRI, Washington, D.C. 315pp.

2 ECOSISTEMAS ACUÁTICOS CONTINENTALES: GENERALIDADES

Francisco de Paula Gutiérrez, Diana Morales-Betancourt y Carlos 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). Esta definición surge con Clements desde el análisis de los complejos de organismos interactuantes en una región, denominados biomas, 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) generando propiedades emergentes (Bertalanffy 1950, Jørgensen 2009a).

Esta particularidad hace que el universo complejo del sistema objeto de estudio, no pueda ser conocido de forma total. La incertidumbre es parte inherente de los mismos ya que su ajuste y cambios constantes producen efectos estocásticos que afectan nuevamente a los diversos organismos y elementos del sistema (Farina 2010).

Posteriormente, con el desarrollo de nuevas teorías ecológicas y los nuevos retos de la investigación, el concepto se ha modificado, explicando cómo es su funcionamiento y las interacciones (modelos energéticos, modelos de biodiversidad, modelos ecológico-económico, 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 de este documento se adopta la definición de ecosistemas del Convenio de Diversidad Biológica (1992) que los define como: “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).

- Los ecosistemas son dinámicos y su dinámica se relaciona con un incremento de la estructura física (biomasa) o un incremento de la red de interacciones (crecimiento y perturbaciones) (Jørgensen, op. cit).
- Los ecosistemas están interconectados y son redes complejas de interacción entre poblaciones (Jørgensen, op. cit).
- Los ecosistemas no son unidades ajenas a la biota sino por el contrario biota y ecosistema 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 procesos ecológicos similares.
- 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).

Entendiendo lo anterior, se permite abordar el tema más específico de los ecosistemas acuáticos continental, o ecosistemas de agua dulce, como unidades ecológicas funcionales asociadas al agua que intercambian materia (nutrientes), energía e información (Figura 1). Incluyen entre otros: lagos, ciénagas, humedales, ríos o complejos con varios de estos, dentro de una dinámica espacial y temporal particular o propia de cada unidad (Thieme *et al.* 2007).

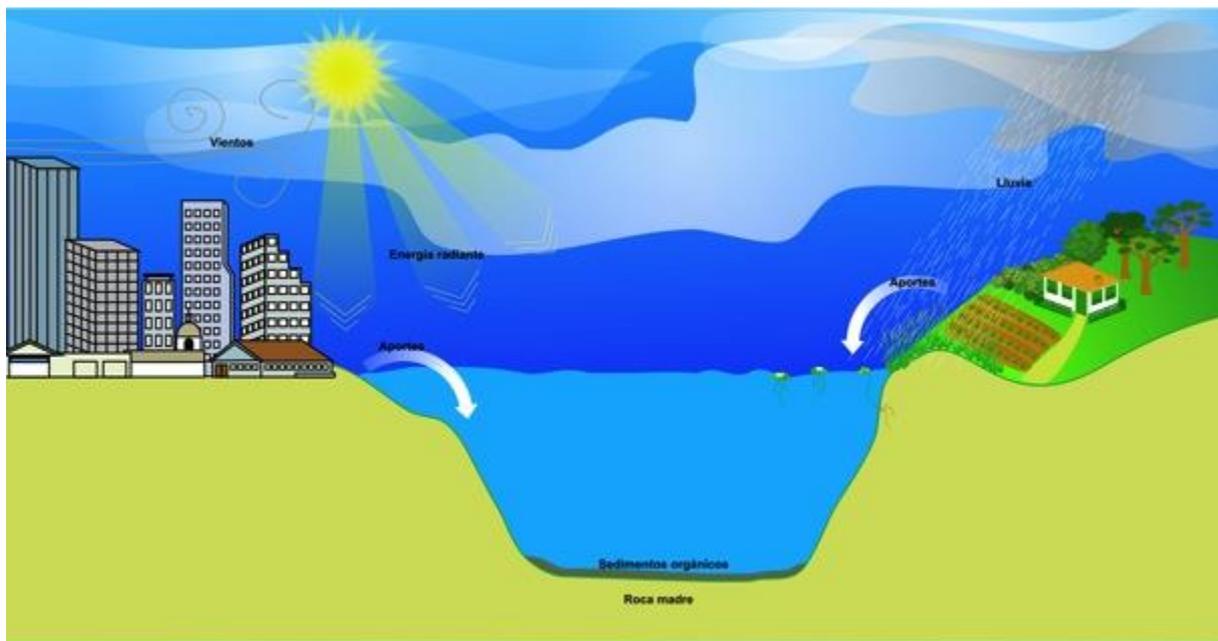


Figura 1. Aportes de unidades circundantes a un ecosistema de humedal (adaptado de Ideam 2001)

Se podría conceptualizar de manera integral, considerando los paisajes dominantes determinados por informes nacionales (Ideam 2007), que existen cuatro tipos de ecosistemas acuáticos continentales en Colombia listados de mayor a menor efecto en la estructura ecológica principal -EEP¹. Estos son a saber:

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

Los sistemas ecológicos de agua dulce 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) tanto en los ecosistemas lóticos como los lénticos, la dinámica interna de interacción de los componentes de estos sistemas se manifiesta en cuatro dimensiones: longitudinal, lateral, vertical y temporal (Tellez *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 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 diferentes especies, los cuales son producto de procesos físicos como el transporte de sedimentos, escorrentía y patrones del régimen hidrológico (Smith y Smith 2001) (Figura 2).

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



Figura 2. Longitudinalidad. Expresa los cambios abióticos y bióticos en el gradiente altitudinal del sistema (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 materiales. Esta dinámica responde al régimen del caudal y esta 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 en: Téllez *et al.* 2012) (Figura 3).

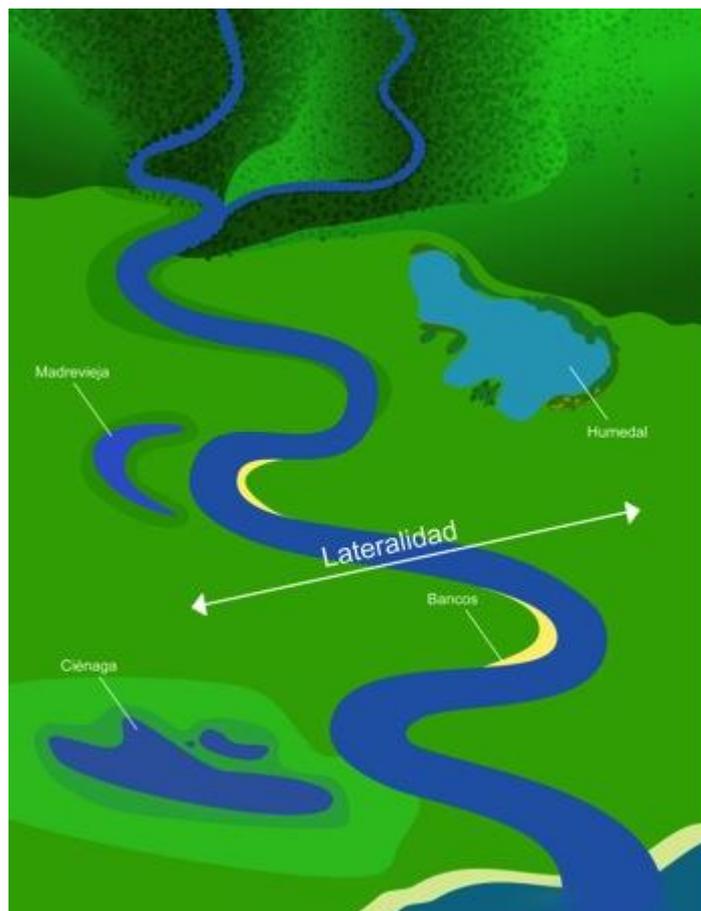


Figura 3. Lateralidad. Explica la conexión del cauce y los cuerpos de agua con sus ecosistemas adyacentes, tanto terrestres como acuáticos.

- **Dimensión vertical.**

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

- **La temporalidad.**

Denota cambios en diferentes periodos en las dimensiones anteriores y por ende de las características del ecosistema. Hace referencia tanto a los cambios en el caudal, temperatura y ciclos de vida, entre otros (Ward 1989 en: Tellez *et al.*, 2012) (Figura 4).

Estos tipos de ecosistemas están íntimamente ligados a los pulsos de los flujos del agua (pulso de inundación), entendidos como las variaciones naturales causada por la inundación y el periodo sin o con menos lluvia, estando relacionadas por 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 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 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.



Figura 4. Temporalidad. Se refiere a los cambios en la dimensión longitudinal, lateral y vertical, que ocurren por la modificación periódica de la temperatura, precipitación y ciclos de vida de los organismos.

Para efectos prácticos de su estudio los ecosistemas acuáticos son frecuentemente divididos 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 que en esta latitud existe una alta precipitación debido a la circulación

Hadley, especialmente en el área de la Zona de Convergencia Intertropical, lo que 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 esta región se presentan cambios en las descargas intra-anales y una temporalidad bien definida que cambia la profundidad y velocidad de la corriente, así en conjunto con la temperatura, la química del agua y las tasas metabólicas (Dudgeon 2008).

La temporalidad de la precipitación se ve afectada en el área de influencia de la costa Pacífica de Suramérica por el fenómeno ENSO (El Niño *Southern Oscillation*), debido a una 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 las precipitaciones, generando en algunos lugares inundaciones (Dudgeon op. cit).

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 un efecto más marcado en el metabolismo y la capacidad del agua de contener el oxígeno disuelto. Así, estos cuerpos de agua generalmente presentan una alta demanda de oxígeno (Dudgeon op. cit).

En los ecosistemas acuáticos continentales es importante resaltar que los atributos ecológicos de los ecosistemas de agua dulce que determinan la resiliencia y condicionan la integridad del ecosistema son: el régimen hidrológico, la conectividad longitudinal o el gradiente de continuidad aguas arriba y aguas abajo y la continuidad lateral, la morfológica del cauce, la composición y estructura biótica, las interacciones (entre especies y elementos, y las relaciones funcionales entre especies), y el régimen químico de agua (Tellez *et al.*, 2012).

Lo anterior evidencia que este tipo de ecosistema no se limita al estado líquido del mismo, sino que lo conforman igualmente, los sistemas subterráneos y terrestres de toda la cuenca y por ende, las poblaciones humanas presentes en ella. En la medida que las características y los componentes físicos, químicos y biológicos cambian, consecuentemente lo hacen los procesos y los servicios ecosistémicos y humanos, tal como se plantea en los conceptos ecohidrológicos modernos (Rodríguez-Iturbe 2000).

Los ecosistemas acuáticos se deben representar en una escala que no puede ser inferior a la de cuenca (IDEAM 2010). Una cuenca es una red de drenaje que debido a la topografía crea cauces que se van uniendo, hace referencia al río principal y sus tributarios (Roldán y Ramírez 2008). En este sistema los órdenes de drenaje reflejan el grado de ramificación o bifurcación dentro de una red, y puede determinarse de acuerdo a los criterios expuestos por diferentes autores. Una propuesta utilizada ampliamente es la de Horton (1945), que consiste en atribuirle un número de orden a los cauces, permitiendo analizar los impactos acumulativos en cada cuenca.

En esta clasificación jerárquica se reconocen las siguientes corrientes (Figura 5):

- Corrientes de primer orden: pequeños canales 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.

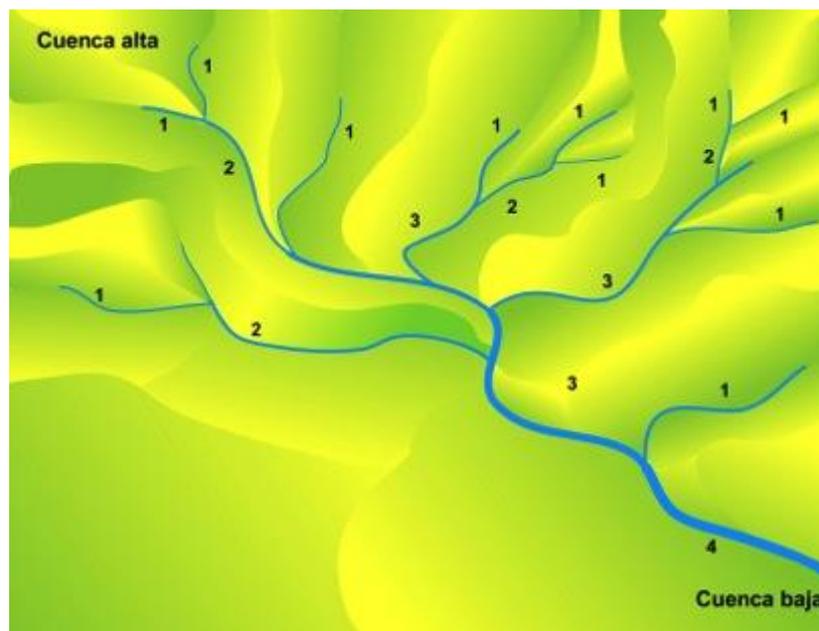


Figura 5. Ordenes según Horton (1945). Cada uno de los cauces recibe un número determinado dependiendo de los afluentes que reciba, iniciando por los de primer orden, en las secciones altas de la cuencas o red hidrográfica.

Las cuencas son unidades jerárquicas anidadas en escala, son un complejo que agrupa los ecosistemas acuáticos continentales por que están conectados hidrológicamente por los planos de drenaje y por lo tanto representa una unidad lógica para el manejo y la conservación de los ecosistemas, las especies y las sus funciones (Wishart y Davis, 2003 en: Thieme *et al.* 2007). Los

humedales al ser ecosistemas acuáticos integrados a las cuencas hidrográficas (MMA-Centro de Ecología Aplicada 2011, EU Parliament and Council 2000, U.S. EPA 2013, Secretaría de la Convención Ramsar 2010), deben ser incluidos en los planes de manejo de cuencas y entendidos a escala de paisaje (MEA 2005).

Referencias

- Bailey, R. G. 2009. *Ecosystem Geography: from ecoregion to sites* (2nd Ed.). New York: Springer-Verlag. 216 pp.
- Bertalanffy, L. V. 1950. An outline of general system theory. *British Journal for the Philosophy of Science* 1:134-165
- Bormann F.H. y Linkens, G.E. (1967). Nutrient Cycling. *Science*, 155 (3761), 424-429.
- Dudgeon, D. 2008. *Tropical Stream Ecology*. Elsevier: London. 316pp.
- EU Parliament and Council, 2000. Directive 2000/60/CE: 23/10/2000 water framework directive. Off. J. Eur. Commun. L327, 1-71.
- Ewers, R. M. y Didham, R. K. 2006. Confounding factors in the detection of species responses to hábitat fragmentation. *Biological Reviews* 81 (01): 117-142. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/S1464793105006949>
- Farina, A. (2010). *Ecology, cognition and landscape: linking natural and social systems*. Dordrecht: Springer. 161pp.
- Fuster, R., De La Fuente, A., Sabando, M. C., Pérez, J., Palacios, A. K., Lillo, G. & González, M. 2010. Clasificación de cuerpos de agua informe final. Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables Facultad de Ciencias Agronómicas Universidad de Chile. Disponible en: http://www.sinia.cl/1292/articles-48828_recurso_1.pdf
- Hernández-Camacho, J. Hurtado, A., Ortiz, R. y Walschburger, T. (1992). Unidades biogeográficas de Colombia. Pp. 105-151. *En*: I. G. Halffter (compilador). *La Diversidad Biológica de Iberoamérica*. Acta Zoológica Mexicana, Ciudad de México: Instituto de Ecología, A.C.
- Horton, R. E. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin* vol. 56 p.p. 275-370. doi: 10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2
- IDEAM. 2007. *Atlas Climatológico de Colombia*. Bogotá: IDEAM, 219pp.
- IDEAM. 2010. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2010. *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra*. Metodología CORINE Land COVER adaptada para Colombia Escala 1:100.000. 72pp.

- Johnson, L. B. y Gage, S. H. 1997. Landscape approaches to the analysis of aquatic ecosystems. *Freshwater Biology*, 37(1): 113-132. DOI: 10.1046/j.1365-2427.1997.00156.x
- Josse, C., Cuesta, F., Navarro, G., Barrena, V., Cabrera, E., Chacón-Moreno, E., Ferreira, W., Peralvo, M., Saito, J. y Tovar, A. 2009. Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro. Bolivia, Colombia, Ecuador, Peru y Venezuela, 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 (Ed). First edition, Elsevier B.V. Amsterdam, The Netherlands.
- Jørgensen, S.E. 2009b. Fundamental Laws in Ecology. Pp. 33-38. *En: Ecosystem Ecology*. Jørgensen (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). Pp 529
- Junk, W. J. (Ed.). 2000. The Central Amazon Floodplain: Actual Use and Options for a Sustainable Management. Berlin: Springer. Pp 574.
- 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 2nd Large River Symposium (LARS), Pnom Penh, Cambodia. Bangkok. RAP Publication*
- Levin, S. 1992. The problem of patterns and scale in ecology. *Ecology* 73(6): 1943-1967. DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/1941447>
- Margalef, R. 1983. Limnología. Ediciones Omega, Barcelona, 1010 pp.
- 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. 2002. Política Nacional para humedales interiores de Colombia, estrategias para su conservación y uso sostenible
- MMA - Centro de Ecología Aplicada. 2011. Diseño del inventario nacional de humedales y el seguimiento ambiental. Santiago: Ministerio de Medio Ambiente. 172 pp.
- Odum, E.P. 1972. Ecología (3ra ed.) México: Interamericana. 295pp.

- Roldán, G. y J.J. Ramírez. 2008. Fundamentos de limnología neotropical (2nda edición). Universidad de Antioquia, Medellín. 440pp.
- Rodríguez-Iturbe, I. 2000. Ecohydrology: A hydrologic perspective of climate-soil-vegetation dynamics. *Water Resources Research* 36(1): 3–9.
- Pickett, S. and Cadenasso, M. 2002. The Ecosystem as a Multidimensional Concept: Meaning, Model, and Metaphor. *Ecosystems* 5: 1–10 DOI: 10.1007/s10021-001-0051
- 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 (4ta edición, vol. 9). Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica –CDB. 2004. Convenio de Diversidad Biológica. 2004. Enfoque por ecosistemas. 50p. Montreal: Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica Disponible en: <http://www.cbd.int/doc/publications/ea-text-es.pdf>
- Sioli, H. (Ed.). 1984. The Amazon. Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. *Monographiae Biologicae* Dordrecht: Boston. 763pp.
- Smith, R.K., y Smith, T.M. (2001). Ecología. Madrid: Pearson Education. 642pp.
- 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 (2nda edición). The Nature Conservancy y Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena -Cormagdalena. Bogotá, Colombia. 101pp.
- Thieme M., Lehner B., Abell R. Hamiltó, S.K., Kellndorfer, J., Powell, G., Riveros, J.C. 2007, Freshwater conservation planning in data – poor areas: An example from a remote Amazonian basin (Madre de Dios River, Peru and Bolivia). *Biological Conservation* 135(4): 500–517.
- 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. 74pp.
- Vanotte, R. L; G.W. Minshall; K.W. Cummins; J. R. Sedell & C. E, Cushing. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37:130-137.
- Welcomme, R. L. 1979. The Fisheries Ecology of Floodplain Fisheries. London, Longman group Ltda. 317pp.
- Welcomme, R.L. 1985. River Fisheries. FAO Technical Paper No 262, Rome, 320 pp.

3 HUMEDALES: IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIONES

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

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

La presencia de agua (en la superficie o con alta presencia en el suelo) y los suelos que expresan las condiciones de humedal es un factor directo. Pero las plantas, cuando los ecosistemas no han sido transformados, constituyen un elemento clave tanto para su identificación, definición y delimitación. Estas formas de vida toleran y reflejan la condición de los suelos con un elevado nivel de agua permanentemente o periódicamente (Mitsch y Gosselink 2000).

La hidrología del paisaje influye y cambia el ambiente físico-químico y ambos determinan 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 las especies a aquellas formas que puedan sobrellevar condiciones fluctuantes (Collantes y Faggi 1999).

Los suelos pueden evidenciar los periodos anaeróbicos que experimentan por 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).

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, pero 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, permite 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 *hábitat*² de humedales representados en cada sitio” (Ramsar 2012, párr. 4). 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). Sobre los inventarios se realizan los ejercicios de identificación para la priorización en conservación o restauración (Rosa 2009, U.S. EPA 2010).

Las clasificaciones con objetivos diferentes a los de inventarios, incluyen otros indicadores que enfatizan los factores de interés. Aunque un mismo humedal sea identificado y clasificado por diferentes propuestas, generará procesos de delimitación y evaluación diferentes (Brinson y Rheinhardt 1996), incluso si el sistema de clasificación es el mismo pero el procedimiento metodológico se modifica, los resultados serán diferentes.

La conectividad alta 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 dinámicos (Neiff 1999) y abordarlos de manera individual, podría 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 si 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 encuentre o no

² La cursiva no hace parte del original.

limitados de manera intangible o física por unos parámetros o criterios que respondan a las necesidades u objetivos de delimitación.

En diferentes países las definiciones varían, asignando un mayor peso a una característica respecto a otra y algunas son más incluyentes en la diversidad de ambientes. A continuación se describen algunos enfoques de distintos 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*) define lo humedales como: tierras, explotadas o no, generalmente inundadas o anegadas por agua dulce o salobre, permanente o temporal; la vegetación, cuando existe, está 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 debido a la presencia prolongada de agua de origen natural y la presencia de plantas hidrófilas. 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. La delimitación 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 humedales se rigen 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 una fauna, una 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 registran 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 un valor económico y/o ecológico, sin perder de vista que son, a su vez, componentes integrales de unidades funcionales y procesos de mayor escala, como son las cuencas hidrológicas, las ecoregiones y los ciclos hidrológicos, para 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 Delimitación incluyen tres elementos: 1) inundación o saturación de 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 mas criterios y su delimitación incluye el gradiente de los paisajes húmedos. La clasificación es jerárquica se basa en la similitud de atributos naturales homogéneos, retoma documentos diferentes que se adaptan o aplican a las condiciones presentes el país. 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), 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 diferentes 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 legar estipulados en el *Clean Water Act* y el *Food Security Act*. El Cuerpo de Ingenieros debe aprobar las áreas de humedal que pueden rellenarse o las áreas que pueden limpiarse con fines de navegación, para esto se realizó una primera definición en 1984 (33CFR 328.3(b), 1984) y una posterior adoptada 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). La segunda ley busca proteger, a partir de su entrada en vigencia, 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 una frecuencia y duración suficiente para mantener la prevalencia de vegetación hidromorfa 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 de *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) al menos periódicamente, se soporta vegetación hidrófitas de manera predominante; 2) el sustrato es predominantemente suelo hídrico no drenado y 3) el sustrato está saturado de agua o cubierto por agua somera durante el periodo de crecimiento de cada año³ (Cowardin *et al.*, 1979).

- **Brasil**

El gobierno brasileño adoptó la definición de Ramsar y sigue la clasificación de humedales de interior de la Amazonía (Junk *et al* 2011) excluyendo las características físico-químicas de las aguas. Sin embargo Junk *et al.* (2013), propusieron una definición más precisa que abarca todo el país, de acuerdo a las condiciones hidrológicas: “ecosistemas de interfase entre los ambientes acuáticos y terrestres, pueden ser continentales o costeros, naturales o artificiales, que permanecen permanente o periódicamente inundados, por aguas poco profundas (someras) o con suelos saturados. Pueden ser dulceacuícolas, o saladas o medianamente saladas. Los humedales son hábitat para plantas específicas y comunidades animales adaptadas a las dinámicas hidrológicas” (Junk *et al.* 2013, p.8). El análisis de sistemas de clasificación existente, evidencian que no se adaptan a la realidad del país. Por ejemplo se incluye suelos hídricos como indicador cuando no es aplicable a varios lugares del mundo, y por supuesto Brasil, debido a las condiciones periodos de inundación prologando seguido por fases terrestres igualmente extensas (incluso de más de un año), lo que genera la descomposición de la materia organica acumulada durante la fase de inundación. También se realiza una nueva propuesta de clasificación incluyente con todas las regiones de Brasil, considerando que otros sistemas de clasificaciones no reflejan la heterogeneidad geomorfica de las planos de inundación de los grandes ríos y sus deltas. La clasificación Junk *et al.* (2013) es jerarquica y se basa en dos atributos hidrología y vegetación. Se prioriza la hidrología debido a que este es la principal característica que determina un humedal. El corresponde al sistema (costero, interior, artificial) y las características hidrológicas (Junk *et al.* 2011) incluyendo tipos de aguas para la región de la Amazonía. Finalmente se describe la estructura de la comunidad y ocurrencia de plantas superiores.

- **Venezuela**

³ 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.

Marrero realiza un comprensivo estudio sobre Los Humedales De Los Llanos Venezolanos (2011a) y 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 aniega 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 en el lugar son hidrófitas o vegetación hidrofílica” (Marrero 2011b, p.36), sin embargo 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: 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 en la sección Biota, algas), o escombros, 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 vegetación utiliza las definiciones de Reed (1998), sin seguir la metodología debido a la ausencia de inventarios de plantas acuáticas para Venezuela. 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.

La identificación del tipo de humedal se plantea una vez determinada la cuenca hidrográfica donde este se ubica. Se plantean dos opciones: matrices de características básicas o diagrama de flujo y se recomienda este último para estudios menos detallados. Las matrices describen grupos de humedales con base en el hidropериodo y régimen hidrológico. Los grupos de humedales sigue la propuesta de Scott (1989) pero adaptado (toponimia y descripción) a Venezuela, para hidropериodos y el régimen hidrológico, se sigue el Plan de Andalucía de Humedales (2002). El diagrama de flujo es una versión adaptada de Riverine Wetland Field Book (2008).

La caracterización se plantea entendiendo el contexto de la cuencas, se debe 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 (identificar especies, estratos, índice de dominancia y abundancia relativa) pero se sugiere realizar un estudio detallado incluyendo otros indicadores (clorofila a, fitoplancton, perifiton, zooplancton, macroinvertebrados acuáticos, y en vertebrados peces principalmente pero también anfibios, aves y mamíferos).

Finalmente para la delimitación 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.

Referencias

- 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. 376pp.
- 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. *En: A. I. Malvárez (Ed). Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica. Montevideo: Unesco.*
- Collantes, M.B. y A.M. Faggi. 1999 Los humedales del Sur de Sudamérica. Disponible en: <http://www.unesco.org.uy/ci/fileadmin/ciencias%20naturales/mab/2.pdf>
- 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. 90pp.
- Farina, A. 2010. Ecology, cognition and landscape: linking natural and social systems. Dordrecht: Springer. 163pp.
- 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. 516pp.

- 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, Barina. 216 pp.
- 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 (3er ed.). New York: John Wiley & Sons, Inc. 600pp.
- Mitsch W.J., J.G. Gosselink Anderson y L. Zhang. 2009. Wetland ecosystems. 256pp.
- Neiff, J.J. 1999. El régimen de pulsos en ríos y grandes humedales de Sudamérica. Pp. 97-145. *En*: A. I. Malvarez y P. Kandus (Eds.). Tópicos sobre grandes humedales sudamericanos ORCYT-MAB (UNESCO).
- Rivera Gutiérrez, M. y D. Caicedo (Eds). 2002. Manejo de humedales, memorias curso de entrenamiento. Bogotá: Ministerio del Medio Ambiente. 49pp.
- Rosa, M.R. 2009. Processo de Priorização das áreas úmidas brasileiras [archivo PDF]. Ministério do Meio Ambiente.
- U.S. EPA. 2002. Wetlands classification. Methods for evaluating wetland conditions. EPA-822-R-02-017. Washington: Office of water, EPA. 36pp.
- Van der Valk, A.G. 2006. The biology of freshwater wetlands. New York: Oxford University Press. 173pp.
- Zoltai, S.C. y C. Tarnocai. 1975. Basis for regional wetland studies. Manitoba: Canadian Forest Service Publications.

4 HUMEDALES INTERIORES DE COLOMBIA

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

Internacionalmente se reconocen dentro de las principales regiones del mundo, vastas áreas de humedal a lo largo de los ríos principales del mundo y especialmente en la región tropical de Suramérica, Mitsch y Gosselink (2000) identifican dos: los humedales en llanos de sabanas herbáceas, de palmas dispersas con importancia como hábitat de aves y otras especies acuáticas propias del área, y el Amazonas, integrando humedales de planos inundables boscosos, ambos con periodos de lluvia y no lluvia marcados. Esta aproximación al ser a escala global, sólo nos indica que estas dos áreas en Colombia son de especial interés en el tema de humedales, pero no excluye otras áreas que se evidencien a una escala de país o región.

En Colombia los estudios relacionados con los humedales interiores son relativamente escasos, parciales o puntuales y se han direccionado al manejo de estos. Desafortunadamente, en la mayoría de los casos no han superado la formulación de planes, es decir, no se ha logrado el proceso de implantar la ordenación y las acciones de manejo.

El marco legal colombiano, ha habido esfuerzos en la conceptualización, protección y reconocimiento de los ecosistemas lénticos de humedales 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 se ha modificado incluyendo todos los taxones que allí residen (Ministerio del Medio Ambiente, 2002).

La Política para Humedales Interiores de Colombia (Ministerio del Medio Ambiente 2002, IAvH y Ministerio de Medio Ambiente 1999) adopta 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, IAvH y Ministerio de Medio Ambiente 1999, p. 16).

Una de las aproximaciones de clasificación de índole nacional fue propuesta por Donato (1991), considera las condiciones altitudinales, climáticas, geográficas y biológicas, que generan una variabilidad alta de los ecosistemas acuáticos. Esta clasificación utiliza cuatro categorías denominadas Provincias en las que se encuentran: 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 presentando un sistema de eutrofización antrópico y colmatación avanzado. En las provincias de Tierras Bajas de la Orinoquia la estacionalidad climática es marcada y la contaminación se refleja en sus condiciones. Se dividen en dos sistemas lénticos con origen en la altillanura, temperaturas altas, pH ácido, alto ingreso de plaguicidas generando mortandad de peces y un segundo grupo con origen en la cordillera, pH neutro, con una carga elevada de pesticidas

(aldin, lindano y metilparation) en el agua, sedimento y los peces. Se expone también la contaminación por las diferentes actividades asociadas a la industria del petróleo, la cual genera alteraciones en la productividad, el olor, color, temperatura, turbidez, oxígeno disuelto, niveles de nirogeno, fosforo y potasio. Lo que modifica la calidad del agua y aumenta la comunidad de cianofíceas generando impacto en otras especies aprovechables, como los peces (Donato 1991).

Los sistemas de la cuenca Magdalena-Cauca fluctuan, con una estacionalidad distinta también lo hacen los sistemas de la Amazonía generando variaciones tróficas. Es marcado los efectos de contaminación en ríos Bogotá, Cauca, Medellín y Magdalena. La provincia Costera, incluye algunos ecosistemas costeros (no considerados humedales de interiores) como la ciénaga Grande de Santa Marta y la Bahía de Cartagena, los cuales presentan un elevado nivel de deterioro (Donato 1991).

Naranjo *et al.* (1999) siguen en el documento Humedales interiores de Colombia: bases técnicas para su conservación y uso sostenible la definición adoptada por la Convención de Ramsar, según la cual "...son humedales aquellas extensiones de marismas, pantanos, turberas o aguas de régimen naturalo 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 (Scott y Carbonell 1986)" (p.15) se especifica que para mantener la concordancia con el objetivo del documento se excluyen los humedales del ambito marino y costero y los humedales artificiales.

Se utiliza la clasificación por niveles jerárquicos de Scott (1999). La sección aplicable a los humedales de interiores comprende:

Ámbito	Sistema	Subsistema	Clase	Subclase
Interior	Fluvial	Perene	Emergente	Ríos / arroyos permanentes
				Deltas interiores /Ríos /arroyos intermitentes
		Intermitente	Emergente	Planicies inundables
	Lacustre	Permanente		Lagos dulces permanentes

	Estacional		Lagos dulces estacionales
	Permanente/ Estacional		Lagos y pantanos salinos permanentes/ estacionales
Palustre	Permanente	Emergente	Pantanos y ciéngas dulces permantes
			Turberas abiertas
			Humedales alpinos y de tundra
		Arbustivo	Pantanos arbustivos
		Boscoso	Bosque pantanoso dulce
			Turbera boscosa
	Estacional	Emergente	Ojos de agua/oasis
			Ciénaga estacional dulce
Geotérmico			Humedales geotérmicos

De acuerdo a la diversidad biogeográfica, tipológica y funcional se identifican 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 (Osion et al. 1997) que corresponden a las cuencas hidrográficas del país.

En la región Caribe (9): 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 (humdales formados por los ríos San Jorge, Cauca y Magdalena), bajo Magdalena

(planicies inundables posteriores a la desembocadura del Cauca), Canal del Dique (planicies inundables hasta la desembocadura), delta río Magdalena (desembocadura y Ciénaga Grande de Santa Marta), alto río Cauca (rápidos y planicies aluviales), Magdalena medio (llanura aluvial y ciénagas desde La Dorada hasta Cesar), alto Magdalena (arrozales, represas y laguna El Juncal. Región Pacífica: interior (lagunas La Tola, El Trueno y andén Pacífico en Nariño). Región 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 paramunos). Región Orinoquia: río Arauca, río Meta (Llanuras aluviales inundables y madrevejas), río Casanare, río Vichada (planos inundables y laguna permanente), río Tomo (planos inundables y laguna permanente), río Guaviare (llanuras aluviales inundables y madrevejas), río Inírida. Región Amazonía: río Vaupes, río Apaporis, río Caguán, río Caqueta, río Putumayo, río Amazonas (Llanuras aluviales madrevejas y ciénagas para todos los complejos de la región). Región Catatumbo: río Catatumbo (ciénagas permanentes, madrevejas y planos inundables).

La investigación sobre los humedales en Colombia no ha sido poca, sin embargo, se encuentra focalizada en algunas regiones y en grupos taxonómicos, y en su mayoría dispersa. Evidencia de esto es que entre la información general disponible existen documentos tan variados por cada cuenca como:

Para el Amazonas algunos de los trabajos sobre limnología (Duque *et al.* 1997), relacionados con la fauna acuática (Trujillo *et al.* 2008, Bermúdez Romero *et al.* 2010) y bosques inundables del medio Caquetá (Urrego, 1997).

Orinoco documentos sobre la conservación en la Reserva de Biosfera El Tuparro (Gómez *et al.* 2007); cuenca baja del río Inirida y Estrella Fluvial de Inirida (IAvH, Fundación Omacha y WWF Colombia, 2007), biodiversidad del departamento del Casanare (Usma y Trujillo, 2011), además de los productos resultantes de los talleres binacionales Biodiversidad de la cuenca del Orinoco (Lasso *et al.* 2010, Lasso *et al.* 2011a) en el cual el instituto fue una de las organizaciones convocantes.

En el Caribe existe información sobre los manglares de la Ciénaga (Kapetsky 1977, Garay *et al.* 2004), y proyectos de protección y recuperación de la laguna Buenavista y La laguna de Navío Quebrado en La Guajira (Ricerca e cooperazione y Corpoguajira 2002, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano 2001).

En la cuenca Magdalena-Cauca hay un importante trabajo 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) y sobre las áreas de conservación de agua dulce (Téllez *et al.*, 2011).

Otros documentos integran información de varias cuencas, tal es el caso sobre flora acuática y mamíferos asociados a los humedales de las cuencas Orinoco, Magdalena y Cauca (Trujillo *et al.* 2010) y la serie Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia elaborada por el instituto y que incluye además temas de pesca continental (Lasso *et al.* 2011a, Lasso *et al.* 2011b), pesca de ornamentales (Ajiaco-Martínez *et al.* 2012), tortugas (Páez *et al.* 2012), cocodrilos (Morales-Betancourt *et al.* 2013), rayas (Lasso *et al.* 2013a) especies acuáticas exótica y transplanteda (Gutiérrez *et al.* 2012), morichales y caranguales de la Orinoquia y amazonía (Lasso *et al.* 2013b) y la revisión del género *Apistogramma* (Mesa y Lasso 2011).

Adicionalmente, otras fuentes importantes de información son los planes de manejo de cuencas y humedales que 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:

En el área de la cuenca de la Amazonía se encuentran principalmente planes de manejo de cuencas a nivel de quebradas, ríos y humedales realizadas a través de contrataciones para las corporaciones autónomas regionales, entre ellos el realizado para 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 comprendida en el interfluvio de los ríos Loretoyacu y Amazonas (Universidad Nacional – Fundación Omacha, 2007). En Orinoco se han realizado planes de manejo los humedales Coroncoro, El Charco, Calatrava, Juanambu y Caraco ubicados en el Meta (Barrera Torres 2008) la Laguna la Primavera en Vichada (Trujillo *et al.* 2010). En Caribe algunos ejemplos son 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 Zapatosa (Rangel *et al.* 2013). En la cuenca Magdalena-Cauca se encuentra una mayor cantidad de documentos de planificación, entre ellos el valle del río Cauca (Salazar 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 Pacífico los documentos mas relevantes son el plan de manejo de sitio Ramsar Delta del río Baudo (Villa Rivera *et al.* 2009) y los planes de manejo de territorios colectivos. Adicionalmente se reconoce el aporte de los planes de manejo para áreas con alguna nivel de protección en área de influencia de humedales.

Otra vía de análisis, es la de “mapear” los ecosistemas acuáticos, para lo que hay múltiples metodologías. Se puede realizar siguiendo los lineamientos usados en la Directriz Marco del Agua Europea (DMA), que corresponde a una tipología biológica de ecosistemas fluviales. Esta utiliza como primera media 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 sigue estos lineamientos, debe basarse en descriptores de carácter físico y químico, en particular de carácter geográfico, geológico e hidrológico. 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 un mayor uso. El sistema B utiliza descriptores similares al del sistema A, con algunas variaciones. La región ecológica se modifica por las coordenadas geográficas. Se incluye además como descriptores optativos, entre otros: 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 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 (ríos, lagos, humedales, etc.) y planos de inundación. Estos delimitadores están relacionados con clima, geología y cobertura de la tierra en la categoría de aguas continentales.
- Tipología 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 y por Cowardin (1979) para humedales.

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

La aproximación para el mapeo 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 causados 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 centra en comprender los procesos que causan y controlan el patrón de ecosistemas en un lugar determinado y delimitar las unidades de 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), para establecer tendencias sobre los recursos naturales, para conservar (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).

Mapear 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, considerando 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 en los hábitats de humedal del piedemonte amazónico, donde se identificaron pantanos arbustivos herbáceos interfluviales de chusquias, los humedales riparios o bosques riparios, complejos de humedales periódicos o pantanos y bosques inundables, madresviejas o lagunas y humedales en islas periódicas (Ricaute *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 asociadas a cuerpos de agua o zonas periódicamente inundables. Estas áreas, combinadas con los biomas, permitirán contar con unidades discretas cuyas diferenciaciones llevan

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 cauces 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, localizados al interior del continente. En esta categoría también se incluyen las áreas con vegetación de tipo arbóreo, que se encuentran localizadas en las franjas adyacentes a los cuerpos de agua (lóticos), las cuales corresponden a las vegas de divagación y llanuras de desborde con procesos periódicos de inundación. Los ecosistemas a definir en estas zonas inundables estarán 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.

La Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra (Ideam, 2010) describe las coberturas asociadas a estos ecosistemas en:

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).

- **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 períodos 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 aguas 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 cartografiable 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).

Referencias

- 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. Insitituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C., Colombia. 152pp.
- Baéz, S., S. Salgado, J. Santiana, F. Cuesta, M. Peralvo, R. Galeas, C. Josse, Z. Aguirre, G. Navarro, W. Ferreira, X. Cornejo, H. Mogollón, C. Ulloa-Ulloa, S. León-Yáñez, B. Ståhl y G. Toasa. 2010. Propuesta Metodológica para la Representación Cartográfica de los Ecosistemas del Ecuador Continental. CONDESAN, Quito. Mimeographed. 113pp.

- 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. 20pp.
- Bermúdez Romero, A.L., F. Trujillo, C. Solano, J.C. Alonso, 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. 150pp.
- 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.
- CAR. 2011. Humedales del territorio CAR, consolidación del sistema de humedales de la jurisdicción CAR. Bogotá: CAR. 75pp.
- 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. 128pp.
- 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. 150pp.
- Cowardin, L.M., Carter, V., Golet, F.C. y LaRoe E.T. 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. 131pp.
- Correa Velásquez, P.L., Barrientos Zuluaga, A., Benjumea Hernández, M. y Estrada A.L. (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. 208pp.
- CRA-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). 243p.
- CRA, DAMAB, Cormagdalena y CI Colombia. (2006). Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca hidrográfica de la ciénaga de Mallorquín. Disponible en: <http://www.crautonomia.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. 106pp.

- Donato J.C. 1991. Los sistemas acuáticos de Colombia síntesis y revisión. *Cuadernos Divulgativos* 4 (abril) 1-8p.
- Duque, S. R., Ruiz, J. E., Gómez, J. y Roessler, E. 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. Clasificación y Localización de los humedales en Colombia. Pp. 48-50. *En*: Rivera Gutiérrez, M. y Caicedo D. (eds). (2002). 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 Vidal, L. & Andrade G. (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.
- Garay, J., Restrepo J., Casas O., Solano, O. y Newmark F. (2004). Los manglares de la Ecorregión Ciénaga Grande de Santa Marta: pasado, presente y futuro. Serie de publicaciones especiales N.11. Santa Marta: Invemar.
- Gómez, I., Rivera, A. y Guzman, J. (2007). Humedales de la reserva de biosfera El Tuparro, una guía para su conocimiento y conservación. Bogotá: Fundación Omacha.
- Guhl, E. 1982. Los páramos circundantes de la sabana de Bogotá. Jardín Botánico José Celestino Mutis. Bogotá.
- Guerrero, E. (ed.) (1998). Una aproximación a los humedales en Colombia. Bogotá: Fondo FEN Colombia.
- 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, 335p.
- Hering, D., Borja, A., Carstensen, J., Carvalho, L., Elliott, M., Feld, C.K., Heiskanen, A.S., Johnson, R.K., Moe, J., Pont, D., Solheim, A.L., y Van De Bund, W. 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.
- Ideam. 1998. Humedal del valle del río Sinú. Ideam Bogotá. 26pp.
- Ideam. 2001. El medio ambiente en Colombia. Ideam Bogota. 543 pp.

- Ideam. 2010. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C., 72p.
- IAvH, Fundación Omacha, WWF Colombia. 2007. Ambientes acuáticos identificados en la cuenca baja del río Inirida y estrella fluvial contribución a la designación de área Ramsar en la estrella fluvial de Inirida. Informe. Fundación Omacha Bogotá. 24pp.
- Junk, W., Piedade, M, T, F., Schöngart, J, Cohn-Haft, M, Adeney, J. M, Wittmann. F. 2011. A classification of major naturally-occurring Amazonian lowland wetlands. *Wetlands* 31: 623–640.
- Kapetsky JM. 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. Panama.
- 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. 714p.
- Lasso, C. A., E. F. de P. Gutierrez, M. Morales-Betancourt, E. Agudelo, H. Ramírez-Gil, 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 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, 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. 304p.
- 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., 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 (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. 609p.
- 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. 23pp.
- Ministerio de Medio Ambiente, 1999 Humedales interiores de Colombia: bases técnicas para su conservación y uso sostenible. 79pp.
- Ministerio del Medio Ambiente, IAvH. 2002 Política Nacional para humedales interiores de Colombia, estrategias para su conservación y uso sostenible. 67pp.
- Mitsch W.J. y Gosselink J.G. (2000). *Wetlands* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Morales-Betancourt, M. A., C. A. Lasso, J. De La Ossa V. y A. Fajardo-Patiño (Editores). 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.
- 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 (MDAS-SINCHI). Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Bogotá, D. C.
- Téllez, P., Petry, P., Walschburger, T., Higgins, J. y Apse, C. (2012). Portafolio de Conservación de Agua Dulce para la Cuenca del Magdalena-Cauca (2nda edición). Bogotá: Cormagdalena, The Nature Conservancy
- 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., Abraín R., Gómez-Rodríguez, C., 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. 141p.
- 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.
- Ricaute, L. F., Jokela Jukka, Siqueira A., Nuñez-Avellaneda M., Martín C., Velázquez-Valencia A., Wantzen, K.M. 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 Corpoguajira. (2002). La laguna Buenavista y su gente. Proyecto prolagunas, protección y recuperación de humedales costeros del Caribe colombiano. Bogotá: Nueva gráfica.
- Salazar Ramírez, M.I., Carmona Tobar M., Gómez Hoyos, N., Muñoz Ascárate, L.A., Ossa Guevara, M.C., y Ordóñez Escobar, L.F. (eds). (2009). Humedales del valle geográfico del río Cauca: génesis, biodiversidad y conservación. Cali: Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca.
- Sayre, R., Comer P., Warner, H., y Cress, J. 2009. A New Map of Standardized Terrestrial Ecosystems of the Conterminous United States, in Professional Paper 1768. U.S. Geological Survey. 17 pp.
- Scott y Carbonell. 1986. A directory of neotropical wetlands. Cambridge: IUCN Conservation Monitoring Centre. 684pp.
- 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. 150p.
- Trujillo F., Rial, A., Canon S., Rojas, D.M., Sierra, F. (2010). 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.
- 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. 2010. 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.

Universidad Nacional – 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. 251p.

Urrego L. E. (1997). Los bosques inundables del medio Caquetá: caracterización y sucesión. Estudios en la Amazonia Colombiana (tomo XIV). Bogotá: Tropenbos Colombia. Vanotte, R. I.; G.W. Minshall; K.W. Cummins; J. R. Sedell & C. E, Cushing. 1980. The river continuum concept. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 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. 286p.

Villa Rivera, W., López Matta, D., Tavera Escobar, H.A. y Delgado Hernández, M.F. (2009). Plan de manejo del sitio Ramsar Delta del río Baudó. Cali: Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, y WWF Colombia.

5 CARACTERIZACIÓN

5.1 Marco biogeográfico

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

Para Suramérica Canevari *et al.* (2001) establecen 19 ecorregiones de humedales. En esta clasificación, se reconoce para Colombia la cuenca del río Amazonas, río Orinoco y humedales asociados, costa Pacífica de Colombia y Ecuador, Andes del norte y costas del Caribe, coincidiendo en gran medida con el mapa de zonificación hidrográfica de Colombia elaborado por el Ideam (2013) (ilustración 1).

Las ecorregiones de humedales fueron determinadas considerando la biodiversidad, especialmente las especies endémicas, raras, en peligro de extinción, carismáticas, de valor económico y fenómenos biológicos destacados, los beneficios económicos y sociales, las amenazas e impactos

por 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 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.

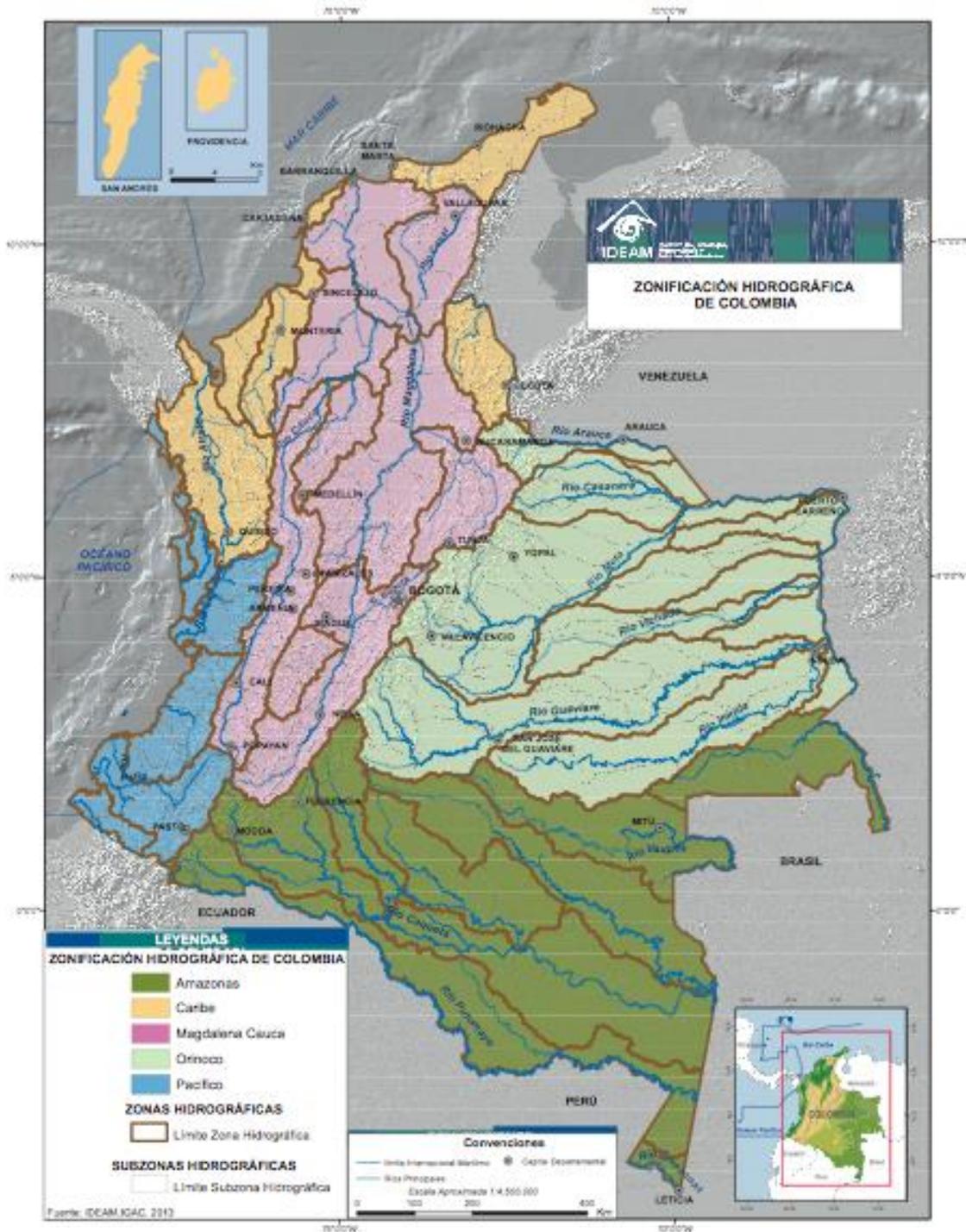


Figura 6. Zonificación hidrológica de Colombia (Fuente: Ideam, 2013).

Las cinco áreas o cuencas hidrográficas de acuerdo a la zonificación realizada por el Ideam (2013) son: Amazonas, Orinoco, Caribe, Magdalena-Cauca y Pacífico (Figura 6), las cuales se comprenden agrupar en dos regiones: cisandina (Amazonas y Orinoco) y transcisandina (Caribe, Magdalena-Cauca, Pacífico) (Hernández-Camacho 1992). Estas áreas son el resultado del proceso geológico que fue moldeando el territorio dando origen a las cuencas como se explica en Flórez (2003).

En la Era Mesozoica (periodo Cretaceo) ya existía una separación notable entre África y Suramérica, la cordillera Central había emergido como una isla y aun mantenía unida la Serranía de San Lucas y la Sierra Nevada de Santa Marta (Flores 2003, Galvis *et al.* 2012).

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, este fue una megacuenca semi-endorreica que abarcaba desde Bolivia hasta el Lago de Maracaibo, que posteriormente comenzó a drenar hacia el Caribe (Cadena 2012, Galvis *et al.* 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 mas al sur-orienté los Farallones de Citará (Flores 2003, Galvis *op. cit.*).

En el Mioceno ocurre la mayor actividad. Se inicia el levantamiento de la cordillera Oriental en la región entre Huila y Caqueta. Se desprendió la Sierra Nevada de Santa Marta de la Serranía de San Lucas, pero no aún la Serranía del Perija, por lo que durante este periodo el río Magdalena estaría drenando hacia el Lago Maracaibo (Flores *op. cit.*, Galvis *op. cit.*).

Posteriormente la plataforma continental del norte colapsa y el río Magdalena se dirige a la depresión Momposina. Se inicia la formación del istmo de Panamá; la Serranía del Darién, Baudo y Dabeida se elevan creando las primeras cuencas del Choco biogeográfico, aunque el estrecho del Atrato continuaba separando América del Sur y Centroamérica (Flores *op. cit.*, Galvis *op. cit.*).

Los procesos más recientes son el levantamiento del Macizo de Garzón, de la cordillera Oriental y la formación del alto valle del Magdalena; la división de la Sierra Nevada de Santa Marta de la Serranía de San Lucas y el levantamiento del Arco del Vaupés que divide el Orinoco del Amazonas y el desborde de este último, dando origen a la desembocadura actual (Flores *op. cit.*, Galvis *op. cit.*).

Amazonas

El área Amazonas incluye nueve zonas o subcuencas: Guainia, Vaupes, Apaporis, Caqueta, Yari, Caguán, Putumayo, Napo y Amazonas (Ideam 2013), en un área de 447.274 km², equivale al 3,7% de los bosques húmedos tropicales del mundo (Lasso, *et al.* 2011).

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 (Morales-Betancourt *et al.*, 2012). Presenta una radiación directa durante casi todo el año, una precipitación media anual de 3.307 mm, con máximas en mayo-junio y mínimas en diciembre-enero con algunas variaciones en la región (Tabla 1), y una temperatura media de 25.3°C (Sinchi, 2006).

Tabla 1. Precipitación en tres lugares de la amazonía colombiana (Ideam 2005).

Localidad	Promedio anual (mm)	Máximas	Mínimas
Mocoa	4.376	Mayo-junio	Octubre-noviembre
Leticia	3.194	Enero-marzo	Julio-agosto
San José del Guaviare	2.499	Junio-julio	Diciembre-enero

Se reconocen tres tipos aguas de acuerdo a su origen (Sioli 1967 en Sinchi 2006): blancas, claras y negras. Para la Amazonía colombiana Duque *et al.* (1996) consideran dos tipos de aguas blancas tipo I y tipo II.

Las aguas negras son de origen amazónico tienen una transparencia elevada (más de 50 cm), alto contenido húmico, son pobres en nutrientes y tienen un pH ácido, como ejemplos de esta agua encontramos los ríos: Mirití, Paraná, Cara-Paraná e Igara-Paraná. Las aguas blancas son de origen andino tienen sedimentos suspendidos y disueltos, por lo que son poco transparentes (15-30 cm), tienen concentraciones elevadas de nutrientes y un pH neutro (tipo I) como el río Amazonas. Las aguas blancas que reciben significativos aportes de ríos de aguas negras se conocen como tipo II, por los cambios físico-químicos que producen la entrada de estos afluentes, entre están los ríos Putumayo y Caqueta.

Las aguas claras tienen origen en el área del Escudo Guayanés, contienen menos ácidos húmicos y tienen características intermedias entre los dos anteriores, como ejemplo están los ríos Ajajú, San Jorge y Tauraré (Duque *et al.* 1999, Morales-Betancourt *et al.* 2012). Rail y Hill (1980 en Pinilla 2005) además, proponen aguas mixtas en los puntos de confluencia entre las aguas blancas y algunos de los otros dos tipos: claras o negras.

En la región del Amazonas hay importantes zonas de humedales, como es el 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) (Morales-Betancourt *et al.* 2012).

Orinoco

La cuenca del Orinoco en Colombia se conforma de acuerdo al Ideam (2013) por las áreas del Orinoco, Inírida, Guaviare, Vichada, Tomo, Meta, Casanare y Arauca, con una cobertura total de 347.165 km², en donde las principales zonas de humedales se distribuyen en las cuencas del Meta, Casanare y Guaviare (Morales-Betancourt *et al.* 2012).

La temperatura varía entre 28°C a 8°C en el área alta de la cordillera Oriental, pero el clima es cálido y cubre una gran extensión de la cuenca (Ideam, 2004). 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 contiene la región más cálida con una temperatura promedio anual de 28°C en la zona noreste, mientras que la cordillera Oriental registra las temperaturas más bajas (Rosales *et al.* 2010).

Se presenta una precipitación monomodal, con periodo de lluvias de abril-diciembre, esto produce un aumento del caudal de nueve a doce metros en los ríos Orinoco y Guaviare, y un incremento de tres a seis en los ríos Arauca y Meta. En enero-marzo se presenta el periodo seco. La variación del caudal no implica sólo un cambio en el volumen o la profundidad, genera cambios físico-químicos que hacen parte de los procesos de los sistemas ecológicos (Lasso *et al.* 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. incluyendo desde montañas en la cordillera de los Andes, la Serranía de La Macarena y sus piedemontes, planillanuras del Guainía y

el Vichada, hasta llanuras inundables en el Arauca, Casanare y Apure y una altillanura (llanura no inundable), en Meta-Vichada. Así junto con otras variables se definen regiones particulares al interior de la cuenca: Orinoquia andina, altillanura orinoquense y Orinoquia llanera, zona de transición Orinoco-Amazonas y corredores del alto y medio Orinoco (Lasso *et al.* op cit.).

Los tipos de agua corresponden a los mencionados para 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 origen en plenillanuras del Escudo Guyanes (Ajota, Atabapo e Inírida) (Rosales *et al.* 2010).

Caribe

La cuenca del Caribe se integra por las zonas hidrográficas: Atrato-Darién, Caribe-litoral, Sinú, Caribe-La Guajira, Catatumbo, y la zona de las islas del Caribe (Ideam 2013). Su variabilidad geográfica es notable, la mayor parte del territorio son planicies bajas, pero a su vez presenta la mayor altura en el país con el Pico Cristobal Colón en la Sierra Nevada de Santa Marta (5.775 m) s.n.m. (Ideam 2012). Incluye 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 2004).

Ejemplo de esta variación climática es la cuenca del río Sinú, en su tramo final cerca al mar la precipitación es menor de 800mm/año y la temperatura nunca se encuentra por debajo de los 28°C; en la zona del valle la precipitación oscila entre los 1.000 y 2.000 m.m; hacia la cordillera la temperatura varía entre 24-28°C y la precipitación se registra sobre los 3.000mm al año (CVS, 2004 en Lasso *et al.* 2011). En el Atrato la variación de la precipitación repercute en todo el sistema debido a la estacionalidad de las lluvias, debido a estas el caudal aumenta de abril hasta octubre, generando un valle inundado durante todo el año, permaneciendo solo la parte alta (20%) sin inundación (Lasso *et al.* op. cit.).

Presenta una extensa zona de humedales costeros, donde se 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 como una de las regiones con mayor transformación

del ecosistema natural, del cual se estima que se mantiene solo un 27,6% sin una alteración significativa (Morales-Betancourt *et al.* 2012).

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). 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 termoeléctrica. 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 a 4.000 m s.n.m. en el Páramo de Sotará en el Macizo Central (ibid). 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 área 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, 2004). 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 presenta en el mes de 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 yr⁻¹, tres veces más que el río Amazonas (Restrepo *et al.* 2006).

Pacífico

La vertiente del Pacífico se divide en las subcuencas: Mira, Patía, Tapaje Amarales-Dagua, San Juan, Baudó, Pacífico directo y Pacífico islas (Ideam 2013), el área total es de 76.365 km², con un clima principalmente perhúmedo, integrado por más de 200 ríos, cortos y de alto caudal (Morales-Betancourt *et al.* 2012), debido a la alta precipitación de la región (Tabla 2), 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, 2009).

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 año seco, se estima que el volumen de la escorrentía disminuye hasta en un 36% (Ideam 2010).

Tabla 2. Temperatura y precipitación media en el Pacífico (Lobo-Guerrero Uscátegui, 1993).

Localidad	Temperatura media anual (°C)	Precipitación media anual (mm)
Valle del San Juan	26.4	7941
Buenaventura	26	6238

5.2 Biota acuática

Generalidades

Santiago Duque y Carlos A. Lasso

A diferencia de los ecosistemas terrestres, en donde las especies suelen contar 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/o 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 de delimitación del humedal.

El uso de criterios biológicos y ecológicos se ha basado principalmente en la descripción de las comunidades de plantas o la flora acuática *per se*. Sin embargo, hay otros organismos, en muchos casos menos conocidos, que son de gran utilidad y revisten total validez para el proceso no solo de identificación y/o caracterización, sino de delimitación de los humedales. 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 ellos.

Uso de las especies en el proceso de la identificación

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

En los ecosistemas acuáticos continentales, en especial en los que llaman humedales, hay un sinnúmero de especies que se desarrollan en relación con el recurso agua. Entre ellos están los microorganismos de los cuatro reinos, Monera, Protista, Fungi y Animalia, así como también especies del reino vegetal y de 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, desde charcas aisladas, reservorios estacionales de agua en zonas tanto naturales, como sujetas al efecto antrópico (casas y ciudades por ejemplo). Por tanto, no son únicos de ecosistemas contemplados dentro de lo que se concibe 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 los vegetales llamados macrófitas o sea, plantas relacionadas íntimamente con la humedad del suelo y/o la presencia de una película de agua; y de animales, en particular los peces y una parte de los anfibios, reptiles, aves y mamíferos, que dependen en gran medida de la presencia de un humedal para su supervivencia.

En las macrófitas, estaría sin duda el mejor indicador del humedal, ya que son organismos no “móviles” por si 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 macrófitas presentes, guardan relación con la presencia del agua en uno o varios momentos del año.

Es importante indicar que la presencia de macrófitas supone la presencia de un humedal, en especial en sistemas fuertemente afectados por condiciones hidroclimáticas que cambian el nivel de las aguas y la expansión o retracción del mismo humedal. Así la presencia y ubicación de los macrófitas si podría ser un buen elemento a tener en cuenta para indicar que existe un humedal.

Uso de las especies en el proceso de la caracterización

Postulado: *especies o características asociadas a especies, que nos permiten describir y diferenciar un tipo de humedal de otro... Por ejemplo, la dominancia de una especie determinada...*

Las especies acuáticas se presentan generalmente en asociaciones, es decir, grupos particulares de especies que tienen relación con las condiciones ambientales imperantes y con relaciones 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 micoplancton y el zooplancton. Por ser errantes, ellos describen bastante bien a humedales lénticos o leníticos o sea sistemas acuáticos de aguas más bien estancadas como charcas, lagunas, madre viejas, lagos, algunos morichales y cananguchales y esteros, entre otros.

También existen otras asociaciones que ya pudieran llamarse comunidades, es decir, 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 utilizan 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 están los ríos, quebradas y arroyos.

Otros organismos de mayor tamaño, en especial dentro de los animales, y que también tienen una relación estrecha con el sustrato, son los macroinvertebrados, que pueden ser parte del bentos o fondos de sistemas tanto leníticos como lóticos o están asociados a las macrófitas. Ellos, son sin duda, muy específicos para los humedales, ya que en especial, en los insectos, hay órdenes taxonómicos donde una parte de su ciclo de vida ocurre en el agua (la mayor parte del tiempo). Aquí podríamos hablar de los ordenes Odonata, Trichoptera, Plecoptera y Ephemeroptera, entre otros. Ahora bien, no siempre son las mismas especies la que pueblan las aguas quietas o aguas corrientes, pero para poder discernir, en base a las especies de macroinvertebrados, que tipo de humedal puede ser, es requisito indispensable 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 dulce) y más recientemente, las esponjas dulceacuícolas.

Los peces son sin duda, con unas muy pocas excepciones, 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.

Más que decir que tipo de humedal es, la biota acuática como la indicada acá, relaciona condiciones metabólicas del sistema, grados de conservación y niveles diferenciales de impacto humano. Por tanto, en todos los grupos existen asociaciones de especies y grupos funcionales, entre otros, 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 de la delimitación

Postulado: *especies que permiten conocer cuál es área que corresponde al humedal -dimensión 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 que separa este ecosistema de otros adyacentes.*

La biota acuática que mejor relaciona al humedal y sus límites, son las plantas acuáticas, conocidas también como macrófitas. Estas, a nivel de especies, indican claramente la presencia de agua en niveles superficiales en alguna época del año, recordando que en el caso de humedales en el Ecuador, hay cambios importantes de expansión y contracción de los mismos. Las macrófitas se desarrollan en los lugares donde les favorecen las condiciones, en especial edáficas y en muchos casos tienen fuerte relación con los suelos hidromórficos, 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 (proceso de sucesión). En el caso de las macrófitas, estas indican con claridad hoy día, sectores de terreno que son anegados o inundados (fluvial o pluvial) en el ciclo anual y/o que el nivel freático 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, etc., son de gran utilidad no solo para la identificación y caracterización del humedal, sino para su delimitación, ya que estas extienden su distribución de acuerdo a la disponibilidad y extensión del espejo de agua.

Por otro lado, hay otros grupos cuyos hábitos son clave para la delimitación. 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: macrófitas; algas planctónicas; zooplancton; macroinvertebrados (insectos, crustáceos, moluscos y esponjas, fundamentalmente); peces; anfibios (ranas, sapos, cecílicos); reptiles (tortugas, cocodrilos, culebras 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 delimitación 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 bioformas y ecofenos de plantas acuáticas. 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 hidroperíodo (sequía, entrada de aguas, aguas altas, bajada de aguas). Su empleo en la tipificación y delimitación 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 delimitación de humedales

Ciertamente las plantas que viven permanentemente en el agua pueden considerarse estrictamente acuáticas o hidrófitas, y ya existe un término para las que viven en ambos medios (anfibia o helófitas). Pero si se observa detenidamente a estos vegetales en los humedales neotropicales, se verá que las variaciones en la cantidad y calidad del agua, 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). 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.* op. cit, Rial 2009) y es una característica que define a las plantas acuáticas de los grandes humedales de Suramérica. Lo anterior, tiene importantes implicaciones a la hora de caracterizar y delimitar los humedales, pues tanto la riqueza de plantas acuática como sus ecofases pueden ser usada como indicadores y descriptores del ambiente.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que la mayoría de las plantas de los humedales, que muchos autores no consideran acuáticas -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 apenas unos días (efímeras), unos meses (temporales) o todo el año (permanentes), 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 para la cuenca del Orinoco tanto en Colombia como Venezuela (Rial 2003, 2004a, 2004b, 2009, 2014 en preparación), se considerará como planta acuática, al conjunto de vegetales de los ecosistemas inundables o anegables que completan sus ciclos vitales durante el ciclo hidrológico anual, con las siguientes precisiones:

- 1) indistintamente en agua o en suelos casi secos y sobreviviendo al siguiente ciclo.
- 2) mediante modificaciones morfológicas (ecofenos) visibles en ambos períodos (lluvia y sequía) y con floración durante la ecofase acuática.
- 3) sin variaciones morfológicas y con floración durante la ecofase terrestre.

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

Ya sabemos que las plantas acuáticas son los productores primarios, además de filtradoras de sedimentos y sustancias tóxicas y liberadoras de nutrientes; refugio, hábitat, sitio de desove y anidación de la fauna silvestre; pero no siempre tenemos en cuenta que las plantas acuáticas condicionan las propiedades físico-químicas del agua y la estructura de otras comunidades bióticas (Jeppesen *et al.* 1998), porque regulan el intercambio entre los ecosistemas terrestre y acuático (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 los ambientes acuáticos se encuentran 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 nos 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.

Para preservar la riqueza de la 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 del régimen climático, del pulso de inundación que en los grandes humedales de Suramérica se atiende a una cierta duración y frecuencia anual durante el ciclo bimodal, 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 de que ocurran normalmente el flujo de agua y el balance de nutrientes durante el régimen anual de lluvia-sequía. Para lo cual 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 y ríos;

cuando se anega la sabana con agua de lluvia y/o se inundan las planicies con el desborde de los ríos adyacentes, cuando las aguas enriquecen la sabana y se traslocan los nutrientes de un sitio de a otro hasta que deja de llover y descienden los caudales hasta la sequía, cerrando por dos o tres meses el ciclo que se reanuda, nunca de igual modo, con las primeras lluvias del año siguiente.

Este pulso de inundación y sequía que ocurre en los humedales, se altera en cuanto las actividades humanas interfieren en:

- 1) la duración y frecuencia de las inundaciones y anegamientos, mediante la intervención de caudales, desagües, recambios y recargas naturales (diques, represas, carreteras).
- 2) el aporte de nutrientes, incluso hasta la eutroficación (por actividades agropecuarias y energéticas).

De modo que las comunidades de plantas acuáticas están amenazadas por las transformaciones del medio mas que por otras causas. Así, solo podremos conservarlas si conocemos 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 se podrá registrar lo que sucede en un ambiente cuyas variaciones anuales (profundidad, condiciones fisicoquímicas, temperatura, etc.) dan lugar al reemplazo de comunidades vegetales y a 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 delimitación, pero la diversidad β lo es aun mas, pues nos acerca a la composición real de especies en distintos ambientes- humedales 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, que deben entonces ser preservados íntegramente, es decir, en el conjunto de sus atributos.

Así que el área, debe ser un criterio útil a la hora de escoger prioridades de conservación y llevar a cabo ejercicios de delimitación. Los humedales suelen ser complejos de variados ambientes y en consecuencia con una considerable diversidad de plantas acuáticas. Pero aunque esta diversidad es un atributo importante para estos procesos, lo es aun más la diferencia entre los distintos hábitats o humedales a nivel regional. Gradientes, altitud, geomorfología, factores edáficos, y muy especialmente hidroperíodo, régimen hidrológico (inundación-sequía), son factores determinantes de la composición de especies que se deben tener en cuenta para decidir el modo y alcance de la intervención.

Así pues, cualquier alteración en el régimen hidrológico (duración frecuencia, etc.) tendrá efectos en la composición, riqueza y abundancia de las macrofitas 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) a través de procesos ecológicos tales como germinación y patrones de reclutamiento del banco de semillas (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 se regeneran a partir de la disponibilidad en el banco de semillas (van der Valk y Davis 1978, van der Valk 1981). 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.

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

El intercambio intenso biótico 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 (Junk y Fiurch 1993, 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). La duración, regularidad, frecuencia y amplitud de este último, regulan los patrones de distribución espacial de las especies. Por otro lado, las áreas ribereñas influenciadas por inundaciones anuales, son ecosistemas más complejos estructuralmente 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 Rosales (op. cit) quien propone “Un Modelo Conceptual Ecohidrológico”, que se basa en las interacciones de las plantas 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 escalas 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 seguir los criterios de Urrego (1997).

Se podría mencionar algunos ejemplos de plantas acuáticas que indican alguna característica o delimitan 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 *Hydrolea spinosa* L. que inician su crecimiento en el agua y alcanzan la floración en 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 filiculoides* Lam. se adaptan bien a cuerpos de agua confinados, así que en muchos casos, pueden ser indicadores de cuerpos de agua eutroficados. Otras especies son nitrófilas y por tanto indicadores de altos contenidos de N en el suelo y agua, como 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.

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 zonificación interna del humedal. Pero se realicen con inventarios, 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 discutido por Rial (2003) (Simposio Construcción Colectiva de criterios para la delimitación 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 toman en cuenta para efectos de inventario y análisis, 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).

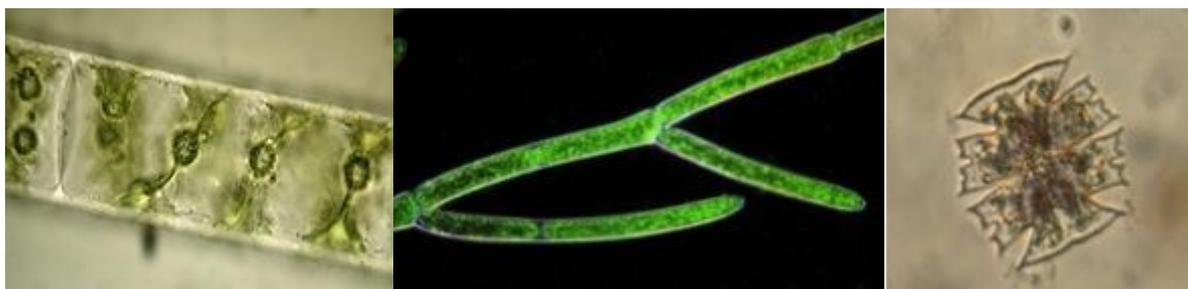
Como criterio de delimitación debe considerarse la cobertura por especie en el humedal. Medida que estima la abundancia para efectos, por ejemplo, de cálculo de la biodiversidad y cuyas variaciones en los cuatro periodos hidrológicos, son comunes, por lo cual deben considerarse estos cambios anuales 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: aspectos biológicos en el Simposio Construcción Colectiva de criterios para la delimitación de humedales: retos e implicaciones del país (2013).

La determinación de la ATTZ entre los ambientes acuático y terrestre debe hacerse a partir de la presencia de plantas acuáticas y sus ecofenos. Para este fin pueden definirse transectos que inicien en el borde del espejo de agua en sequia, variando su posición inicial a medida que avanza el ciclo anual y crecen las aguas.

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 sistemas ecológicos: boscosos (manglares, bosques riparios) y no boscosos, vegetación azonal, acuáticos continentales, marinos e incluso en los agro-ecosistemas.

5.2.2 Algas

John Jairo Ramírez Restrepo



Spirogya, Cladophora y Micrasteria

Fotos: John Jairo Ramírez Restrepo

Por su calidad de fluido newtoniano, 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, podemos 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. Este 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 planctónicas⁴, sino metafiticas y perifíticas⁵. 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 habitados 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

⁴ Algas planctónicas. Son aquellas que pertenecen al plancton (πλαγχτόζ: errante, vagabundo), cuyos miembros son denominados colectivamente plancton vegetal o fitoplancton (φυτον: 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, provenirs del desprendimiento desde el epipelon o desde el epifiton.

⁵ Algas del perifiton o perifíticas. Según Wetzel (1983), el perifiton (*peri*, alrededor; *fiton*, 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 et al. (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, *biofilm* 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.

pueden ser planctónicas, meroplanctónicas⁶, neustónicas⁷, bentónicas⁸, aerofíticas⁹ y perifíticas, 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 acudiremos es de cuño altamente restrictivo (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 neustónicas (que efectivamente flotan en el agua) e incluye a: 1) organismos como algunas diatomeas que, por el peso de su frústulo, no necesariamente están siempre suspendidas formando parte del fitoplancton sino que pueden pasar gran parte de su vida o de su ciclo vital en los sedimentos, y 2) plantas no necesariamente fotosintéticas como algunos miembros de las euglenofitas (Hutchinson 1967, Margalef 1974- 1983, Harris 1986, Reynolds 1984- 2006, Ramírez 2000).

⁶ Algas meroplanctónicas. Algas que solo durante una parte (μερής: 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.

⁷ 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.

⁸ 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.

⁹ 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 ambiente s terrestres donde actúan reteniendo arcilla y limo y adicionando cantidades ingentes de carbono orgánico y de nitrógeno al suelo

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. Nos referimos 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 la propuesta en la convención Ramsar. Si partimos 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, y si nuestro ánimo es el del título de este escrito, nos veremos en la obligación de afirmar que sí, que efectivamente las algas planctónicas permiten identificar, caracterizar y delimitar un humedal y sus dislates entre lo húmedo y lo terrestre, tan característicos de este mundo del devenir de Heráclito.

Algunos pueden preguntarse qué nos lleva a afirmar tan categóricamente lo anterior. Pues que, como ya vimos, algunos miembros del ensamblaje fitoplanctónico no requieren de luz para vivir pues pueden ser fagocíticos¹⁰, auxotróficos¹¹, osmotróficos¹² y saprofiticos¹³; 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 termales (algunas cianofitas lo hacen) y nieve (las criofílicas¹⁴). Y, por si fuera poco, otros componentes de las algas toleran suelos cargados de carbonatos (alcalófilas¹⁵) y lagos salinos (algas halófilas¹⁶) 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.

¹⁰ Algas fagocíticas. Son las que absorben partículas alimenticias dentro de vacuolas digestivas.

¹¹ Algas auxotróficas. Aquellas que requieren pequeñas cantidades de material orgánico, pero no como fuente de energía, generalmente es una vitamina, vitamina B₁₂, por ejemplo. Muchos flagelados, como las euglenofitas, pertenecen a este grupo.

¹² Algas osmotróficas. Algas que absorben nutrientes solubles a través de la membrana celular. Se acuerdo a esta definición, la mayoría de las algas son osmotróficas, además de fotosintéticas.

¹³ Algas saprotróficas. Grupos específicos de algas que viven heterotróficamente sobre material muerto.

¹⁴ Algas criofílicas. Son especies que prosperan en hábitats extremadamente fríos como las aguas congeladas. *Chlamydomonas nivalis* es una microalga verde de este tipo pero poseedora de esporas de color rojizo debido al carotenoides 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.

¹⁵ 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 *Spirulina platensis*.

¹⁶ Algas halófilas o halófitas. Viven en ambientes en los que el contenido de sal sea del 8 por ciento o mucho mayor; por ejemplo, *Dunaliella salina*, alga que crece muy cerca del límite de saturación y es la responsable de que muchas salinas se vean rojizas.

Aparentemente, nuestro problema ha sido resuelto ya que al interrogante ¿son importantes, útiles y válidas las algas del fitoplancton para identificar, caracterizar y delimitar humedales, no solo en Colombia, sino en cualquier lugar? hemos respondido afirmativamente. Todo lo dicho avala la respuesta siempre y cuando, reiteramos, se acepten los dos conceptos establecidos atrás.

Pero ahora surgen nuevos cuestionamientos. Por ejemplo, puede suceder que el espejo de agua este pletórico de vida de otro tipo: las macrófitas 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. Nos referimos a los ya mencionados en el primer párrafo de este discurso, el metafiton y el perifíton. Las algas pertenecientes al primer tipo estarán ‘posadas’ en medio de la maraña subtendida por otras algas –como *Cladophora* (76a), *Mougeotia* (Figura 7b), *Oedogonium* (Figura 7c), *Spirogya* (Figura 7d), *Temnogametum*, *Zygnema* (Figura 7e) -, entre otras. Destacan aquí por su riqueza las desmidiáceas unicelares *Cosmarium* (Figura 7f), *Staurastrum* y *Micrasterias* (Figura 7g). 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*), lenteja de agua (*Pistia*) u otra, o sustratos más sólidos como guijarros, rocas, plásticos, restos de madera, entre otros, presentes principalmente en ríos, quebradas y otros sistemas lóticos-; 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*, *Gomphonema* (Figura 7h) y *Melosira* (Figura 7i), y las cianofitas *Oscillatoria* (Figura 6j) y *Lyngbya* (Figura 7k), entre otras.

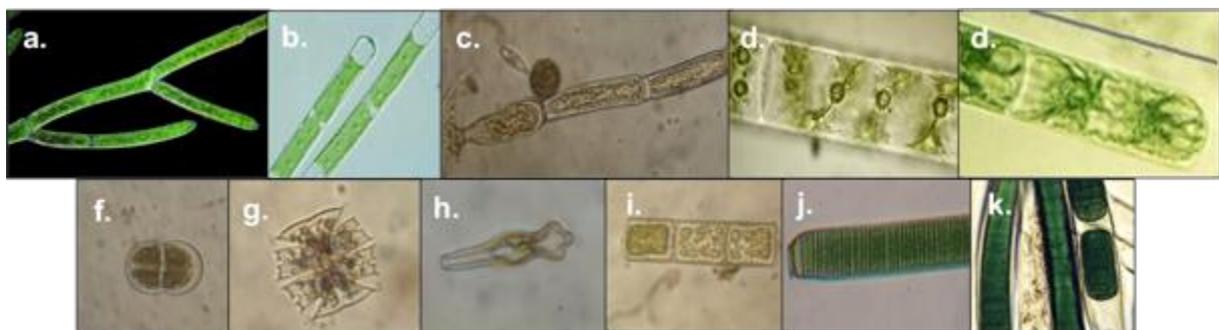


Figura 7. Algas de importancia para humedales. a) *Cladophora*; b) *Mougeotia*; c) *Oedogonium*; d) *Spirogya*; e) *Zygnema*; f) *Cosmarium*; g) *Micrasterias*; h) *Gomphonema*; i) *Melosira*; j) *Oscillatoria*; y k) *Lyngbya*. Fotos: J.J. Ramírez Restrepo

Conclusiones

Finalmente, a manera de conclusión, se nos ocurre preguntarnos si bastará sólo con que haya una profusa y exuberante composición algal para la identificación, caracterización y delimitación de un humedal. 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. Hacemos 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 solo 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, todos atestiguan que ahí estuvieron las infatigables algas brindándonos un ejemplo de persistencia y utilidad que trasciende la barrera de lo temporal y de lo humano.

5.2.3 Zooplancton

Nelson Javier Aranguren Riaño



Moina sp., *Boeckella gracilis*, *Thermocyclops decipiens*, embrion *B. gracilis*.

Fotos: Nelson Aranguren

La complejidad de los ecosistemas acuáticos se hace evidente en la trama biológica que allí se despliega. El abordaje de esta complejidad basado en un ordenamiento espacial por comunidades 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. 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, 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 conocimiento sobre el zooplancton en el proceso de identificación, caracterización y delimitación de 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 detriticas como alternativa de recursos. Esta consideración es relevante porque las vías detriticas son fundamentales en el balance energético, de productividad e incluso son determinantes del mantenimiento de la diversidad en los ecosistemas (Moore *et al.* 2004).

A pesar de que no es un grupo con alta diversidad 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 trabajos publicados con información de riqueza, composición y distribución geográfica de especies, así como sobre su ecología se reseñan en Ruíz y Roldán (2001), Gaviria y Aranguren (2007), Montoya y Aguirre (2009) y Roldan (2009).

Además se ha explorado sobre factores de regulación de esta 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, dentro de ellos la localización (latitudinal y altitudinal), el tamaño y antigüedad del cuerpo de agua o 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 protozoos, rotíferos, cladóceros y copépodos, no 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.

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, 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 tipificación y delimitación de los humedales.

5.2.4 Insectos acuáticos, crustáceos, moluscos y esponjas

Magnolia Longo y Carlos A. Lasso.



Odonata-Polythoridae *Cora* sp., Coleoptera-Dytiscidae *Copelatus* sp., Hemiptera-Corixidae *Tenagobia* sp.

Fotos: Magnolia Longo

De acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) (40 CFR Section 230.3) y con lo que en el consenso nacional de limnólogos *sensu stricto* considera, el término humedal involucraría un número elevado de sistemas acuáticos con identidad fundamentalmente lenítica pero con particularidades definidas, entre los que figuran ciénagas, pantanos, llanos de inundación,

madreviejas, lagos y lagunas, entre otros. Sin embargo, la definición de Ramsar amplía esta clasificación incluyendo sistemas lóticos y su interacción con el medio terrestre y con los ecosistemas leníticos, dada la interdependencia entre ellos (i.e., lénticos, lóticos y ribereños) en aquellas zonas donde se sucede el pulso de inundación. Cabe mencionar además, que los humedales no sólo están asociados a ecosistemas húmedos sino que también se encuentran en ecosistemas secos, de ahí que las especies de flora y de fauna tengan diferentes adaptaciones según sus requerimientos de agua. De la misma forma, de acuerdo al sistema en el que se encuentre inmersa la biota acuática, el cual puede ser, efímero, intermitente o perenne, respectivamente (Johnson *et al.* 1984), las especies asociadas con estos tres ecosistemas, pueden dividirse en cuatro categorías: obligadas, preferenciales, facultativas y no-riparianas (Bennett *et al.* 1989).

En este sentido, la delimitación 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 parámetros botánicos, hidrológicos, geológicos y de suelo; además de variables relacionadas con otros grupos biológicos con los cuales se hacen sobre todo caracterizaciones. No obstante, para la clasificación y para la delimitación de los humedales/ecosistemas terrestres ribereños e inundables, es mejor estudiar factores que estén siempre presentes y que sean medibles (p.e. vegetación acuática y ribereña).

Macroinvertebrados, particularmente insectos acuáticos

En el caso de los macroinvertebrados –comunidad que incluye organismos pertenecientes a los insectos acuáticos, cangrejos, camarones, almejas, caracoles e incluso esponjas de agua dulce–, la importancia del uso de datos de composición, estructura y funcionalidad de los ensamblajes para la identificación, caracterización y para la delimitación de los humedales, está en función de la escala del paisaje que se esté empleando para tal fin. Estos grupos se usan particularmente a escalas locales, y son un complemento de las variables usadas a gran escala y mencionadas anteriormente. De ahí que por lo general, sean empleados más bien para caracterizar, evaluar y hacer seguimiento y manejo, y no en la delimitación e identificación como tal.

Sin embargo, es importante considerar algunas estrategias de los macroinvertebrados en el caso que se requiera incluirlos en la delimitación e identificación de los humedales. Estos organismos entonces pueden ser divididos en dos grupos según el hábitat donde se los encuentre, estos son: a) macroinvertebrados de agua superficial y, b) macroinvertebrados freatónicos (aquellos organismos

que viven permanente o temporalmente en el nivel freático). A estos se pueden sumar la complejidad de los moluscos y en especial de las esponjas de agua dulce con sus estrategias particulares.

Los macroinvertebrados que habitan aguas superficiales también pueden ser divididos en tres categorías, según sus hábitos de vida y el tipo de ecosistema que habitan (perenne, intermitente o esporádico), estas son: obligados, preferenciales y facultativos. Por ejemplo, algunos géneros tienen adaptaciones para resistir la desecación y desarrollarse exitosamente en sistemas intermitentes (i.e. organismos preferenciales), mientras que otros géneros de la misma familia no tienen dichas adaptaciones y por tanto están restringidos a sistemas perennes; o muchos taxones son comunes a ambos tipos de sistemas —temporales e intermitentes—, siendo entonces “facultativos”.

En los sistemas intermitentes (lóticos y leníticos), la fauna predominante es dominada por organismos con estadios aéreos, los cuales se mueven desde los sistemas perennes; además tienen adaptaciones que les permiten sobrevivir en dichos sistemas tales como, ciclo de vida univoltino (i.e., 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 mojados) durante la finalización del verano (Clifford 1966). Los sistemas 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 sistemas 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) y camarones (Decapoda) (Boulton 2003, Longo *et al.* 2009). En estos sistemas hay una dominancia clara del conjunto Odonata, Coleoptera, Hemiptera (OCH). No obstante, es oportuno señalar, que el conocimiento al respecto en Colombia es aún muy limitado.

Así, los humedales intermitentes y los esporádicos, requieren esfuerzos mayores para ser identificados y delineados, precisamente por la falta de agua en ciertos períodos. En estos casos, apoyarse con restos de los exoesqueletos (p.e. conchas, exoesqueletos quitinosos y cápsulas

cefálicas) y huevos de los macroinvertebrados, puede ser una ayuda 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 freatónicos se encuentran principalmente en ecosistemas acuáticos localizados en regiones secas y/o desérticas, particularmente en sistemas como esteros, planicies de inundación y en estuarios. Sin embargo, también se los encuentra 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 cerca 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 nivel de endemismo tan alto ayuda, junto a su poder de bioindicación, a ser unos buenos elementos a la hora de identificar, caracterizar y delimitar los humedales. En este último sentido, no solo los animales vivos son de interés, sino que los caparzones 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 tiene el hábito de enterrarse en zonas húmedas cuando se secan los cuerpos de agua (Campos *com. pers.*).

Por su lado, los camarones también son muy útiles para este proceso, pues cumplen muchos de los requisitos mencionados anteriormente para los cangrejos: diversidad elevada, 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).

Los moluscos (caracoles y almejas o mejillones de río) representan otro elemento clave para el proceso de identificación, caracterización y delimitación. Sus hábitos acuáticos los convierten en buenos indicadores, puesto que podemos 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 de inundación). También tienen un nivel importante de endemismo y juegan un papel clave en las comunidades acuáticas al ser presas o procesadores de materia orgánica (algas, perifiton, etc.). En Colombia se conocen cerca de 60 especies (unos 21 bivalvos y 40 gastrópodos) (Linares y Vera 2012).

Por último, mención especial requieren 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). En relación a esto último, 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 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 los humedales de la región de la altillanura en la Orinoquia colombiana, donde hay unas cinco especies de esponjas que servirían como indicadores para delimitar.

Conclusiones

Tanto los insectos como otros macroinvertebrados acuáticos (crustáceos, moluscos y esponjas), pueden ser utilizados para identificación, caracterización y delimitación de humedales. Su validez y utilidad dependen del objetivo del proceso. Así algunas taxa son más útiles para medir calidad del agua y/o integridad biótica, mientras que otros sirven directamente para la delimitación.

5.2.5 Peces

Luz Fernanda Jiménez Segura y Carlos A. Lasso



Prochilodus nigricans, *Osteoglossum bicirrhosum* y *Osteoglossum bicirrhosum*

Foto izquierda y centro: Mónica A. Morales-Betancourt. Foto derecha: German Galvis

Dentro del contexto de lo que es un humedal según la definición considerada por la Convención de Ramsar en 1971, es pertinente plantearse la pregunta sobre si los peces dulceacuícolas podrían ser una herramienta útil en la identificación, caracterización y sobre todo en establecer los límites de los humedales en una cuenca.

La respuesta inmediata es sí, claro que sí. Los peces dependen del agua y la característica fundamental de los humedales es que son húmedos, es decir, tienen agua en exceso, tanta que permiten que algunos organismos acuáticos los utilicen como su hábitat. Sin embargo, es tal la diversidad de estrategias de vida que se conocen en este grupo de vertebrados, que hay que hacerse una nueva pregunta: ¿límites...? ¿para qué?: ¿para qué obtengan alimento?, ¿para qué desoven?, ¿para qué su población se reclute?, ¿para qué migren?, ¿para qué crezcan?...

La respuesta debería ser: sí, para todas las anteriores. Teniendo ya claro para qué definir límites en los humedales, como una estrategia dirigida a la planificación del territorio usado por la población humana y bajo la perspectiva del desarrollo sostenible, podemos entonces hacer un planteamiento. Este planteamiento es una visión personal del autor sobre un tema recurrente en el estudio de los sistemas acuáticos continentales: manejarlos en pro de su conservación. A continuación se exponen dichos argumentos con un ejemplo de una cuenca hidrográfica priorizada por el proyecto del Fondo de Adaptación.

Los peces como indicadores en los humedales, el ejemplo de la cuenca del río Magdalena-Cauca.

Desde el Ordovícico, dentro del grupo de los peces han sido favorecidas aquellas estrategias de vida que les han permitido mantenerse dentro de las condiciones del ambiente. En el caso de los peces dulceacuícolas, el efecto de los eventos geológicos y climáticos (p. e. movimiento de placas tectónicas, los periodos glaciares e inter-glaciares, el levantamiento de los Andes, entre otros), han sido definitivos en la persistencia de diversos rasgos de vida y de las combinaciones posibles entre estos. Y en el último siglo, la influencia de la especie humana en los sistemas acuáticos ha dado comienzo a nuevos procesos de selección de especies y en consecuencia, a la re-estructuración de sus comunidades.

En Colombia, Maldonado *et al.* (2008) estimaron en 1435 las especies de peces dulceacuícolas; 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 de las especies. 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.

Así, en la cuenca del río Magdalena-Cauca, se reportan 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 se eleva entre los 100 y los 300 m s.n.m. y puede llegar a ensamblajes de tres o cuatro especies en sectores arriba 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; Granado *et al.* 2010). 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). Entre los 1000 y los 1800 m de altitud, pueden encontrarse entre 20 y 30 especies (Jiménez *et al.* 1998) donde carácidos como *B. henni* y *Creagrutus spp.* son característicos. Entonces el número de especies (riqueza), así como la composición de especies del ensamblaje de peces en el gradiente de altitud, pueden ser un primer criterio de utilidad en la identificación, caracterización y delimitación de los humedales de la cuenca Magdalena-Cauca.

La comunidad de peces no es estática ni en el tiempo ni en el espacio. La temporalidad climática les imprime una dinámica bien conocida en las regiones tropicales (Lowe-McConnell 1995, Welcomme 1979), según la cual la reducción o incremento en el 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.* 2004) y estimula el comienzo de la temporada reproductiva (Torres-Mejía y Ramírez Pinilla 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 ejemplares de algunas especies (pe. *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 re-estructuren 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.

Por otro lado, si tenemos 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. 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 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 identificación, caracterización y por supuesto, delimitar 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 delimitación de los humedales interiores de Colombia:

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

Definir unos criterios para identificar, caracterizar y finalmente, delimitar 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 humanos. Así que espero que la presentación de estos tres criterios pueda ser de utilidad para ayudar en la protección y conservación de estos sistemas acuáticos.

Los criterios aquí definidos para la cuenca del Magdalena-Cauca puede ser extrapolados y aplicados a las demás cuencas del país: Amazonas, Orinoco, Pacífico y Caribe.

5.2.6 Anfibios

J. Celsa Señaris



Leptodactylus macrosternum, *Hypsiboas punctata*, *Pipa pipa*

Fotos: J.Celsa Señaris

A pesar de ser poco conocidos y en muchos casos pasar desapercibidos, los anfibios son un componente muy importante en los ecosistemas, especialmente 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 extinguido, 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 más frecuentemente asociadas a esta pérdida de biodiversidad global están la pérdida, fragmentación y degradación de los hábitats, la introducción de enfermedades o de especies exóticas y los cambios climáticos. Colombia y México encabezan la lista de los países con mayor número de especies de anfibios en peligro (unas 210 para finales del 2009), seguidos por Ecuador, Brasil, Perú y China.

Los ríos y sus llanuras aluviales, los lagos y los humedales son los ecosistemas de planeta que han sufrido los cambios más drásticos como resultado de actividades antrópicas (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica 2010). En general los humedales son importantes por su rica 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 los humedales es el reflejo de la biogeografía de la región donde se desarrolle 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). Particularmente en el caso de los anfibios, los humedales son fundamentales para las actividades reproductivas, y si bien la riqueza de especies puede considerarse baja en relación a otros ecosistemas (p. e. bosques tropicales), la densidad y biomasa es elevadísima y puede superar la de otros vertebrados, con una productividad estimada de 159 kg/ha/año de anfibios (Gibbons *et al.* 2006). Es así como las estimaciones de las densidades poblacionales y/o las abundancias relativas de ciertas especies de anfibios pueden ser herramientas de fácil uso para la identificación, caracterización, delimitación e incluso el monitoreo de los humedales, incluyendo en algunos casos, la calidad ambiental de estos ecosistemas. En los humedales neotropicales, algunos grupos de ranas (p.e. hílidos o leptodactílicos) pueden ser objetos de estudio para definir y caracterizar estos ecosistemas, y no solo por su identidad taxonómica sino por sus números poblacionales, tanto en su fase acuática (renacuajos) como en la terrestre (adultos) (p.e. *Pseudis paradoxa*, *Lithobates palmipes* y *Pipa spp*).

Hasta la fecha la evidencia sugiere que la disminución de las poblaciones de anfibios tendrán 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, a causa de hábitat y de 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 similar a la pérdida de dos especies (Whiles *et al.* 2006).

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 identificación, caracterización y delimitación de 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 los objetivos de delimitación.

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 delimitación de humedales.

5.2.7 Serpientes

Oscar Daniel Medina Barrios

Las serpientes (familias Elapidae y Dipsadidae) y culebras (Boidae) 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 2014), solo 15 especies aproximadamente muestran hábitos semiacuáticos o acuáticos. La familia Dipsadidae se destaca en este grupo con 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 se secan. Por otra parte están los que son semiacuáticos, que son dependientes del agua, aunque no totalmente (Tabla 3).

Tabla 3: Distribución y hábitos de las especies de serpientes de zonas húmedas de Colombia.

Familia	Especie	Cuencas	Acuático	Semiacuático
Boidae	<i>Eunectes murinus</i>	Orinoco, Amazonas		X
Elapidae	<i>Micrurus lemniscatus</i>	Orinoco, Amazonas		X
Elapidae	<i>Micrurus surinamensis</i>	Orinoco, Amazonas	X	
Dipsadidae	<i>Pseudoeryx plicatilis</i>	Orinoco, Amazonas	X	
Dipsadidae	<i>Hydrodynastes bicinctus</i>	Orinoco, Amazonas		X
Dipsadidae	<i>Hydrops martii</i>	Amazonas	X	
Dipsadidae	<i>Hydrops triangularis</i>	Orinoco, Amazonas	X	

Dipsadidae	<i>Helicops angulatus</i>	Caribe, Pacífico, Orinoco, Amazonas, Catatumbo	X
Dipsadidae	<i>Helicops carinicaudus</i>	Caribe	X
Dipsadidae	<i>Helicops danieli</i>	Caribe, Magdalena-Cauca, Pacífico	X
Dipsadidae	<i>Helicops bagmanni</i>	Orinoco, Amazonas	X
Dipsadidae	<i>Helicops leopardinus</i>	Amazonas	X
Dipsadidae	<i>Helicops pastazae</i>	Caribe, Orinoco, Amazonas, Catatumbo	X
Dipsadidae	<i>Helicops polylepis</i>	Orinoco, Amazonas	X
Dipsadidae	<i>Helicops scalaris</i>	Caribe	X

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 Hosek (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. Es un animal semiacuático y nocturno que habita prácticamente en la mayoría de ríos, ciénagas, esteros y lagunas del este de los Andes y sur de Colombia. Se alimenta de grandes mamíferos, aves y caimanes, así como de peces a los que captura al acecho por medio de un mordisco, asfixiándolos luego por constricción. No son agresivas en la naturaleza, intentando huir del hombre generalmente. Son vivíparas, paren camadas de unas 34 crías que ya miden cerca de 70 centímetros de longitud y son capaces de defenderse por su cuenta. No poseen veneno.

Género *Micrurus*

En la cuenca del Orinoco y del Amazonas podemos encontrar 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 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 un elárido también muy venenoso y el único que es agresivo dentro de la familia, que 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 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. 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 halla a las orillas de los ríos, en las 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 cms de longitud. Para la cuenca del Orinoco y del Amazonas, está *H. triangularis*, ofidio pequeño, que puede medir entre 60 y 90 cm. 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 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*

Perteneciente a la familia Dipsadidae, este género tiene una 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 hasta por encima de los 2000 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 bagmanni*, 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 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.

Conclusiones

En conclusión, dentro de este grupo biológico se encuentran 15 especies (cuatro estrictamente acuáticas y 11 semiacuáticas), ampliamente distribuidas en las diferentes cuencas del país, que pueden ser de utilidad como indicadores 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 cocodrilidos

Monica A. Morales-Betancourt y Carlos A. Lasso



Podocnemis unifilis, Paleosuchus trigonatus y Podocnemis vogli
Fotos: Monica A. Morales-Betancourt

La mayoría de reptiles (tortugas y cocodrilidos) sirven para identificar, caracterizar y establecer en cierta medida, los humedales de las tierras bajas. Estos sistemas acuáticos son de vital importancia para que estos organismos puedan cumplir sus funciones vitales como lo son la alimentación, reproducción (cortejo, cópula), refugio y desplazamientos (migraciones), para cumplir su ciclo de vida. Hay especies que son estrictamente acuáticas, es decir, sólo salen del agua a realizar sus posturas (nidificación a nidamiento), las cuales se realizan en los hábitats que emergen y están disponibles, cuando los ríos se secan. Por otra parte, están las especies semiacuáticas que son dependientes parcialmente del agua (Tabla 4).

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

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

Chelydridae	<i>Chelydra acutirostris</i>	Caribe, Magdalena y Pacífico.	x
Geoemydidae	<i>Rhinoclemmys diademata</i>	Caribe (río Catatumbo)	x
Geoemydidae	<i>Rhinoclemmys melanosterna</i>	Caribe, Magdalena y Pacífico	x
Geoemydidae	<i>Rhinoclemmys nasuta</i>	Caribe y Pacífico	x
Emydidae	<i>Trachemys callirostris</i>	Caribe y Magdalena	x
Emydidae	<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
Kinosternidae	<i>Kinosternon leucostomum</i>	Caribe, Magdalena y Pacífico.	x
Kinosternidae	<i>Kinosternon scorpioides</i>	Amazonas, Caribe, Magdalena y Orinoco.	x
Chelidae	<i>Chelus fimbriatus</i>	Amazonas y Orinoco.	x
Chelidae	<i>Mesoclemmys dabli</i>	Caribe y Magdalena.	x
Chelidae	<i>Mesoclemmys gibba</i>	Amazonas y Orinoco.	x
Chelidae	<i>Mesoclemmys heliostemma</i>	Amazonas.	x
Chelidae	<i>Mesoclemmys raniceps</i>	Amazonas y Orinoco.	x
Chelidae	<i>Platemys platycephala</i>	Amazonas y Orinoco.	x
Chelidae	<i>Rhinemys rufipes</i>	Amazonas (ríos Apaporis y Vaupés).	x
Chelidae	<i>Phrynops geoffroanus</i>	Amazonas y Orinoco.	x
Podocnemididae	<i>Peltocephalus dumerilianus</i>	Amazonas y Orinoco.	x
Podocnemididae	<i>Podocnemis erythrocephala</i>	Amazonas y Orinoco.	x
Podocnemididae	<i>Podocnemis expansa</i>	Amazonas y Orinoco.	x
Podocnemididae	<i>Podocnemis lewyana</i>	Caribe y Magdalena.	x
Podocnemididae	<i>Podocnemis sextuberculata</i>	Amazonas.	x
Podocnemididae	<i>Podocnemis unifilis</i>	Amazonas y Orinoco.	x
Podocnemididae	<i>Podocnemis vogli</i>	Orinoco.	x

Con estos planteamientos e información en mente, la pregunta de rigor es: ¿sirven las tortugas y cocodrílidos, dados sus hábitos de vida, para identificar, caracterizar y finalmente delimitar los diferentes tipos de humedales de Colombia? La respuesta es si. A continuación se describen las

diferentes estrategias de historia de vida de estas especies que nos permiten aseverar dichos planteamientos.



Foto: Fernando Trujillo

Tortugas

De las 27 especies de tortugas continentales de Colombia, 14 son acuáticas, donde destaca la familia Podocnemidae, porque todas sus especies son estrictamente acuáticas. Diez especies son semiacuáticas y las otras tres son terrestres. De acuerdo a la información compilada en Páez *et al.* (2012), 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. En los

ríos Apaporis y Vaupés se distribuye la tortuga roja (*Rhinemys rufipes*) que vive en pequeños ríos (2-4 m de ancho), muy sombreados, de aguas corrientes pero poco profundas. Presente en aguas negras como en aguas blancas, rara vez vista ya que prefiere pasar el tiempo en el fondo o escondida debajo de la hojarasca sumergida y no acostumbra asolearse. No utiliza grandes ríos o lagos.

En las cuencas Amazonas y Orinoco donde está la mayor riqueza de tortugas, se puede encontrar a la matamata o caripatúa (*Chelus fimbriatus*), que habita principalmente en aguas lénticas de lagunas y caños de fondos lodosos y con hojarasca, al igual que en el bosque inundado. Sale a depositar sus huevos en las playas de arena, los bosques y barrancos, en la orilla de los ríos. La tortuga cabeza de sapo (*Mesoclemmys raniceps*) habita en caños, pozas y lagunas poco profundas bordeados de bosque primario; durante el invierno penetra a los bosques rebalsados. Los nidos suelen estar ubicados sobre los terraplenes de los arroyos y cursos de agua. La tortuga teparo o bachala (*Phrynops Geoffroyanus*) 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. La cabezona (*Peltecephalus 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. 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. Su presencia en aguas blancas es más ocasional. Los bosques inundados por ríos de aguas negras en la Amazonia (igapó), son de gran importancia en la dieta del chipiro. El desove ocurre en campiñas, áreas abiertas en claros de bosques inundables y en playas de los ríos. 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; en la época seca se encuentra en playas e islas de arena donde desova. La terecay (*Podocnemis unifilis*) habita en los cauces principales de los grandes ríos, remansos, caños, madrevejas, lagunass, 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.

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*.

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.

La conocida hicotea (*Trachemys callirostris*) se distribuye en cuerpos permanentes de aguas lóxicas de poca corriente o en sistemas lénticos en zonas abiertas de tierras bajas de las cuencas del Caribe y Magdalena. Las hembras 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. En estas mismas cuencas se encuentra la tortuga endémica del río Magdalena (*Podocnemis lewyana*), que 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.

Por último, 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 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.

- **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 madre viejas más bien profundas. Prefiere las aguas claras más que las blancas y negras.

En Amazonas y Orinoco 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. También 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.

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 300 m s.n.m.

En las cuencas del Caribe y Magdalena se encuentra otra tortuga endémica, la carranchina (*Mesoclemmys dahi*). 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.

En el Caribe, Magdalena y Pacífico se distribuye la tortuga palmera (*Rhinoclemmys melanosterna*), la cual está 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. 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.

En las cuencas del Amazonas, Caribe, Magdalena y Orinoco se encuentra la tortuga tapaculo (*Kinosternon scorpioides*), especie 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 (promedio, 62 m) de distancia del agua.

En las cuencas del Caribe y Pacífico está la tortuga de río chocoana (*Rhinoclemmys nasuta*), que vive en una variedad de hábitats acuáticos como pequeños ríos, arroyos y lagunas hasta los 800 m s.n.m.. Aparentemente también penetra aguas salobres siendo considerada la especie más acuática del género. No obstante, también puede ser registrada desplazándose en tierra y habitar en charcos temporales cercanos a fuentes de agua.

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.

Crocodílicos

Las seis especies de crocodílicos presentes en Colombia sirven para identificar, caracterizar y pueden aportar también información muy valiosa para la identificación, caracterización y delimitación de humedales. Estas especies habitan los ecosistemas acuáticos, unas de forma más generalista y otras de manera bastante restringida en cuanto a las características del mismo. 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.* (2013).

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., es común a los 200 m.s.n.m. El caimán

llanero o caimán del Orinoco (*Crocodylus intermedius*) se encuentra en grandes ríos de aguas blancas y claras, zonas inundables como lagunas, meandros y pantanos cubiertos de vegetación acuática de las tierras bajas (hasta los 300 m s.n.m.), de la cuenca del Orinoco. El caimán negro (*Melanosuchus niger*) habita en lagunas grandes, ríos, bosques inundables y pantanos poco profundos de la cuenca del Amazonas. En las cuencas Amazonas y Orinoco se distribuyen las dos especies de cachirres (*Paleosuchus palpebrosus*, *P. trigonatus*). *Paleosuchus palpebrosus* habitan en ríos, caños y morichales hasta los 750 m s.n.m.. *Paleosuchus trigonatus* habita en ríos y caños pequeños, pozos remanentes de inundación 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. 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 (abrevaderos para el agua de ganado vacuno) u otros ambientes creados por el ser humano.

Los cocodrilidos, además de habitar en estos sistemas, también 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*).

En cuanto a la reproducción, las seis especies realizan el cortejo y la cópula dentro 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 instalan sus nidos lejos de los cuerpos de agua. Los nidos del caimán negro son construídos sobre la vegetación acuática y en el bosque inundado. El caimán aguja utiliza la arena y zonas pantanosas. 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.

Conclusiones

Tanto las tortugas como los cocodrilidos son dependientes de los humedales y es por ello, que son buenos elementos para el reconocimiento, caracterización y en especial, la delimitación de los humedales. Aunque tienen hábitos semiacuáticos o anfibios, un patrón de escamación que 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, su supervivencia finalmente está determinada por la existencia y disponibilidad de agua. Todas las

especies se alimentan con recursos tróficos provenientes en su mayoría del medio acuático, este es la vía principal de dispersión y el cortejo y la cópula tiene 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” 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 (p. e. 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

Carlos Jose Ruiz-Guerra, Yanira Cifuentes Sarmiento, Luis Fernando Castillo, Juan Luis Parra y Carlos A. Lasso



Egretta caerulea
Foto: Carlos Brand

Una de cada ocho especies de aves en el mundo se encuentra amenazada de extinción, es decir 1.303 especies están bajo alguna categoría de riesgo, entre las cuales las aves acuáticas presentan el mayor porcentaje de especies incluidas (BirdLife International 2013). En Colombia la causa principal de amenaza para la avifauna es la destrucción de hábitat, la cual afecta a 112 especies de aves (6,4 % de la avifauna nacional), entre las que se encuentran 15 especies de aves acuáticas

(Renjifo *et al.* 2002). Las causas principales de esta pérdida incluyen la deforestación, las actividades agropecuarias y la destrucción de humedales, entre otras (Renjifo *et al.* op. cit).

Las aves acuáticas se definen como aquellas especies que utilizan ecosistemas dominados por cuerpos de agua durante la totalidad o buena parte de su ciclo biológico (Estela *et al.* 2010). Una construcción más amplia se refiere a un grupo diverso de especies de aves que están asociadas ecológicamente y taxonómicamente con el agua durante una o varias partes de su ciclo de vida. En este sentido la palabra agua acoge ambientes marinos, costeros y de interior. A pesar que las aves acuáticas son uno de los componentes más notorios de la biodiversidad en los humedales y que además presentan respuestas rápidas ante cambios naturales o antrópicos, lo que se conoce a nivel nacional de este grupo en cuanto a su composición, estructura y función es más bien poco, siendo en regiones tan vastas como la Orinoquia colombiana, mucho más limitado. En la revisión para este trabajo y de acuerdo a Naranjo y Bravo (2006), para Colombia se reconocen entre 256 a 266 especies de aves acuáticas, que dependen de estos ecosistemas durante su reproducción, lo que corresponde a cerca del 15% del total de nuestra avifauna. En este grupo de aves 239 especies son aves acuáticas estrictas (presentan adaptaciones anatómicas y fisiológicas para vivir en el agua), mientras que 27 son no estrictas, es decir que aunque no presentan adaptaciones aparentes para la vida en ambientes acuáticos se asocian principalmente a la vegetación que rodea pantanos y ríos.

Las aves muestran una fuerte asociación con los hábitats donde residen (Cody 1985), presentando con frecuencia adaptaciones morfológicas y fisiológicas que le permiten un mejor desempeño dada la estructura de la vegetación, condiciones climáticas y el resto de la comunidad biótica (Blanco 1999). Muchas aves asociadas a humedales presentan adaptaciones en la forma del pico y patas dependiendo de los recursos que utilizan y el sustrato donde lo obtienen, destacándose aquellas que forrajean sobre o al interior del espejo de agua (Podicipediformes y Anseriformes, entre otros), aquellas que forrajean sobre la orilla o costa (Charadriiformes, Ciconiiformes), y aquellas que forrajean sobre la vegetación asociada al cuerpo de agua (Gruiformes, Cuculiformes, Passeriformes). Es por ello que para el proceso de identificar, caracterizar y delimitar humedales se puede utilizar la presencia de cualquiera de las 239 especies que tienen adaptaciones estos ecosistemas y entre mayor es el número de estas especies, es más la evidencia que confirma la existencia de un humedal.

Una vez identificados los humedales, las aves permiten además seleccionar aquellos humedales que deben ser priorizados para conservar dada su importancia ecológica. A continuación se describen ocho criterios de priorización a partir de las características de las aves.

Criterios para la identificación, caracterización y delimitación de humedales interiores de importancia para la conservación en Colombia (agua dulce y manglares)

A pesar de la asociación de las aves con humedales, su presencia y composición no han sido utilizadas como criterios primarios para la delimitación de humedales (Berkowitz 2011, Pérez *et al.* 2011). Usualmente, los humedales son delimitados a partir de características del suelo, hidrología y vegetación asociada, y subsecuentemente se pueden utilizar guías suplementarias como lo puede ser la presencia de ciertas aves (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 (Paillisson *et al.* 2002, Maxa y Bolstad 2009). Por consiguiente es de importancia definir la resolución deseada antes de escoger los criterios de delimitación. Las aves pueden ser buenas indicadoras de la presencia de humedales a resoluciones espaciales y temporales bajas (> 5 ha y $>$ mes). Para resoluciones mas altas (< 30 m y días) es recomendable utilizar información de sensores remotos o de características del suelo e hidrología (Maxa y Bolstad op. cit, Berkowitz 2011).

Para varias especies de aves, especialmente las acuáticas, los bosques de mangle, humedales costeros y de agua dulce, proporcionan hábitat de alimentación, descanso y sitios de reproducción. La Asociación Calidris basado en el Plan de Conservación de aves playeras de Colombia (Johnston *et al.* 2010) y el Plan de Conservación de Aves Migratorias de Colombia (Naranjo *et al.* 2012), propone siete criterios para la identificación, caracterización y delimitación de humedales de Colombia. Cabe anotar que algunas especies de aves terrestres también pueden ser consideradas como asociadas a humedales y su presencia puede ser aceptada como un criterio para establecer prioridades de conservación. Estos criterios, aquí propuestos, concuerdan con iniciativas nacionales e internacionales de conservación de humedales y aves. La información sobre distribución y tipo de humedales utilizados por las aves se basa principalmente en Hilty y Brown (2001), la taxonomía y nombres científicos sigue la clasificación de la Unión Americana de Ornitología-AOU (Remsen *et al.* 2014). Adicionalmente, se podría considerar otro criterio del tipo biogeográfico como lo sugiere Parra para este trabajo.

Criterio 1. Humedales que albergan especies de aves de interés de conservación a escala nacional

Uno de los principales criterios a considerar al momento de identificar humedales de interior y costeros, así como de importancia para la conservación de las aves, es la presencia de poblaciones permanentes de especies de aves amenazadas a escala nacional de acuerdo a Renjifo *et al.* (2002). En la Tabla 5 se incluyen las especies de aves asociadas a los humedales, que están amenazadas en Colombia o que son de interés de conservación por presentar datos deficientes.

Los grupos funcionales de las aves semiacuáticas incluidas en la tabla tres son: aves vadeadoras, aquellas que son de patas, cuellos y picos largos, tiene la habilidad de caminar en el agua poco profundas (vadeo) y se alimentan principalmente de peces; las paludícolas habitan en hábitats dulceacuícolas como humedales, pantanos o charcas ya que prefieren utilizar la vegetación de orilla, flotante y emergente que brinda protección y alimento; y las anáticas son las que han desarrollado la capacidad de nadar y bucear (Ruiz-Guerra, 2012).

Tabla 5. Especies de aves amenazadas en Colombia asociadas a humedales. Se indica la categoría de amenaza de acuerdo a Renjifo *et al.* (2002), el tipo de humedal que frecuenta la especie, el grupo funcional de acuerdo a Ruiz-Guerra (2012) y la región del país donde se distribuye.

Nombre científico	Nombre común	Categoría de amenaza	Tipo de humedales	Grupo funcional	Región
<i>Chauna chavaria</i>	Chavarría	Vulnerable	Manglar y humedales costeros y de interior	Ave acuática paludícola	Caribe y Andes
<i>Neochen jubata</i>	Pato carretero	Casi amenazada	Humedales de interior	Ave acuática paludícola	Orinoco
<i>Sarkidiornis melanotos</i>	Pato brasileño	En peligro	Humedales de interior y costeros	Ave acuática anátida	Andes y Caribe
<i>Anas georgica</i>	Pato pico de oro	En peligro	Humedales de interior	Ave acuática anátida	Andes
<i>Anas cyanoptera</i>	Pato colorado	En peligro	Humedales de interior	Ave acuática anátida	Andes

<i>Netta erythrophtalma</i>	Pato negro	En peligro crítico	Humedales costeros y de interior	Ave acuática anátida	Andes
<i>Oxyura jamaicensis</i>	Pato andino	En peligro	Humedales de interior	Ave acuática anátida	Andes
<i>Podiceps occipitalis</i>	Zambullidor plateado	En peligro	Humedales de interior	Ave acuática paludícola	Andes
<i>Phoenicopterus ruber</i>	Flamenco	Vulnerable	Manglar y humedales costeros	Ave acuática vadeadora	Caribe
<i>Coturnicops notatus</i>	Polluela moteada	Datos deficientes	Humedales de interior	Ave acuática paludícola	Caribe y Orinoco
<i>Rallus semiplumbeus</i>	Andino	En peligro	Ave acuática paludícola	Ave acuática paludícola	Andes
<i>Aramides wolfi</i>	Chilacoa café	Vulnerable	Manglar	Ave acuática paludícola	Pacífico
<i>Neocrex colombianus</i>	Polluela Pizarra	Datos deficientes	Humedales de interior	Ave acuática paludícola	Andes
<i>Gallinula melanops</i>	Polla sabanera	En peligro crítico	Humedales de interior	Ave acuática paludícola	Andes
<i>Gallinago imperialis</i>	Caica imperial	Datos deficientes	Humedales de interior	Ave acuática paludícola	Andes
<i>Tachornis furcata</i>	Vencejo enano	Datos deficientes	Humedales de interior	Ave terrestre insectívora	Orinoquia
<i>Lepidopygia lilliae</i>	Colibrí cienaguero	Peligro crítico	Manglar y humedales costeros	Ave terrestre nectarívora	Caribe
<i>Campephilus गयाquilensis</i>	Carpintero de Guayaquil	Casi amenazada	Manglares y humedales costeros	Ave terrestre insectívora	Pacífico

<i>Cistothorus apolinari</i>	Cucarachero de apolinar	En peligro	Humedales de interior	Ave terrestre insectívora	Andes
------------------------------	-------------------------	------------	-----------------------	---------------------------	-------

Criterio 2. Humedales que albergan especies de aves de interés de conservación a escala global

Adicional a las especies de interés de conservación en el ámbito nacional, otras especies pueden ser consideradas de interés a escala internacional (Tabla 6), varias de las cuales son aves migratorias. Para el caso de las aves migratorias, cabe anotar que la presencia de estas no es suficiente para delimitar un humedal de importancia, es necesario considerar también el criterio 4, pues los humedales deben albergar más del 1% de las poblaciones hemisféricas de las especies no residentes.

Tabla 6. Especies de aves de interés de conservación a escala global, se indica la categoría de amenaza de acuerdo al listado IUCN (2013), el tipo de humedal que frecuenta la especie, el grupo funcional de acuerdo a Ruiz-Guerra (2012) y la región del país donde se distribuye.

Nombre científico	Nombre común	Categoría de amenaza	Tipo de humedales	Grupo funcional	Región
<i>Zebrilus undulatus</i>	Garza zigzag	Casi amenazada	Humedales de interior	Ave acuática vadeadora residente no congregatoria	Orinoquia y Amazonia
<i>Agamia agami</i>	Garza colorada	Vulnerable	Manglares, humedales costeros y de interior	Ave acuática vadeadora residente	Caribe, Orinoco y Amazonia
<i>Egretta rufescens</i>	Garza rojiza	Casi amenazada	Manglares y humedales costeros	Ave acuática vadeadora residente y migratoria	Caribe y Pacífico
<i>Calidris pusilla</i>	Correlimos semipalmeado	Casi amenazada	Humedales costeros y manglares	Ave acuática limícola	Caribe y Pacífico

				migratoria congregatoria	
<i>Tryngites subruficollis</i>	Correlimos escamado	Casi amenazada	Humedales costeros y de interior	Ave acuática limícola migratoria congregatoria	Caribe, Andes, Orinoquia y Amazonia
<i>Thalasseus elegans</i>	Gaviotín elegante	Casi amenazada	Humedales costeros	Ave acuática piscívora migratoria congregatoria	Caribe y Pacífico
<i>Larosterna inca</i>	Gaviotín inca	Casi amenazada	Humedales costeros e islotos rocosos	Ave acuática piscívora migratoria congregatoria	Pacífico
<i>Conirostrum bicolor</i>	Conirrostro manglero	Casi amenazada	Manglares	Ave terrestre insectívora	Caribe

Criterio 3. Humedales que albergan especies no amenazadas de distribución restringida y restringidas a biomas

La presencia de las aves endémicas y restringidas a biomas no amenazadas a escala nacional o internacional (Tabla 7), puede ser considerada para identificar un humedal de importancia. Este criterio se basa en BirdLife International y Conservation International (2005), para la designación de las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves-AICA.

Tabla 7. Especies de aves no amenazadas con distribución restringida o restringida a biomas que se pueden encontrar en humedales. Se indica el tipo de humedal que frecuenta la especie, el grupo funcional de acuerdo a Ruiz-Guerra (2012) y la región del país donde se distribuye.

Nombre científico	Nombre común	Tipo de humedales	Grupo funcional	Región
<i>Rallus semiplumbeus</i>	Rascón andino	Humedales de interior	Ave acuática paludícola	Andes
<i>Hypnellus ruficollis</i>	Bobo punteado	Manglares y humedales de interior	Ave terrestre insectívora	Caribe y Orinoquia

<i>Picumnus</i> <i>cinnamomeus</i>	Carpinterito castaño	Manglares	Ave terrestre insectívora	Caribe
<i>Pyrilia pulchra</i>	Cotorra rubicunda	Manglares	Ave terrestres granívora- frugívora	Pacífico
<i>Tachornis</i> <i>furcata</i>	Vencejo palmero	Humedales de interior	Ave terrestre insectívora	Orinoco

Criterio 4. Humedales que albergan más del >1% de la población hemisférica de una especie de ave en algún momento del año

Para el caso de aves acuáticas congregatorias residentes y migratorias es posible considerar el sistema de criterios de la Red Hemisférica de Reservas para Aves Playeras-RHRAP (RHRAP 2005), que son compatibles con los acogidos por BirdLife International y Conservation International (2005) para la designación de Áreas Importantes para la Conservación de las Aves-AICA y de la Oficina de la Convención Ramsar (2000) para la designación de Humedales de Importancia Internacional Ramsar. El tamaño de las poblaciones es posible precisarlo a través de los estimativos de aves acuáticas de Wetlands International (2014). Por ejemplo, las islas de manglar del Parque Nacional Natural Sanquianga albergan el 12% de la población hemisférica del zarapito común (*Numenius phaeopus*) durante la estada invernal de esta especie en Colombia (Cifuentes-Sarmiento y Ruiz-Guerra 2009). Para mayor información sobre que sitios albergan poblaciones especies de aves acuáticas limícolas se puede consultar Johnston *et al.* (2010)

Criterio 5. Humedales que albergan la mayor concentración de individuos de una especie a escala nacional (< 1% de la población hemisférica) en algún momento del año.

Algunos humedales pueden albergar grandes concentraciones de individuos de especies con tamaños poblaciones de gran tamaño a escala continental o global, por lo cual es difícil que un humedal alcance el umbral del 1% poblacional. Por ejemplo, la ecorregión Ciénaga Grande de Santa Marta alberga la mayor concentración del pato careto (*Anas discors*) en Colombia (Ruiz-Guerra *et al.* 2012), sin embargo, esta congregación de la especie no alcanza el umbral del 1% de toda la población de la especie.

Criterio 6. Humedales que albergan colonias reproductivas de aves acuáticas congregatorias no amenazadas.

Este criterio es subdividido en dos subcriterios no excluyentes entre sí:

- **Colonias únicas.**

En este criterio se consideran colonias únicas de reproducción ubicadas en humedales, es decir no existen otras localidades en el país donde haya evidencia reproductiva de la especie. Por ejemplo, en el norte del departamento de Nariño existe la única colonia del gaviotín blanco (*Gelochelidon nilotica*) conocida en Colombia (Casas 2009). De igual manera en el Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo del Viento, existe la única colonia reproductiva de fragata común (*Fregata magnificens*) reportada en Colombia (Duque-García y Franke-Ante 2011).

- **Grandes colonias.**

En este criterio se consideran las colonias que acogen las mayores poblaciones de una especie en una región de Colombia. Para este caso, uno de los principales ejemplos es la ecorregión Ciénaga Grande de Santa Marta, cuyo bosque de manglar alberga la colonia de mayor tamaño de cormorán neotropical (*Phalacrocorax brasilianus*) del Caribe colombiano (Ruiz-Guerra *et al.* 2012) y el Parque Nacional Natural Sanquianga acoge la colonia más grande de esta especie en el Pacífico colombiano (Cifuentes-Sarmiento y Ruiz-Guerra 2009).

Criterio 7. Humedales que albergan especies migratorias terrestres en grandes concentraciones de individuos a escala nacional, especies de interés de conservación e incluidas en listados internacionales

Existen listados de especies de interés de migración para aves provenientes de Norteamérica que pueden ser considerados al momento de identificar humedales de importancia regional, nacional o internacional. Aunque la mayoría de estos listados de especies de interés de conservación consideran únicamente especies que se reproducen en Norteamérica, es necesario tener en cuenta la inclusión de especies que se reproducen al sur de Suramérica. El principal listado a tener en cuenta de aves migratorias neotropicales es el del Acta de Conservación de aves migratorias neotropicales del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estado Unidos, que incluye el Acta de especies en peligro de los Estados Unidos y el listado de National Audubon Society/American Bird

Conservancy. Las especies de aves terrestres asociadas a humedales colombianos allí incluidas son el cuclillo migratorio (*Coccyzus americanus*) y la reinita cabecidorada (*Protonotaria citrea*).

Criterio 8. Humedales que albergan especies que pueden ser utilizadas como bioindicadores biogeográficos

Colombia puede ser dividida en 15 subregiones de acuerdo a su composición de aves acuáticas (Rojas 200, 2003). Por tanto, la simple composición de especies de aves de humedales provee información acerca de la ubicación geográfica de estos. Debido a la variación en la composición de aves asociadas a los humedales en diferentes regiones del país, es conveniente definir grupos particulares de especies como indicadores de humedales en cada una de estas regiones.

- **Región andina**

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 disturbio. 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 op. cit). La presencia de cualquiera de estos linajes puede ser utilizada en el altiplano como indicador de la presencia de un humedal. Sin embargo, su ausencia no necesariamente determinaría la ausencia de un humedal. Incluso, en varios humedales de la Sabana 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 disturbio.

- **Región Caribe y Pacífico**

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 de aves playeras distribuidas en cuatro familias: Phalaropodidae (3 spp), Hamatopodidae (1), Charadriidae (10) y Scolopacidae (34) (Naranjo 2006, Morales-Rozo y Ayerbe-Quiñones 2006, Estela y López-Victoria 2005). 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 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.

- **Región Orinoquia-Amazonia**

En los humedales de los Llanos Orientales y Amazonia existen aún muy pocos trabajos de las aves asociadas a humedales (McNish 2007, Pacheco 2006) sin embargo es claro que estas son zonas de gran importancia para muchas aves asociadas a estos sistemas.

Conclusiones

Independiente de la región donde se encuentren, los humedales están asociados con una elevada concentración de especies de aves. 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 y 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).

Los ocho criterios relacionados con la ornitofauna pueden servir para los tres pasos: identificación, caracterización y delimitación: 1 y 2) presencia de especies de interés para la conservación a escala nacional y global; 3) presencia de especies no amenazadas pero de distribución restringida y/o restringidas a biomas; 4) humedales que albergan más del >1% de la población hemisférica de una especie de ave en algún momento del año; 5) humedales que albergan la mayor concentración de individuos de una especie a escala nacional (< 1% de la población hemisférica) en algún momento del año; 6) presencia de colonias reproductivas de aves acuáticas congregatorias no amenazadas; 7) presencia especies migratorias terrestres en grandes concentraciones de individuos a escala

nacional, especies de interés de conservación e incluidas en listados internacionales y 8) presencia de especies que pueden ser utilizadas como bioindicadores biogeográficos.

En resumen, de todo lo mencionado anteriormente, las aves pueden ser utilizadas además de una herramienta para la identificación, caracterización y delimitación de humedales bajo ciertas escalas espaciales y temporales, como indicadores del estado de los humedales incluyendo su calidad y niveles de perturbación.

5.2.10 Mamíferos

Fernando Trujillo

Colombia es un país con una gran riqueza hídrica, representada por innumerables ríos, quebradas y un gran complejo de humedales, con cuencas y subcuencas tan importantes como las del 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 completo en el agua, como son los delfines tanto marinos como de agua dulce y los manatíes (Tabla 8).

Tabla 8. Mamíferos acuáticos (*sensu stricto*) de Colombia

Mamíferos acuáticos	
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

Mamíferos semi-acuáticos

Son las especies de mamíferos que tienen una dependencia del agua para completar aspectos de su ciclo vital como la alimentación, y viven en cercanía a los cuerpos de agua. Este es el caso de nutrias, algunos roedores, marsupiales y murciélagos (Tabla 9).

Tabla 9. Mamíferos semi-acuáticos en Colombia.

Mamíferos semi-acuáticos	
<i>Pteronura brasiliensis</i>	Nutria gigante
<i>Lontra longicaudis</i>	Nutria neotropical
<i>Chironectes minimus</i>	Chucha de agua
<i>Hydrochaeris hydrochaeris</i> <i>H. isthmus</i>	Chiguiro, Capibara, ponche
<i>Didelphus albiventris</i>	Murciélago blanco
<i>Macrophyllum macrophyllum</i>	Murciélago
<i>Mormoops megalophylla</i>	Murciélago de mentón laminar
<i>Pteronotus davyi</i> <i>Pteronotus gymnonotus</i> <i>Pteronotus personatus</i>	Murciélaguito bigotudo
<i>Rhynchonycteris naso</i>	Murciélaguito 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 paramo
<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

Mamíferos asociados a los humedales

En general se puede asumir que todos los mamíferos tienen algún nivel de dependencia con los humedales, tanto por acceso al agua como para proveerse de alimento, ya sean herbívoros y/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 10).

Tabla 10. Mamíferos asociados a humedales.

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>Dasypus novemcinctus</i>	Armadillo de nueve bandas
<i>Cabassous centralis</i>	Armadillo coletrapo
<i>Alloata 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

Identificación, caracterización y delimitación 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 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 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 macrófitas de las que se alimentan estas especies. En la época seca, la mayoría de las plantas acuáticas 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 troncos y rocas, y ocasionalmente a pequeñas islas de macrófitas.

En el caso de especies semi-acuáticas como las nutrias, se observa que el tamaño de su territorio se expande o contrae de manera sincronizada con los humedales. En períodos 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 períodos 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 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 (*H. hidrochaeris*, *H. isthmius*) son otras 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 influenciando 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 indicadoras en ambientes acuáticos como *Holochilus sciureus*, *Chibchanomys* sp, *Ichthyomys* sp. y *Nectomys* sp. Los primeros conocidos como rata pantanera o Amazónica están asociados a zonas

bajas inundables en el bosque tropical. Los *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. 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 de cangrejos e invertebrados acuáticos. Son muy sensibles a perturbaciones del hábitat. Algunas especies de murciélagos como *Rhynchonycteris naso* están fuertemente 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 de los cuerpos de agua. Los murciélagos en interfaces acuáticas se han especializado en insectos del neoton y en algunos casos en capturar peces como los Noctilio. 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 que aprovechan el importante aporte de semillas, frutos y hojas frescas de los bosques inundados y de galería. Esto en ambientes de climas contrastantes (sequía vs. 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 de depredación, al concentrar la mayoría de especies de una zona. Al igual que otras especies, los jaguares contraen o expanden su territorio en función de las estaciones hidrometeorológicas. Esta especie tiene una gran capacidad de adaptación 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, capibaras e incluso peces.

Por último, los armadillos son otro grupo de mamíferos con una fuerte relación con los humedales. Generalmente habitan entre el bosque y 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).

Conclusiones

Los mamíferos son un grupo muy dependiente de los humedales tanto desde el punto de vista de hábitat fundamental (mamíferos acuáticos), 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 miles de kilómetros. 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 delimitación de humedales, pensando no exclusivamente en el cuerpo de agua, sino también en términos de calidad y funcionalidad.

Referencias

- Acreman, M., & Holden, J. 2013. How Wetlands Affect Floods. *Wetlands* 33: 773–786.
- Alvarez-León, R., Orozco-Rey, R., Páramo-Fonseca, M. y D. Restrepo-Santamaría. 2013. Lista de los peces fósiles y actuales de Colombia, nombres científicos válidos, distribución geográfica, diagnóstico de referencia y nombres comunes e indígenas. Primera edición. Ecoprints Diseño gráfico y audiovisual Ltda. Bogotá. 346 pp.
- Aranguren, N., Guisande, C. & Ospina, R. (2011). Factors controlling crustacean zooplankton species richness in Neotropical lakes. *Journal of Plankton Research* 33(8), 1295–1303.
- 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. *America Journal of Botany* 83: 470 - 479.
- Bellinger EG & DC Sigeo. 2010. Freshwater Algae. Identification and use as bioindicators. Wiley-Blackwell. New York. 284pp.
- Bennett P.S., Kunzmann M.R., and Johnson R.R. 1989. Relative nature of wetlands: riparian and vegetational considerations. Pp. 140-142. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-110.
- Berkowitz, J. F. 2011. Recent Advances in Wetland Delineation: Implications and impact of Regionalization. *Wetlands* 31: 593–601.

- BirdLife International y Conservation International. 2005. Áreas Importantes para la conservación de la aves en los Andes tropicales: sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad. Quito, Ecuador: BirdLife International. Pp.769
- BirdLife International. 2013. One in eight of all bird species is threatened with global extinction. Presented as part of the BirdLife State of the world's birds website. Available from: <http://www.birdlife.org/datazone/sowb/casestudy/106>. Checked: 26/02/2014
- 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,
- Bonada, N.; Rieradevall, M. & Prat, N. (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., Lawler, W.G., y Thornton, S.A. 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. Serie editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C., Colombia.*
- 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. 49p.
- 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.
- Casas, P. 2009. Gaviotín blanco. Pp. 49-56. *En: Cifuentes-Sarmiento, Y. y C. Ruiz-Guerra. Planes de acción para nueve especies de aves acuáticas (Marinas y Playeras) de las costas colombianas. Asociación Calidris. Cali. Colombia.*

- Cifuentes-Sarmiento, Y. y C. Ruiz-Guerra. 2009. Planes de acción para nueve especies de aves acuáticas (Marinas y Playeras) de las costas colombianas. Asociación Calidris. Cali. Colombia. pp.86
- Clifford, H. F. 1966. The ecology of invertebrates in an intermittent stream. *Invest. Indiana Lakes Streams*. 7:57-98.
- Cody, M.L. (Ed). 1985. Habitat selection in birds. Academic Press, New York. 558 pp.
- 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. 32p.
- Duque-García, D. L.y R. Franke-Ante. 2011. Aves. pp. 246-260. *En: E. Zarza-González. El entorno ambiental del parque Nacional Natural Corales del Rosario y de San Bernardo Parques Nacionales Naturales de Colombia Dirección Territorial.*
- Estela, F. A., I. López-Victoria, M. 2005. Aves de la parte baja del río Sinú, Caribe colombiano: inventario y ampliaciones de distribución. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 34: 7–42.
- Estela, F.A., M. López-Victoria, L. F. Castillo y L. G. Naranjo. 2010. Estado del conocimiento sobre aves marinas en Colombia, después de 110 años de investigación. *Boletín SAO Vol. 20* Pag. 2-21
- Esteves, F. 2011. Fundamentos de limnología. Ed. Interciência. Rio de Janeiro. Brasil. 790pp.
- 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. 240p.
- 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. Serie editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C., 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.
- Gómez, I., Trujillo, F. y C. Suarez. 2009. Plan de Manejo de los Humedales de la Reserva de Biosfera El Tuparro: area de jurisdiccion de Puerto Carreño. Proyecto Pijiwi Orinoko. Fundacion Omacha-Fundacion Horizonte Verde. Bogota, 96 p.
- Gómez, C., Trujillo, F., Portocarrero-Aya, M. 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*, Vol 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). *Rev. Hydrobiol.Trop.* 22(3):201-212
- Graham L.E., J.M. Graham y L.W. Wilcox. 2009. *Algae* (2nd ed). Benjamin Cummings. Madrid. 720pp.
- Granado-Lorencio, C, A. Hernández-Serna, JD. Carvajal, LF. 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.
- Harris G. 1986. *Phytoplankton ecology. Structure, function and fluctuation*. Chapman & Hall, New York. 384pp.
- Hernández-Camacho, J., A. Hurtado Guerra, R. Ortiz Quijano y Th. 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.
- Hilty, S. L. y W. L. Brown. 2001. *Guía de las aves de Colombia*. Princeton University press, American Bird Conservancy-ABC, Universidad Del Valle, Sociedad Antioqueña de Ornitología-Sao, Cali, 1030 P.
- Hutchinson GE. 1967. *A Treatise on Limnology. Volume II. Introduction to lake biology and the limnoplankton*. John Wiley & Sons. New York. 1115pp.
- Ideam. 2004. Informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia. Ideam. Bogotá, Colombia. Pp256
- Ideam. 2012. Glaciares de Colombia. Ideam. Bogotá, Colombia. Pp. 344
- Ideam. 2013. Zonificación y codificación de unidades cuencas hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia. Ideam. Bogotá, Colombia. pp.46
- ISAGEN S.A. E.S.P. 2010. Monitoreo hidrobiológico al río Manso. Informe final. Universidad de Antioquia, Contrato No 46/3456.

- IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2. Disponible en: www.iucnredlist.org
- Janisch J. E., Molstad N. E. 2004. Disturbance and the three parameters of wetland delineation. *Wetlands* 4:820–827.
- Jaramillo-Villa, U., JA. 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., Ma. Søndergaard, Mo. Søndergaard y K. Christoffersen (Eds.). 1998. The structuring role of submerged macrophytes in lakes Springer-Verlag, New York, USA. 427pp.
- Jiménez, JL., 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, LF, A. Arango, MI. Ríos y C. García-Alzate. 2013a. Distribución altitudinal de la ictiofauna en un río trans-andino en el norte de Suramérica. Memorias del XII Congreso de Ictiologos Colombianos e IV Encuentro de ictiólogos suramericanos.
- Jiménez-Segura, LF. 2013b. ¿Qué sabemos sobre la ictiofauna de la cuenca Magdalena-Cauca?. Memorias del taller para definir criterios para la delimitación de humedales en la cuenca Magdalena-Cauca. Barranquilla, Colombia.
- Jiménez-Segura, LF., J. Maldonado-Ocampo y C. Pérez. 2014. Gradiente de recuperación longitudinal en la estructura de la ictiofauna en un río andino regulado. (Sometido a *Biota Colombiana* el 7 de marzo de 2014)
- 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. 42pp.
- Johnson, R.R.; Warren, P.L.; Anderson, L.S.; Lowe, C.H. 1984. Stream order in ephemeral watercourses: a preliminary analysis from the Sonoran Desert. *Hydrology and water resources*

- in Arizona and the Southwest. *Proceedures of the American Water Resources Association*. Tucson, AZ: Univ. of Arizona. 14:89-100.
- 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 (2006): 400-414.
- Junk, W.J., M.T. Fernandez Piedade, J. Schöngart y F. Wittmann. 2012. A classification of major habitats of Amazonian white-water river floodplain (várzeas). *Wetlands Ecology Management* 20:461-475. DOI 10.1007/s11273-012-9268-0
- Junk W.J. y K.M. Wantzen. 2004. The flood pulse concept: new aspects, approaches and applications - an update. En: Welcomme R.E. & Petrere, M. eds. Resúmenes del Segundo simposio internacional sobre manejo de pesquerías en grandes ríos. Phnom Pehn, Cambodia. Pp: 117-140.
- Kochert, M. N., Fuller, M. R., Schueck, L. S., Bond, L., Bechard, M. J., Woodbridge, B., Holroyd, G. L., Martell, M. S., y Banasch, U. 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 Venezuélica* 19 (2): 1-28.
- Leu, M., y Thompson, C. W. 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. , Colombia, 360 pp.
- Lobo-Guerrero Uscátegui, A. 1993. Hidrología e Hidrogeología de la Región Pacífica Colombiana. pp 122-134. En: Leyva, P. (Ed.). Colombia – Pacífico, Tomo I. Fondo para la Protección del Medio Ambiente “José Celestino Mutis”, FEN Colombia, Bogotá.
- Longo, M., Zamora, H., Guisande C. y J.J. Ramírez. 2010. Dinámica de la comunidad de macroinvertebrados en la quebrada Potrerillos (Colombia): Respuesta a los cambios estacionales de caudal. *Limnética*, 29 (2): 195-210.
- Lowe-McConell, R. H. 1995. Ecological studies in tropical fish communities. Cambridge Universitypress. U. K. 382 pp.

- Lund H.C. y J.W.G. Lund. 1995. Freshwater algae: their microscopic world explored. Biopress Limited. Bristol. 360pp.
- 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. Pp.951
- Margalef R. 1983. Limnología. Ediciones Omega, S. A. Barcelona. Pp.1010
- Maxa, M., y Bolstad, P. 2009. Mapping northern wetlands with high resolution satellite images and LiDAR. *Wetlands* 29: 248–260.
- Mitsch, W. J. y J.G. Gosselink. 1993. Wetlands. 2nd ed. Van Nostrand Reinhold, New York, USA. 722 p.
- 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. Ruiter, 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.). 2013. 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., 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. Serie editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C., Colombia.
- Morales-Rozo, A, y Ayerbe-Quiñones, F. 2006. Anotaciones sobre aves playeras en siete humedales de La Guajira. Pp: 4-6. 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.
- Naranjo L. G. 2006. Diversidad de aves playeras en Colombia. Pp: 15-17. 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.

- Naranjo, L. G., J. D. Amaya, D. Eusse-González e Y. Cifuentes-Sarmiento (Eds). 2012. Guía de las Especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia. Aves. Vol. 1. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / WWF Colombia. Bogotá, D.C. Colombia. 708 p.
- Naranjo, L. G., y Bravo, G. A. 2006. Estado del conocimiento sobre aves terrestres en Colombia. Tomo II. 214-224 p. En: Chaves, M.E. y Santamaría, M. (Eds). 2006. Informe sobre el avance en el conocimiento y la información de la biodiversidad 1998 - 2004. Pp.130-151 Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C., Colombia. 2 Tomos.
- McNish, T. 2007. Las aves de los llanos de la Orinoquia. M & B LTDA. Bogotá, Colombia. 302 pp.
- 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.
- NOAA. 2009. Global Measured Extremes of Temperature and Precipitation. Disponible en: <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/globalextremes.html#hightemp>
- 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. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia, 528 pp.
- Pérez, A. A., M. R. Gutierrez, D. C. Herrera, F. Navarrete, y L. F. Camargo. 2002. Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia. Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá D.C. 67pp.
- Perez-Santos, C. y A. G. Moreno. 1988. Ofidios de Colombia. Monografie 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. & Londn, 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. 258p.
- Quesnelle, P. E., Fahrig, L., y Lindsay, K. E. 2013. Effects of habitat loss, habitat configuration and matrix composition on declining wetland species. *Biological Conservation* 160: 200-208.

- Ramírez JJ. 2000. Fitoplancton de agua dulce: aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín.
- Rangel-Ch, J. O. 2003. El antiguo lago de la Sabana de Bogotá, su vegetación y su flora en el tiempo. En: Guarnizo A, Calvachi B (Eds.). Los humedales de Bogotá y la Sabana, Vol. 1. Acueducto de Bogotá, Conservación Internacional Colombia. Bogotá, pp 53-68.
- Red hemisférica de reservas de aves playeras (RHRAP). 2005. Plan Estratégico 2004-2008. Red Hemisférica de Reservas para aves playeras. www.rhrap.org
- Remsen, J. V., Jr., C. D. Cadena, A. Jaramillo, M. Nores, J. F. Pacheco, J. Pérez-Emán, M. B. Robbins, F. G. Stiles, D. F. Stotz y K. J. Zimmer. Version. 2014. A classification of the bird species of South America. American Ornithologists' Union. <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html>
- Renjifo L. M, A. M. Franco-Amaya, J. D. Amaya-Espinel, G. H. Kattan y B. López-Lanus. 2002. Libro rojo de aves de Colombia. Serie libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia. 562 pp.
- 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. 396pp.
- Reynolds C.S. 2006. The Ecology of Phytoplankton. Cambridge University, Cambridge. 384 pp.
- Rial, A. 2004 a("2002"). Acerca de la Dinámica temporal de la vegetación en un humedal de los Llanos de Venezuela. *Mem. Fund. La Salle Cienc. Nat.* 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. 2014. Importancia de las plantas acuáticas en la definición, estructura y funcionamiento de los humedales de la cuenca del Orinoco. *En: Ambientes acuáticos de la Orinoquia (Colombia-Venezuela)*. Carlos A. Lasso, Fernando Trujillo, Anabel Rial, Antonio Machado-Allison, Giuseppe Colonnello, Saulo Usma y Clara I. Caro y Asistente IAvH (Eds.) Volumen XI (2014). Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos & Pesqueros Continentales de Colombia (en preparación).

- 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.
- Rosales, J. 2000. An ecohydrological approach for riparian forest biodiversity conservation in large tropical rivers. Tesis Doctoral. Universidad de Birmingham. Inglaterra.
- 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 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., Colombia. 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.
- Ruiz-Guerra, C. 2012. Listado de aves acuáticas de Colombia. Calidris, Cali. Pp.15. Disponible en: <http://calidris.org.co/wp-content/uploads/Listado-Aves-Acuaticas-Colombia.pdf>
- Ruiz-Guerra, C., D. Eusse, R. Johnston-González, L.F. Castillo, C. Angulo y A. F. González. 2012. Distribución de aves acuáticas de la ecorregión Ciénaga Grande de Santa Marta, Costa Caribe colombiana. Calidris, Asociación para el Estudio y la Conservación de las Aves Acuáticas en Colombia y la Dirección Territorial Caribe de Parques Nacionales Naturales de Colombia. Santiago de Cali, 24 p.
- Schindler, D. y Scheuerell, M. (2002). Habitat coupling in lake ecosystems. *Oikos*. 98(2), 177-189.
- Sinchi. 2006. Balance anual sobre el estado de los ecosistemas y el ambiente de la amazonía colombiana. Sinchi, Bogotá, Colombia. 166pp.

- Solari, S., Muñoz-Saba, Y., Rodríguez-Mahecha, J.V., Defler, T., Ramírez-Chávez, H. 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 (2nda ed). The Nature Conservancy y Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena -Cormagdalena. Bogotá, Colombia. 101p.
- 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-Mejia, 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., Beltrán, M., Díaz-Pulido, A., Ferrer, A. y E. Payán. 2010. Mamíferos. Pp: 311-336. *En*: Lasso, C., Usma, J.S., Trujillo, F. y A. Rial. 2010 (Eds). Biodiversidad de la Cuenca del Orinoco: Bases Científicas para la identificación de areas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Instituto de Investigaciones Biológicas Alexander von Humboldt, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle e Instituto de Estudios de la Orinoquia (Universidad Nacional). Bogotá, Colombia. 609pp.
- 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., Diazgranados, M.C., Galindo, A. & L. Fuentes. 2006. Delfín Rosado *Inia geoffrensis* pp. 285-290. *En*: Rodríguez-Mahecha, J.V., Alberico, M., 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 & Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, Colombia.
- Trujillo, F., Rodríguez-Mahecha, J.V., Diazgranados, M.C., Tirira, D. & A. González. 2005. Mamíferos Acuáticos y Relacionados con el Agua en el Neotrópico. Conservation Internacional. 143 pp.
- Trujillo, F. y M. Superina (Eds.). 2013. Armadillos de los Llanos Orientales. ODL, Fundación Omacha, Cormacarena, Corporinoquia, Bioparque Los Ocarros. Bogotá. 125 páginas.
- Uetz, P. y J. Hošek (Eds.), The Reptile Database, <http://www.reptile-database.org>. Acceso 18-19 marzo, 2014
- 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

- 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.
- 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. 1981. Succession in wetlands: A Gleasonian approach. *Ecology* 62 (3): 688 - 696.
- 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
- Welcomme, R. L. 1979. Fishery management in large rivers. FAO Fisheries Technical Paper 194. Rome, Italy. 60 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. *J. Ecol.* 76: 483 - 496.
- Wetlands International. 2014. Waterbird Rial. A. 2003 (“2001”). El concepto de planta acuática en un humedal de los Llanos de Venezuela. Mem. Fund. La Salle Cienc. Nat. 155: 119-132
- 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 (3 Ed). Academic Press, San Diego, CA – USA. 1006pp.
- Whiles, M.R., K.R. Lips, C.M. Pringle, S.S. Kilham, R.J. Bixby, R. Brenes, S. Connelly, J.C. Colongaud, 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)

6 INTEGRIDAD BIÓTICA: UNA VISIÓN DESDE LA CALIDAD DE 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 a la 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 Ramsa debería acogerse a la recomendación de “lineamientos para el manejo de las aguas subterráneas a fin de mantener las características ecológicas de los humedales” (Ramsar COP9 Resolución IX.1. Anexo Cii) por lo que estas fuentes deberían considerarse cuando se caracteriza 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.

6.1 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 $67 \text{ m}^3/\text{s}$, 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 2009).

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, Opía, Totaré, Gualí, Cimitarra, Quinamayo, Palo, Amaime, Cerrito, Guabas, Guadalajara, Mediacanoa, Tuluá, Bugalagrande, La Miel y Chinchiná (MAVDT 2009). 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 2009). Este tipo de contaminación es reconocido hoy como uno de los procesos más importantes de pérdida de los servicios ecosistémicos (Rockström *et al.* 2009), al producir eutrofización de las aguas, disminución del oxígeno disuelto-OD, cambios drásticos en la acidez, malos olores, crecimiento incontrolado de plantas 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 varía de acuerdo al aporte de los afluentes. Así en el alto Magdalena el OD del río varían 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 450km 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. Antes de pasar a la ciudad capital, este río presenta un valor de demanda bioquímica de oxígeno -DBO de 11 mg/l, y una demanda química de oxígeno -DQO de 41 mg/l y sólidos suspendidos totales-SST de 24 mg/l. Luego de su recorrido por Bogotá las concentraciones pasan a ser 97 mg/l de DBO, en 291 mg/l en DQO y 124 mg/l en SST. Los aportes diarios por contaminantes a la entrada de Bogotá son 12,62 t/día de DBO, 52,07 t/día de DQO y 31,35 t/día de SST y a la salida de Bogotá, 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 las 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, en verano la reducción de OD genera la mortandad masiva de peces (Escobar 2001 en: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA, 2001). Otro ejemplo es la ciénaga de Chucurí que presenta 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. En 44 municipios de 11 departamentos, existe contaminación fecal alta, que supera los 2.000 de microorganismos/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 ningún 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. Esto 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 aledañas por riego contaminado y costos elevados en la potabilización del agua.

6.2 Contaminación química

La contaminación química impacta negativamente tanto la biodiversidad de los ecosistemas de agua dulce, marinos y costeros, como en 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 (Lasso *et al.* 2011); la contaminación de hidrocarburos ha tenido especial atención sobre los efectos que tiene en los ecosistemas acuáticos, que se genera desde el proceso de exploración y explotación, el derramamiento de crudo o como residuos durante la navegación (Avellaneda, 2004). También se incluye la contaminación por mercurio derivado de la minería (Trujillo *et al.* 2010)

En la Orinoquía, la contaminación por mercurio a partir de estudios reportados denotan acumulación del metal en las 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 ug/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 ug/l), lo que se corresponde con concentraciones en sedimentos de 0,89 mg/kg (Rueda 2007). Por otro lado Duque *et al.* (1997) reportó en la Amazonía, 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 (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 (2008) 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 y el ruido; la generación de escombros y la contaminación del suelo. 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).

En esta misma región, se presentan niveles elevados de mercurio en peces de amplio consumo humano, con concentraciones en sus tejidos que varían en el rango 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 (*Ageniusus pardalis*), dorada (*Brycon moorei*), blanquillo (*Sorubim cuspicaudus*), mojarra (*Caquetaia kraussi*), vicjito (*Cyphocharax magdalenae*) y bocachico (*Prochilodus magdalenae*) (Galiano-Sedano 1976, Gómez *et al.* 1995, Silva *et al.* 2010). Este mismo estudio, reporta la presencia de cianuro en el agua de la Depresión Momposina en niveles superiores a los admisibles para el mantenimiento de 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 Caucasia (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 en: Lasso *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 actualmente informes 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 (Lasso *et al.* 2011).

En relación con el conflicto armado en el país, las consecuencias sobre la biodiversidad no han sido evaluadas en detalle. Sin embargo, los efectos contaminantes son alarmantes. Durante 1986 y 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.

6.3 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).

El uso de plaguicidas es parte integral del proceso de producción de cultivos como el banano, palma africana, pastos, arroz, algodón, 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 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 2001). 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.

6.4 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 Magdalena-Cauca la transformación se ha dado ha generado cambios en la hidrodinámica del río en 2006 se estableció que el 42% de los bosques han sido talados en las tres décadas anteriores, es decir a una tasa del 1,9% anual siendo superior a las del promedio en Latinoamérica y el mundo (Lasso *et al.* 2010)

El río Magdalena, a la altura de Calamar, transporta 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 -IIOCARIBE (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 ascenso 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).

6.5 Aguas residuales

El Ideam (2011) estimó la carga orgánica vertida a los sistemas hídricos en 729.300 t.año⁻¹, es decir, 2026 t. por día, de las cuales 65% sector doméstico y 29% 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, Bucaramanga, 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. 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.

- **Quebrada San Antonio.**

Esta quebrada está ubicada en la frontera entre Colombia y Brasil. La valoración realizada entre los años 1992 y 1998 muestra un caudal muy bajo que recibe 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.

- **Cuenca del río Hacha**

La fuente hídrica principal de la ciudad de Florencia es el río Hacha, afluente del río Ortegüaza. 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.

6.6 Contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica ha entrado en la falsa apreciación que no posee efecto significativo sobre la biodiversidad debido a su impacto localizado, sin embargo, aún no existen 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 ($2.477.400 \text{ t.año}^{-1}$), y un 39,7% restante, de fuentes fijas ($1.634.233 \text{ t.año}^{-1}$) (Cháves 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 $2788,92 \text{ t.año}^{-1}$ en 2009 (MAVDT 2010).

6.7 Índice de calidad de agua

El índice de calidad del agua que se refiere a la función de preservación de flora y fauna (ICAMPFF), entendido éste, como 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, 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 estuarinas influenciadas por una variación alta de los datos en esa temporada (Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” - 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 riesgo de contaminación del agua, principalmente la del tipo estuarina. A pesar de que la tendencia general del ICAMPFF 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).

Referencias

- 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
- Beechie, T. J., D. A. Sear, J. D. Olden, G. R. Pess, J. M. Buffington, H. Moir, P. Roni y M. M. Pollock. 2010. Process-ased principles for restoring river ecosystems. *BioScience* 60:209-222.
- 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&cRef=Colombia&year=2000&date=September%202000>.
- 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. DC. Colombia. 2 tomos.
- Cala-Cala, P. 2001. Occurrence of mercury in some commercial fish species from the Magdalena and Meta rivers in Colombia. *Caldasia*, 16 (77): 231-244

- Cardeñoso, J., D. Kanasewich, R. Mendoza, L. E. Rodríguez, V. Rojas, F. Galiano y L. P. De Cristancho. 1973. Evaluación de la contaminación actual en la hoya hidrográfica del río Magdalena. Proy. IIT. 55 pp.
- Colciencias. 1989. Perfil ambiental de Colombia. Bogotá, D.C. 348 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.
- 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. Doc. Borrador. Corporación Autónoma Regional del Magdalena. Santa Marta. 60 pp.
- Cowling, R. M., A. T. Knight, D. P. Faith, S. Ferrier, A. T. Lombard, A. Driver, M. Rouget, K. Maze, and P. G. Desmet. 2004. Nature conservation requires more than a passion for species. *Conservation Biology* **18**:1674-1676.
- Díaz-Granados, M. 1998. Grado de contaminación de los recursos hídricos e ictiológicos en la región de la Mojana. Tesis Profesional. Depto. de Ing. Civil y Ambiental. Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental (CIIA). Univ. de Los Andes.
- DNP. 1995. Documento Conpes 2764. Departamento Nacional De Planeación. Bogotá D. C. Informe Técnico. 20 pp. 1 anexo.
- 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.
- EAFIT. 2006. Los sedimentos del río Magdalena: Reflejo de la crisis ambiental. Escuela de Administración, Finanzas y Tecnología. Medellín. 265 pp.
- Escobar, J. 2004. Síndromes de sostenibilidad ambiental del desarrollo en Colombia. PNUD/CEPAL. Santiago, Chile. 77 pp.
- Galiano-Sedano, F. 1976. Investigación sobre el contenido de mercurio en aguas de ríos colombianos. Proy. IIT /Colgate Palmolive/Colciencias. Bogotá D. C. (Colombia). Inf. Técnico.
- Galiano-Sedano, F. 1977. Mercurio total en aguas de los ríos colombianos. *Rev. IIT Tecnol* 105: 9-18.

- Galiano-Sedano, F. 1979. Estudios sobre la contaminación de residuos industriales en aguas de ríos colombianos. *Rev. IIT. Tecnol* 11740-47.
- 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. Tomo 2.
- Gaviria, C. A y A. L. Rojas. 2006. Determinación del grado de contaminación del agua del río hacha en su parte media y baja en el municipio de Florencia (Caquetá - Colombia). Tesis de pregrado. Universidad de la Amazonia. Universidad de la Amazonia. Florencia - Caquetá.
- Giraldo, E., O. Gómez, G. Lozano y A. Rodríguez. 1996. Grado de contaminación de los recursos hídricos e ictiológicos en la región de la Mojana. Convenio CORPOICA/ICA/UDLA. Bogotá, D. C. 35 pp.
- Giraldo, E., C. Ramos, L. Herrera y S. Estévez. 1999. Modelo matemático para el estudio del ciclo del mercurio en la región de la Mojana. Convenio Corpoica/Corpomojana/Udla, D.C. 80 pp.
- Gómez Q., C. y R. E. Martínez. 1993. Contenido de mercurio en varias especies de peces de agua dulce y harinas comerciales de pescado. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias. Departamento de Farmacia. Univ. Nal. De Colombia. 141 pp.
- 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. En: Informe técnico mercurio: un contaminante ambiental ubicuo y peligroso para la salud humana. *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.
- Herrera-Piñeros, M. E. 1998. Modelación matemática del mercurio en aguas y sedimentos en la región de la Mojana. Tesis Profesional. Depto. de Ing. Civil y Ambiental. Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental (CIIA). Universidad de Los Andes.
- ICA. 1990. Evaluaciones de las aspersiones aéreas de agroquímicos en los cultivos de arroz, y algodón. Instituto Colombiano Agropecuario. Bogotá, D. C. 98 pp.
- 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.

- 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.
- IUCN. 2008. IV World Conservation Congress. 2008. Resolution 4.020: quantitative thresholds for categories and criteria of threatened ecosystems. IUCN, Gland, Switzerland. Disponible en: from http://www.iucn.org/congress_08/assembly/policy/
- IUCN. 2010a. International Union for Conservation of Nature. IUCN red list of threatened species. Version 2010.1. IUCN, Species Survival Commission, Gland, Switzerland. Disponible en: from <http://www.iucnredlist.org>
- IUCN. 2010b. International Union for Conservation of Nature. Guidelines for using the IUCN red list categories and criteria. Version 8.0. Standards and Petitions Subcommittee of the IUCN Species Survival Commission, IUCN, Species Survival Commission, Gland, Switzerland. Disponible en: <http://intranet.iucn.org/webfiles/doc/SSC/RedList/RedListGuidelines.pdf>.
- 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.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible. 1996a. Lineamientos de política para el manejo integral del agua Ministerio del Medio Ambiente. Ministerio de Ambiente. Bogotá, D.C. 46 pp.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible. 1996b. La contaminación por agroquímicos en Colombia. Ministerio del Medio Ambiente.Doc. Borrador. Bogotá, D.C. 87 pp.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible. 1996c. El río Grande de La Magdalena. Proyecto. Caracola III Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, D.C. 110 pp.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2010. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá, D.C.: Colombia, Ministerio de. Colombia 124 pp.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2012. Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE). Bogotá, D. C. 134 pp.
- Mancera-Rodríguez, N. J. & R. Álvarez-León. 2006. Estado del conocimiento de las concentraciones de metales pesados en los peces dulceacuícolas de Colombia. *Rev. Acta Biol. Colomb.* 11 (1): 3-23
- Méndez, G. y M. C. Tinoco. 2005. Evaluación de la potencialidad de usos del agua del río Hacha (Caquetá – Colombia). Tesis de pregrado. Universidad de la Amazonia. Florencia-Caquetá.

- Millennium Ecosystem Assessment. 2005a. Ecosystems and human well-being: synthesis. Island Press, Washington, D.C. 137pp.
- Millennium Ecosystem Assessment 2005b. Ecosystems and human well-being: wetlands and water: synthesis. World Resources Institute, Washington, D.C. 68pp.
- Muñoz, L.P. & Riveros, J. C. 2003. Estudio de la calidad del agua, de la parte baja de la Quebrada El Dedo con comunidades macrobentónicas y su relación con algunas actividades agroecológicas. Trabajo de grado. Universidad de la Amazonia. Florencia - Caquetá.
- Nicholson, E., D. A. Keith, and D. S. Wilcove. 2009. Assessing the threat status of ecological communities. *Conservation Biology* 23: 259-274.
- Noss, R. F. 1996. Ecosystems as conservation targets. *Trends in Ecology & Evolution* 11:351.
- Olivero, J. & B. Johnson. 2002a. Contaminación con mercurio y salud pública en la costa Atlántica colombiana, pp. 52- 53 *En: Mem. Resúmenes II Congreso Nal. Investigación y Salud, Inst. Nal. de Salud 1917-2002. Biomédica*, 22 (Supl. 1).
- Olivero, J. & B. Johnson. 2002b. El lado gris de la minería del oro: La contaminación con mercurio en el norte de Colombia. Universidad de Cartagena. Editora Alpha. Cartagena, Colombia. 123 pp.
- Olivero, J., B. Johnson, B. Mendoza & R. Olivero. 2001. Mercury pollution in Colombia. CS-3 In: Abstracts 6th Internal. Conference on Mercury as a Global Pollutant. Minamata (Japan), Oct. 15 - 19, 2001.
- Olivero-Verbel, J., C. Mendoza & J. Mestre. 1995. Height levels of mercury in people from southern Bolivar. *Rev. Saúde Pública. Brasil*, 29.
- Olivero-Verbel, J., B. Solano, V. Navas & A. Pérez. 1996. Mercury levels in muscle of some fishes species from the Dique Chane. *En: 2nd. Internal. Symp. Environmental Geochemistry in Tropical Countries, INGEOMINAS /IDEAM/UFF/OPS. Cartagena Colombia nov. 18-21, 1996*, 127 pp.
- Olivero, J., V. Navas, A. Pérez, B. Solano, I. Acosta, E. Arguello, y R. Salas. 1997. Mercury levels in muscle of some fish species from the Dique Channel. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 58: 865-870.
- Olivero, J., B. Solano y I. Acosta. 1998a. Total mercury in muscle of fish from two marshes in goldfields. *Colombia. Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 61: 182-187.
- Olivero-Verbel, J. y B. Solano. 1998b. Mercury in environmental samples from a waterbody contaminated by gold mining in Colombia, South America. *The Science of the Total Environment* 217: 83-89.

- Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud. 1978. Criterios de salud ambiental No. 1. Mercurio. - Organización Panamericana de la Salud Publicación, Organización Mundial de la Salud. Científica 362. Washington D. C.
- PNUMA. 2001. Las aguas residuales municipales como fuentes terrestres de contaminación de la zona marino-costera en la región de América Latina y el Caribe. PNUMA- PAM, ROLAC. México D.F., México. 30pp.
- Paz, R. 2000. Evaluación de la contaminación con mercurio en peces, sedimentos superficiales y macrófitas en ciénagas del bajo San Jorge, Caimito (Sucre). Tesis Profesional. Fac. Química y Farmacia. Universidad de Cartagena.
- Pickett S. and Cadenasso M. 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.
- 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. Univ. de Antioquia. Medellín. 35 pp.
- Rosas, G. y J. Mesa. 2002. Diagnóstico preliminar de la calidad del agua y condiciones socio-ambientales presentes en el área de influencia de la Quebrada la Perdiz, Municipio de Florencia – Caquetá. Trabajo de grado. Facultad de Ingenierías, Programa de Ingeniería Agroecológica. Universidad de la Amazonia. Florencia, Caquetá.
- 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. 48pp.
- Ruíz, J., C. Fandiño, G. E. Romero & M. Guevara. 1996. Contaminación de peces por metales pesados en el río Magdalena. *Licania arborea*, 1 (1): 18-22.
- Saldaña, M. G. y Y. X. Ome. 2005. Evaluación de la Calidad del Agua del Río Hacha Florencia – Caquetá. Tesis de pregrado. Universidad de la Amazonia. Florencia – Caquetá.
- Sánchez, E. & E. Uribe. 1994. Contaminación industrial en Colombia. DNP-PNUD. Tercer Mundo Editores. Bogotá, D. C.
- Silva, J.D., Sarmiento, H.G., Castañeda, J.A., Murillo, M.H., Vanegas, G., Atencia, L., Viñas, M., Lara, A., Lara, R., Campo, y M., García, I., 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 - MAVDT. Magangué, Bolívar.

- Stuart, S. N., E. O. Wilson, J. A. McNeely, R. A. Mittermeier, and J. P. Rodríguez. 2010. The barometer of life. *Science* 328:177-177.
- Terborgh, J. 1974. Faunal equilibria and the design of wildlife preserves. Pp. 369-380. *En*: F. Golley and E. Medina, editors. *Tropical ecological systems: trends in terrestrial and aquatic research*. Springer-Verlag, New York.
- Terborgh, J. T., L. Lopez, J. Tello, D. Yu, and A. R. Bruni. 1997. Transitory states in relaxing ecosystems of land bridge islands. Pages 256-274 *In*: W. F. Laurance and R. O. Bierregaard Jr., editors. *Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities*. University of Chicago Press, Chicago.
- Universidad de Antioquia. 1988. Estudio del impacto ambiental por minería en el bajo Cauca y nordeste antioqueño. Univ. de Antioquia. Centro de Investigaciones. Medellín (Ant.), Vol. 4 pp. 29-39.
- Vélez G., 2002. Los alimentos transgénicos en Colombia. Riesgos e impactos en la agricultura y la salud humana”. *Semillas* (16-17): 2- 9.
- Vié, J.C., C. Hilton-Taylor, C. Pollock, J. Ragle, J. Smart, S. Stuart, y R. Tong. 2009. The IUCN Red List: a key conservation tool. Pp. 1-14 *En*: J.C. Vié, C. Hilton-Taylor, and S. N. Stuart, (Eds). *Wildlife in a changing world-an analysis of the 2008 IUCN Red List of Threatened Species*. International Union for Conservation of Nature, Gland, Switzerland.

7 AMENAZAS Y VULNERABILIDAD

Diana Morales-Betancourt y Carlos A. Lasso

Las amenazas a los humedales se relacionan con las alteraciones que perturban las dinámicas y procesos naturales en su interior y alrededores, lo que repercute en su capacidad de adaptación del sistema y se vuelve cada vez más vulnerable 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, en otros casos estas amenazas actúan sumando fuerzas, 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 del ecosistema, 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 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, cambio en la cobertura vegetal, la fragmentación por construcción de represas, diques o embalses, la alteración de caudales, la contaminación, la desecación de los humedales, la introducción de especies, la disminución de la variabilidad genética, el incremento en la densidad poblacional humana, (Mojica *et al.* 2012) y la cacería o el aprovechamiento insostenible que supera la tasa de reproducción de las especies (Rodríguez-Maccha *et al.* 2006).

Estas causas se denominan en la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos, motores de transformación y pérdida de la diversidad, desde esta perspectiva, la interacción con otros motores como el cambio climático y disturbios 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 (MAVDT 2012)

fundamentando 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.

- **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 de 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.

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 sólo 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. 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 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ideam, 2013).

El proceso histórico de pérdida de cobertura vegetal ha sido drástico. Entre 1930-1980 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 se replazaron 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 (Lasso *et al.* 2011).

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 (Lasso *et al.* op. cit).

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 afecta el bocachico (*Prochilodus magdalena*) ya que esta planta le sirve de hábitat (Lasso *et al.* op. cit).

- **Alteración del caudal**

Colombia produce la mayor parte de su energía eléctrica (68%) mediante hidroeléctricas y microcentrales, que generan poca contaminación y posicionan al país en el puesto número cinco en Competitividad Mundial de Energía según el Instituto Choiseu (2012) y 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 (Choco), 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 Choco; los cuales son financiados por el Programa de Energía Limpia para Colombia de USAid¹⁷.

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 autoconsumo o comercialización.

Tal fue el caso en la cuenca del Sinú y la construcción de Urra I en Córdoba, la represa dividió el sistema en dos, dejando la parte alta y los tributarios principales aislados del valle y las ciéngas, y restringiendo 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 en Lasso *et al.* 2011).

Finalmente la alteración del caudal también se genera por el aumento significativo del uso del agua por diferentes actividades, que pueden ir desde el consumo doméstico hasta el industrial o agropecuario. En el Orinoco la transformación de los ecosistemas por el uso para cultivos conllevan

¹⁷ La información sobre el Programa de Energía Limpia para Colombia puede consultarse en el sitio web del programa <http://www.ccep.co/>

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 1kg 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 (Lasso *et al.* op. cit).

- **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 (Hg^0) para su extracción, dejando un 45% del mercurio en los cuerpos de agua y en donde se transforma en metil mercurio (MeHg) por biodegradación, el cual es aún mas tóxico; el 55% restante se incorpora en el aire como etil mercurio ($C_2H_5Hg^+$) 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, incresa a la cadena trófica por los detritívoros, llegando hasta carnívoros como peces y mamíferos acuáticos quienes presentan mayores niveles de concentración. 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. Los estudios sugieren que el mayor tamaño de los animales esta correlacionado con la concentración de mercurio, contrario a la distancia de las áreas de extracción minera.

- **Desecación**

La desecación o actividades que condujeron a la desecación de cuerpos de agua en Colombia data de varios siglos atrás, como se documenta para el caso de sistema lagunar de Fuquene, Cucunuba y Palacios (Franco Vidal & Andrade, 2007). 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*) (Lasso *et al.* 2011).

Adicionalmente, la fragmentación a través de diques y represas que evitan el desborde natural, cortando la conectividad lateral, también aporta de manera indirecta a la desecación de varios humedales, como es entre muchos, el caso del embalse de Salvajina que regula el río Cauca (CVC, 2009) o los jarillones establecidos a lo largo del río Bogotá que previenen el desborde (Díaz-Espinosa *et al.* 2012), por citar algunos ejemplos.

- **Especies introducidas**

Las especies acuáticas introducidas han recibido mayor atención en los últimos años, al determinar que varias logran alterar el reciclaje de nutrientes, cambian las características de los hábitat y cambian los roles de presa y predador entre los organismos nativos, cada planta o animal exótico va a traer consecuencias directas o indirectas diferentes dependiendo del ecosistema (Posey 1993).

Esta sección se aplia en la siguiente sección del documento. Las especies originales del ecosistema se conocen como indígenas, autóctonas o nativas, las que se ubican fuera de su área de distribución geográfica natural son introducidas, exótica, foránea, alóctona, no nativa, importada o transplantada. Adicionalmente, algunas especies introducidas pueden ser naturalizadas mostrando un incremento notable en su población afectando a las nativas, razón por la cual se consideran invasoras. Estas especies no son muchas en términos de especies pero sí en abundancia, por lo que los efectos sobre la propagación desmedida de las mismas afecta negativamente la provisión de servicios ambientales (Díaz-Espinosa *et al.* 2012).

A manera de ejemplo en los humedales de Bogotá, altamente transformados, se han identificado 15 plantas invasoras y 26 plantas potencialmente invasoras. El proceso de invasión por especies enraizadas se acelera por la colmatación de los sistemas, lo que conlleva a la pérdida del espejo de agua en menor tiempo (Díaz-Espinosa *op cit.*); siendo de especial importancia incluir este grupo de plantas en diagnósticos, monitoreo y estrategias de manejo.

7.1 Especies amenazadas, endémicas y con valor de uso

Diana Morales-Betancourt, Carlos Lasso y Monica Morales-Betancourt

7.1.1 Peces

Actualmente se reconocen 1435 especies de peces dulceacuícolas en el país (Maldonado-Ocampo *et al.* 2008) de las cuales 81 se encuentran en algún grado de amenaza (Mojica *et al.* 2012) aunque posiblemente la cifra actual supere las 150 especies (Lasso Obs. Pers). De estas, 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-Martinez *et al.* 2012).

7.1.1.1 Pesca de consumo

Entre los peces de consumo 88 sp. se distribuyen en la cuenca del Amazonas; 80 sp. en el Orinoco; 62 sp. en el Caribe, 40 sp. en el Magdalena-Cauca, 39 sp. en el Pacífico, con 31 sp. en algún grado de amenaza (Tabla 11). Este tipo de actividad se ha visto afectada negativamente por la sobrepesca, el inadecuado uso de los artes de pesca y la degradación de los ecosistemas acuáticos (Lasso *et al.* 2011).

Tabla 11. Especies de peces continentales de consumo con categoría de amenaza (Adaptado de: 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> (Lutken 1874)	Caribe y Magdalena-Cauca	EN (A1d, A2d)	
	Loricariidae	<i>Hypostomus bondae</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)	
		<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> (Castelnaud 1855)	Amazonas	EN (A1d, A2d)	
		<i>Pseudoplatystoma tigrinum</i> (Valenciennes 1840)	Amazonas	EN (A1d, A2d)	
		<i>Sorubim cuspicaudus</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)	
	Trichomycteridae	<i>Eremophilus mutisii</i> (Humboldt 1805)	Magdalena-Cauca	NT	
	Perciformes	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	VU (A1d, A2d)

La cuenca del Amazonas cuenta con la mayor diversidad de especies a nivel nacional. El río Amazonas es el mayor aportante con 510 sp., el río Caqueta 356 sp., Putumayo 297 sp. y Apaporis con 128 sp. En esta área la pesca es una fuente importante de alimento, con un consumo promedio estimado de 170 -500 gr/persona/diario dependiendo de la localidad. La pesca artesanal de consumo o de subsistencia se dirige a peces de escama capturados en caños, quebradas y lagunas; entre los que Agudelo et al. (2006) identificaron como principales especies de aprovechamiento a: “palometas (*Mylossoma spp*), bocachicos (*Prochilodus sp.*), yaraquis (*Semaprochilodus spp*), sábalos (*Brycon spp*), pirañas (*Serrasalmus spp*), omimas (Anostomidae), dormilones (Erythrinidae), arenacas (*Triportheus spp*), arawana (*Osteoglossum bicirrhosum*), mojarras (Cichlidae), paco (*Piaractus brachypomum*), gamitana (*Colossoma macropomum*), brazo de reina (*Platystomatichthys sp.*), picalón (*Pimelodus spp*, *Pimelodella spp*) y llorones (Curimatidae)” (Lasso et al. 2011, p.154)

La pesca para comercialización se dirige a los bagres colectados en los cauces principales de los ríos mediante artes de arrojío (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 (*Calophrysus macropterus*), pirabutón (*Brachyplatystoma vaillantii*), amarillo (*Zungaro zungaro*), baboso (*Brachyplatystoma platynemum*), mapará (*Hypophthalmus spp*), guacamayo (*Phractocephalus hemiliopterus*), camiseto (*Brachyplatystoma juruense*) y lechero (*Brachyplatystoma filamentosum*)” (Lasso et al. 2011 p. 158).

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*) (Lasso et al. 2011).

La cuenca del Orinoco cuenta con 619 especies, la segunda área hidrográfica en diversidad de especies en el país. De acuerdo a los registros en los principales centros de acopio es alrededor de 1.050 t que se representan en 80 especies tanto de escama como de cuero. Entre los de escama se destacan bocachico (*Prochilodus marie*), palometa (*Mylossoma duriventre*) y cachama (*Piaractus brachypomus*), en los bagres el pintadillo (*Pseudoplatystoma orinocoense*) bagre rayado y (*P. metaense*) bagre tigre (*Pseudoplatystoma tigrinum*), amarillo (*Zungaro zungaro*), dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*)

mapurito (*Calophrysus macropterus*), cajaro (*Phractocephalus hemiliopterus*) y baboso (*Brachyplatystoma platynemum*) (Lasso *et al.* 2011).

La composición de especies en las capturas por unidad de esfuerzo ha variado a lo largo del tiempo. Esto se ejemplifica en los datos registrados para el río Meta en la zona de piedemonte, donde el dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*), lechero (*B. filamentosum*), rayado (*B. juruense*), doncella (*Sorubimichthys planiceps*) y cachama (*Colossoma macropomum*), que representaban un mayor porcentaje en las capturas de 1979, han sido remplazadas por el coporo (*Prochilodus mariae*), nicuro (*Pimelodus blochii*), payara (*Hydrolycus armatus*), sierra (*Pterodoras rivasi*), palometa (*Mylossoma duriventre*) y valenton (*Brachyplatystoma vaillantii*). A excepción del rayado, las especies que disminuyeron en el río Meta, también disminuyeron en los registros de Puerto López (Lasso *et al.* 2011).

En la vertiente Caribe se ha estudiado la pesca del Sinú y Atrato. El río Sinú presenta 148 sp. comparte 53 sp. con el río Magdalena y 38 con el río Atrato. Del total de las especies ocho son endémicas y 39 sp. son aprovechadas, entre estas 27 sp. son estrictamente dulceacuícolas. Adicionalmente se encuentra una especie transplantada, la cachama (*Colossoma macropomum*) y otra introducida, 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, esto sumado a las actividades de uso inadecuado o ilegal de artes de pesca han generado una caída a 811 t/año en 1992; aunque poco representativa, la captura en el embalse se ha ido incrementando de 27 t/año en 2001 a 80 t/año en 2004 (Lasso *op. cit.*).

En el río Atrato tiene 134 especies dulceacuícolas y se aprovechan 27 sp., siendo la captura del bocachico (*Prochilodus magdalena*) 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 (Lasso *op. cit.*).

La cuenca del Magdalena-Cauca solía ser la de mayor importancia para la pesca continental en Colombia, pero entre 1970 y 2000 las capturas han caído en un 90% (Lasso *op. cit.*). Montoya *et al.* (2006) reporta 167 especies, de las cuales 40 son aprovechadas y 26 tienen mayor importancia por

el porcentaje que representan, entre las primeras 15 estan: bocachico (*Prochilodus magdalenae*), bagre (*Pseudoplatystoma magdalenatum*), 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 (*Pterogoplichthys undecimalis*) coroncoro corroncho (*Panaque cochilodon*). Además se encuentran entre las foraneas y transplantadas: cachamas (*Piaractus brachypomum*, *Colossoma macropomum*), tilapias o mojarra (*Oreochromis niloticus*), tilapia híbrida roja (*Oreochromis spp*) y carpas (*Cyprinus carpio*, *C. carpio* var *specularis*) (Lasso 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 pero se identifica el comercio de algunas entre ellas sábalo (*Brycon meeki*) y los nayos (*Agnostomus monticola*), que Falta de manejo integrado de los espacios marino-continetales (Lasso op. cit).

7.1.1.2 Pesca de ornamentales

Ajiaco-Martínez *et al.* (2012) determinaron 431 especies de peces continentales ornamentales. Entre las especies ornamentales de peces once se encuentran listadas en el libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia y mantienen su categoría desde 2002 (Tabla 12).

Tabla 12. Especies de peces continentales ornamentales con categoría de amenaza (Adaptado de: Ajiaco-Martínez *et al.* 2012).

Orden	Familia	Especie	Cuenca	Categoría de amenaza
Osteoglossiformes	Osteoglossidae	<i>Osteoglossum ferreira</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)

Los artes y métodos de pesca para la extracción de peces ornamentales son los anzuelos, el cacure (varas de fibra natural), la careta, la carnada, el copo (tipo de atarraya de tamaño menor), el chinchorro (malla con plomada), nasa, nasa para rayas, arpón, zagalla (o chuzo), 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).

En la cuenca 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 obtenidos del área, las especies más comercializadas son para Leticia el otocinco (*Otocinclus spp*), el cual representó el 58% del total comercializado en 2009. Desde Puerto Leguísimo, el tigrillo, la cucha real y la arawana son los más comercializados. Los datos reportados han variado significativamente entre 1994 a el 2001, en este último año el total de peces reportados para la movilización, representó el 43% de la cifra en 1994 (605754 individuos);

en este año, estas tres especies representaron el 67, 16 y 12% del total de individuos, respectivamente (Ajiaco-Martinez op.cit.).

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 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 ya que aportan el 50 y el 25% de los individuos (Ajiaco-Martinez op.cit.).

En Inírida se estima que se aprovechan 42 especies. Entre las de mayor abundancia están cardenal (*Paracheirodon axelrodi*), neón (*Paracheirodon innesi*), estrigata plateada (*Gasteropelecus sternicla*) y escalar altum (*Pterophyllum altum*), que provienen de sistemas de aguas negras. 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 (*Otocinclus spp*), cucha hipostomo (*Hypostomus spp*), cucha piña (*Panaque macus*) y brillante (*Moekhausia collettii*) (Ajiaco-Martinez *et al.* 2012).

En la región de Arauca las áreas inundables de los caños y los esteros es donde se realiza principalmente la extracción. 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 una tendencia a la disminución, siendo los más significativos la de Otocinco (*Otocinclus affinis* y *Hypoptopoma cf steindachneri*), estrigata gallo (*Thoracocharax securis*) y corredora astatus (*Corydoras hastatus*) (Ajiaco-Martinez op.cit.).

En Puerto Carreño llegan peces capturados en raudales, caños, pedregales (en el río Bitá) y lagunas. Son de aguas blancas y claras o una mezcla de ambas y algunos como el caño Tijero, de aguas negras. Las especies más comercializadas son moneda (*Metynnis hypsauchen*) sapuara (*Semaprochilodus spp*) y tigrillo (*Pimelodus pictus*) (Ajiaco-Martinez op.cit.).

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 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 (*Surisoma 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 al tiburoncito (*Hexanematichthys seemani*) (Ajiaco-Martínez op.cit.).

7.1.2 Cocodrilidos

En Colombia hay registro de ocho especies de cocodrilidos, dos de la familia Crocodylidae: caimán aguja (*Crocodylus acutus*) y caimán llanero (*C. intermedius*) y seis de la familia Alligatoridae: caimán negro (*Melanosuchus niger*), cachirres (*Paleosuchus trigonatus*, *Paleosuchus palpebrosus*), babilla (*Caiman crocodilus fuscus*, *Camiman crocodilus apaporensis*, *Caiman rocodilus crocodilus*). Los tres primeros están en categoría de amenaza, los dos primeros en peligro crítico (CR) y el tercero en peligro (EN). Son utilizados por su carne, piel, con fines ornamentales, medicinales y como mascotas (Páez *et al.* 2012).

En general el consumo de carne y huevos se estima empezó previo a la llegada llegada de los españoles al continente americano, se tienen 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 sabe que seis especies son de consumo, con preferencia aquellas especies e individuos de mayor talla (*Caiman crocodilus*, *Paleosuchus palpebrosus* y *Paleosuchus trigonatus*), aunque la mayoría de correspondía a capturas incidentales o caza para autoconsumo. 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 con un valor de venta por libra de \$2000 a \$4000 (Páez *et al.* 2012).

El uso de piel de 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 siguiente 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 hecho cambió con la nueva regulación y la ratificación de la Convención CITES en 1981, aunque se mantuvo un importante comercio ilegal, pese a que desde

1970 se iniciaron las acciones para el establecimiento de zocriaderos. Actualmente existen diez programas para el caimán aguja (*C. acutus*) y 51 para babilla (*C. c. fuscus*) (De la Ossa *et al.* 2013)

En el Amazonas, algunas partes de los animales son utilizadas, como los cráneos, dientes y la piel como adorno o para la elaboración de objetos artesanales. Se ha registrado este tipo de uso en diferentes cuencas. En el Amazonas se utiliza la grasa del caimán negro para tratar el asma y los dientes para preparar bebidas que hacen frente a las mordeduras de culebras 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 (Páez *et al.* 2012).

El uso de crías como mascotas se ha documentado desde la década del ochenta. La babilla (*C.c.fuscus*) se exportaba principalmente hacia los Estados Unidos de América y el caimán llanero (*C. intermedius*) actualmente se comercializa en Cravo Norte (Páez *et al.* 2012). 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 el legado de leyendas y la elaboración artesanías con diversos materiales maderables.

7.1.3 Tortugas

En Colombia existen 27 especies de tortugas continentales, de las cuales siete tienen uso exclusivo como fuente de alimento y 14 presentan más de un tipo de uso. El aprovechamiento para consumo de carne y huevo 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 6000 barriles en 1860, lo que aproximadamente corresponde al uso de 48 millones de huevos, requiriendo para esto unas 400000 tortugas (Morales-Betancourt *et al.* 2012).

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 practica común en toda la población y es la segunda fuente de proteína animal consumida. Asimismo en la región Caribe, las

principales ciudades (Cartagena, Barranquilla y Montería), muestran una alta demanda sobre este recurso (Morales-Betancourt op cit.).

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 y tallas por debajo de lo indicado en la legislación. Adicionalmente se ha estimado que en toda la costa se extraen anualmente dos millones de individuos de hicoetea (*Trachemys callirostris*). Se estima que la comercialización ilegal asciende a más de 100.000 individuos al año. El uso como mascota es común, pero no se conocen 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 en el cuerpo y bebidas (Morales-Betancourt op cit.).

7.1.4 Mamíferos

Los estudios realizados muestran que el mayor porcentaje de captura corresponde a mamíferos (45%) de los cuales 49 sp. son roedores, 34 sp. ungulados, 31 sp. carnívoros, 31 sp. primates y 26 sp. Edentados. Se reportan sólo tres especies de lagomorfos y cinco marsupiales (Matallana, *et al.* 2012).

Los mamíferos que son objeto de cacería incluyen principalmente a *Leopardus pardalis*, *Leopardus wiedii*, *Panthera onca* y *Tapirus terrestres* (Lasso, *et al.* 2010), los primeros utilizan áreas riparias como corredores y zona de caza por lo que están asociados a humedales. El último es considerado un mamífero semi-acuático y se caza en la Amazonía en las áreas de salados (Matallana, *et al.* 2012)

Por ejemplo en la reserva de Puinawi (Orinoquia) la mayoría de la caza se dirige a animales pequeños. En un estudio de 4 años se registraron 26 especies de las cuales 13 eran mamíferos. Estudios comparativos de la cacería dentro del Parque Nacional Natural Amacayacu (Amazonía) y cacería fuera de un área, determinó diferencias entre el tipo de presas cazadas. Así dentro del parque presentaron mayor tamaño y fuera de este menor tamaño. Las tasas de caza fueron insostenibles dentro del Parque para tapir (*Tapirus terrestres*), especie semi-acuática en peligro crítico, pecarí de labio blanco (*Tayassu pecari*) y de collar (*Pecari tajacu*) y coatí (*Nasua nasua*) (Matallana *et al.* 2012).

En la revisión bibliográfica sobre las investigaciones en carne de monte en Colombia se identificó la caza del armadillo nueve bandas (*Dasypus 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 el uso por recreación en la región Andina, este no está reportado para ninguna otra zona del país. Aunque en realidad varias especies son objeto de caza ya que constituyen una práctica cultural que fortalece la reputación de los hombres en su comunidad.

En el municipio de San Marcos (Sucre) se determinó el manejo que se le da a 11 especies de mamíferos: asociados a humedales gato de monte (*Leopardus tigrina*) y armadillo nueve bandas (*Dasybus novemcinctus*) y un semi acuático 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 carne, venta de cría y fines medicinales (De la Ossa y De la Ossa-Lacayo 2011).

Algunos factores que reducen la sostenibilidad de aprovechamiento de los mamíferos es el aumento demográfico, la comercialización, el uso de nuevas técnicas de caza, el abandono de las prácticas ancestrales (Matallana, *et al.* 2012), así como el relacionamiento inadecuado entre prácticas pecuarias y la fauna silvestre que resultan en la caza sin aprovechamiento, con el objeto de reducir el acceso a recursos o posibles predaciones.

7.1.5 Aves

Vargas-Tovar (2011) determinó que dentro del grupo de aves objeto de cacería se encuentran 25 especies de Galliformes, 15 de Paseriformes (aves acuáticas), 11 de Tinamiformes, 10 de Psittaciformes, 8 de Piciformes, 4 de Anseriformes (paludícolas, anatidos y zambulidores) y otros ordenes 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 y en Latinoamérica es ancestral. Se cree que su origen está asociado a sus características de peso liviano, conservación y coloración variada, a diferencia del uso de frutos o insectos percederos. 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 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.

7.1.6 Vegetación

Los productos vegetales no maderables asociados a los humedal 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, especies, plantas medicinales, flores y follajes nativos, frutos, fibras, cortezas, hongos, lianas, bejucos y bambúes (IAvH 2007).

En el caso de la laguna de Fúquene anteriormente 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). En el Orinoco, las plantas de los morichales son utilizadas 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 humedales, es cada día más reconocida por su calidad como material de construcciones 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 Orinoquía para la elaboración de artesanías como esteras 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 sp. 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).

7.2 Especies introducidas, trasplantadas e invasoras

Francisco de Paula Gutiérrez Bonilla

Tomando en consideración que a escala global y según el Millennium Ecosystem Assessment - (Hassan *et al.* 2005), los humedales enfrentan una degradación físico-biótica, alteración de su conectividad hidráulica, introducción de especies que involucran microorganismos, plantas terrestres y acuáticas, invertebrados, anfibios, aves, mamíferos, peces y reptiles (Lachner *et al.* 1970, Feinstein 2004, Simberloff *et al.* 2013) e impactos por invasiones biológicas, baja en su productividad y pérdida de 15 de las 24 funciones ecosistémicas, es válido preguntarse: ¿sigue siendo válida la costumbre reiterada de introducir, trasplantar y hacer repoblamiento en aguas naturales y artificiales bien con especies exóticas o nativas trasplantadas y híbridos? En el futuro inmediato, será necesario evaluar el riesgo de incorporar voluntaria o involuntariamente en los ecosistemas naturales organismos vivos modificados -OVM-. A continuación se hace un desarrollo frente a dicha pregunta y se exponen las razones de por qué no, y por qué las especies introducidas, trasplantadas e invasoras no son de utilidad para la identificación, caracterización y delimitación de humedales.

Todas las evaluaciones sobre especies introducidas y 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 -denominadas “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. 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, constituyen un reservorio de parásitos o vectores de patógenos, producen hibridación con especies o variedades afines y depredan organismos autóctonos, alterando la red alimentaria local.

Por ejemplo, las plantas invasoras alteran la disponibilidad de nutrientes, trastornan los servicios de polinización, provocan la 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 y edificios, 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, aunque inferiores a los costos que supone que la especie invasora continúe provocando daños, son a menudo elevados. Esos costos podrían evitarse o minimizarse mediante decisiones para prevenir y detener la introducción de esas especies en una fase temprana.

Para tener una imagen de lo que significa a escala global su control, Pimentel *et al.* (2004), estimaron que al año se invierten US\$ 420.000 millones de dólares. Por ello, ha sido estimado que es la segunda causa de pérdida de la biodiversidad, pues no todos los países poseen recursos para direccionar recurso en este sentido, siendo la única solución convivir con el problema (Harrison y Stiasny 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 Stiasny 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. En el lago Tanganika (compartido por cuatro países: Burundi, República Democrática del Congo, Zambia, y Tanzania), se extinguieron 200 especies 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 2002, Simberloff *et al.* 2013).

Los efectos nocivos de las especies introducidas e invasoras, especialmente en los medios insulares de reconocida fragilidad ecológica, son bien conocidos: 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 que se estima que cada país puede tener entre 10^2 y 10^4 especies introducidas, estando estimado que pueden ser 100.000 las especies introducidas a escala global. De ahí, que la conveniencia del control, siendo la regla general, no debe tener excepciones, de forma que el análisis caso a caso debe ser previo a cualquier decisión para 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 imperceptibles sobre todo en ecosistemas acuáticos (Welcomme 1981, Moyle y Leidy 1992, Allan y Flecker 1993).

En coherencia con la idea, hoy universalmente aceptada en los medios conservacionistas y científicos, los riesgos que supone la introducción de una especie exóticas son inaceptables, y debe considerarse positivo erradicar las especies introducidas en los ecosistemas en que estén presentes, además que es un compromiso asumido en la Convención sobre Diversidad Biológica al expresar en el Artículo 8^o 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: “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 exóticas (introducidas y trasplantadas), cuarenta y tres especies de flora consideradas de alto riesgo de invasión y 255 especies de fauna entre las que sobresalen 129 especies de peces, 52 aves, 25 mamíferos, 20 reptiles, 17 artrópodos, cinco crustáceos, cuatro anfibios y tres moluscos, siendo escaso el conocimiento acerca de sus impactos sobre los ecosistemas y poblaciones nativas (Gutiérrez 2006, Baptiste *et al.* 2010, Gutiérrez *et al.* 2012). En el 2012, se priorizaron cuarenta especies para efectuar análisis de riesgo, abordando tres especies de moluscos (dos órdenes y dos familias), cuatro crustáceos (un orden y tres familias), 29 especies de peces (siete órdenes y 11 familias), un anfibio, dos reptiles (dos órdenes, dos familias) y una especie de aves, para un total de 14 órdenes y 19 familias. Las especies trasplantadas fueron siete (un crustáceo, cinco peces, y un reptil), todas de alto riesgo.

En la actualidad y con respecto a su declaración oficial como invasoras, Colombia considera oficialmente como invasoras 4 especies de peces y un anfibio. Sin embargo y de acuerdo a los protocolos de análisis de riesgo, la mayoría de las especies del catálogo publicado en 2012 (Gutiérrez *et al.* 2012), son consideradas como de alto riesgo, lo que debe llamar a la reflexión frente a que las aguas continentales se encuentran afectadas por la alteración de hábitats, contaminación, sedimentación, cambio climático, sobre-aprovechamiento de los recursos pesqueros, a lo 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. La mayoría de estas especies ya

radican en nuestros humedales, tanto naturales como artificiales, y aunque los estudios sobre sus impactos en el país son escasos, son predecibles en cuanto a los resultados, si lo comparamos con otras experiencias internacionales y países vecinos. 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.

Finalmente hay que resaltar el hecho de que las aguas continentales en los últimos 20 años, ha visto disminuída su producción en un 80%, mientras que la acuicultura basada en un 94% en especies introducidas o trasplantadas, la supera en un 300%, lo cual corrobora el estado de los humedales y la afectación de un servicio ecosistémico como la pesca que por no haber sido manejado, controlado y regulado, está en crisis y la solución ha sido la repoblación con especies exóticas y nativas trasplantadas.

Referencia

- 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. Pp152.
- 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.
- Baptiste, M. P., Castaño, N., Cárdenas, D., Gutiérrez, F., de P. Gil, D y C.A. Lasso (Eds.). 2010. Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos. Alexander von Humboldt/ Global Invasive Species Programme -GISP-. Bogotá, D. C. Colombia.
- 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. Nonindigenous freshwater fishes-vectors, biology, and impacts. Lewis Publ., Washington.
- Contreras, B. 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.
- CVC. 2009. Humedales del valle geográfico del río Cauca: génesis, biodiversidad y conservación. CVC, Santiago de Cali. 182pp.

- De la Ossa, V.J. y A. De la Ossa-Lacayo. 2011. Cacería de subsistencia en San Marcos, Sucre, Colombia. *Rev. Colombiana Cienc. Anim.* 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. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C., 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. pp. 248.
- Feinstein, B. J. 2004. Learning and transformation in the context of Hawaiian traditional ecological knowledge. *Education Quarterly.* 54, 2: 105-20.
- Gutiérrez, F. de P. 2006. Estado de Conocimiento de las Especies Invasoras. Propuesta de Lineamientos para el Control de los Impactos. Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 156 pp.
- Gutiérrez, F., de P. Lasso, C., Baptiste, M., P, Sánchez-Duarte, P., y A. M. Díaz, A. (Eds.). 2012. VI. Catálogo de la Biodiversidad acuática exótica trasplantada en Colombia: molusco, 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. 271-331pp. In: *Extinctions in Near Time*, MacPhee. (Eds.). New York, 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. 868pp.
- 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.
- IAvH. 2007. Biocomercio sostenible biodiversidad y desarrollo en Colombia. Instituto de Investigación Alexander von Humobldt. Bogotá, Colombia. 138pp.
- Lachner, E. A. C. R. Robins y W. R., Courtenay, J. R. 1970. Exotic fishes and other aquatic organisms introduced into North America. *Smithsonian Contrib. Zool.* 59: 1-29.

- 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.
- Lasso C. A., F. de Paula 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 los 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. Workshop: Management, Implications and Co-occurring Native and Introduced Fishes Proceedings, Portland Oregon.
- Maldonado-Ocampo, J.A., R.P. Vari y J.S. Usma. 2008. Checklist of the freshwaterfishes of Colombia. *Biota Colombiana* 9(2): 143-154.
- 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. Inírida, Guanía (Colombia) 16 al 20 de abril de 2012. Instituto de Investigación Alexander von Humboldt, Universidad Nacional de Colombia Sede Orinoquia, Bogotá. pp72.
- Mojica, J.I., J.S. Usam, R. Álvarez-León y C.A. Lasso (Eds.). 2012. Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia 2012. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia y Universidad de Manizales. Bogotá, D.c., Colombia. Pp. 319
- 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 pp.20.

- 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.
- 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, costal and Shelf Science* 37: 539-555.
- 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. pp. 433.
- Rodríguez-Mahecha J.V. y J. I. Hernández-Camacho. 2002. Loros de Colombia. Conservación Internacional, Bogotá.478pp.
- 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. 124pp.
- 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.
- 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. *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 Humobldt, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle e Instituto de Estudios de la Orinoquia. Bogotá, Colombia.
- 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. Pp.103
- Welcomme, R., L. 1981. Register of international transfers of inland fish species. FAO Fisheries Technical Paper 213. Rome. 120 pp.

8 CONCLUSIONES

Establecer criterios biológicos y ecológicos para identificar, caracterizar y delimitar los humedales en Colombia requiere tener en consideración, la complejidad y alta interconexión de esos sistemas, así como las particularidades biogeográficas y amplia información sobre la biota acuática presente en nuestro país.

La revisión de información y la puesta en discusión de diferentes aproximaciones y opiniones de especialistas, evidenciaron que los grupos de biota acuática aportan en diferente medida y nivel a los criterios para la identificación, caracterización, delimitación. El análisis llevado a cabo considera no solo la presencia de especies o individuos vivos, sino también la composición de especies y algunos rastros o evidencias, cuya importancia es elevada; e incluso recomendaciones metodológicas para que los aportes del grupo sugerido sean válidos.

Se establece que determinar si un ecosistema es o no es un humedal va a estar condicionado en parte por factores como pueden ser la definición misma de humedal, la escala y el objetivo propuesto. No obstante, ha sido consenso entre el grupo de especialistas que un estudio sobre humedales deben tener en consideración el régimen hidrológico y pluviométrico del lugar, para comprender la biota en los diferentes periodos hidrológicos.

Adicionalmente, dado que la aproximación cartográfica es una herramienta versátil y práctica para la identificar humedales a escala de país se plantean algunas consideraciones. Entendiendo la complejidad de los humedales y su alta interconexión, la delimitación de estos ecosistemas debe vincular similitudes entre sus componentes a través de diversas escalas espaciales y su representación debe ser conceptualizada como un esquema jerárquico, guardando la correlación entre las escalas espaciales mayores y menores, dado que los niveles superiores (grandes y lentos) tienden a influir sobre los inferiores generando estabilidad al sistema, mientras que los niveles jerárquicos inferiores (pequeños y rápidos) tienden a influir sobre los superiores promoviendo el cambio o la capacidad de adaptación. La elaboración de mapas con base en imágenes satelitales, debe considerar que en aquellas regiones de alta precipitación debe, como para todos los casos, incluir información en los periodos de aguas altas. Cuando las imágenes no evidencian el incremento del nivel del agua bajo la cobertura vegetal o la nubosidad no lo permita, deberán tomarse medidas complementarias para disponer de dicha información. Asimismo, debe considerarse que en algunas imágenes, los bosques inundados pueden no verse reflejados por la

densidad de las copas y que las comunidades vegetales del Ideam no diferencia la flora acuática en sus indicadores de ecosistemas.

Entre los grupos que aportan para la identificación, es común acuerdo que la presencia de todas las especies acuáticas (*stricto sensu*) permiten identificar un humedal, pero la ausencia de estas no necesariamente indica que no lo es, a excepción de las plantas acuáticas. La presencia de plantas acuáticas o hidrófitas, y anfibias o helófitas, son un indicador de la presencia de estos ecosistemas dada su estrecha relación con el agua y los ambientes húmedos. Adicionalmente, se determina que los rastros de varias especies (p.e. rastros de algas microscópicas, rastros de esponjas, almejas, algas en troncos o rocas) permiten identificar humedales intermitentes, propios de la región neotropical.

Todos los grupos de biota acuática aportan información para la caracterización. Las especies endémicas, la preferencia de hábitat, el ensamblaje de comunidades, la distribución restringida de ciertas especies, la asociación entre especies, entre otras, son características que aportan a la caracterización. Las plantas acuáticas además, permiten la zonificación del humedal e identificar la zona de transición hacia los ecosistemas terrestres. Para ello se debe tener en cuenta la metodología que estudia el gradiente sucesional de las plantas acuática hacia la tierra firme (conocido como ATTZ). Entre la información que se debe incluir: riqueza y bioforma (especies y hábitos) en sus variaciones temporales e hidroperiodos. Es importante en este grupo la claridad en términos a utilizar en los estudios, debido a la diversidad de interpretaciones, por lo que se sugiere seguir las utilizadas por Rial (2003). Es necesario aclarar que algunos grupos solo aportan en determinadas regiones del país debido al área de distribución natural de las especies, como es el caso del zooplancton que no está presente en todos los humedales del país. El grupo de peces a través de la composición de especies en gradiente altitudinal y la riqueza permiten caracterizar humedales. Este grupo es importante ya que evidencia las dinámicas hidrológicas, la estacionalidad climática y la conexión hidrológica. En el caso de las algas, estas están asociadas a macrófitas, por lo que el aporte a la caracterización no sería relevante, en cambio, los pigmentos de estas permiten describir la calidad ecológica y tipos de aguas en ambientes con presencia de un espejo de agua. Asimismo se sugiere incorporar el grupo de zooplancton en la determinación de calidad ecológica, en los tipos de humedal donde tengan presencia. El uso de índices multimétricos como índices de integridad biótica, permiten también caracterizar los humedales, ya que los diferentes organismo pueden indicar las condiciones metabólicas, grados de conservación o afectación antrópica.

Finalmente para establecer un límite del humedal de tal forma que se mantengan sus funciones, deberá seguir criterio su cota histórica máxima de inundación. Entre la biota acuática las plantas, al evidenciar la zona de transición durante la caracterización, permite trazar el límite del humedal, siempre y cuando esta no haya sido removida por eventos antrópicos o naturales recientes. La nidación de distintas especies que utilizan los límites entre el ecosistema acuático y terrestre para la puesta de huevos (p.e. algunas tortugas), permite de igual manera identificar el límite de humedales en las zonas donde estas se distribuyen. Adicionalmente los rastros de macroinvertebrados mencionados anteriormente (p.e. rastros de esponjas, almejas, algas en troncos o rocas) determinan la cota máxima de inundación en humedales con presencia de estas especies.

La vasta información revisada y la identificación de los significativos aportes que la biota acuática en su estrecha relación, al ser parte estructural y funcional de los humedales, que a su vez dan cuenta de un proceso biogeográfico, que divide naturalmente las cuencas o zonas hidrográficas, pone al descubierto, que desde este componente se podría además construir a futuro una tipificación de humedales para el país.