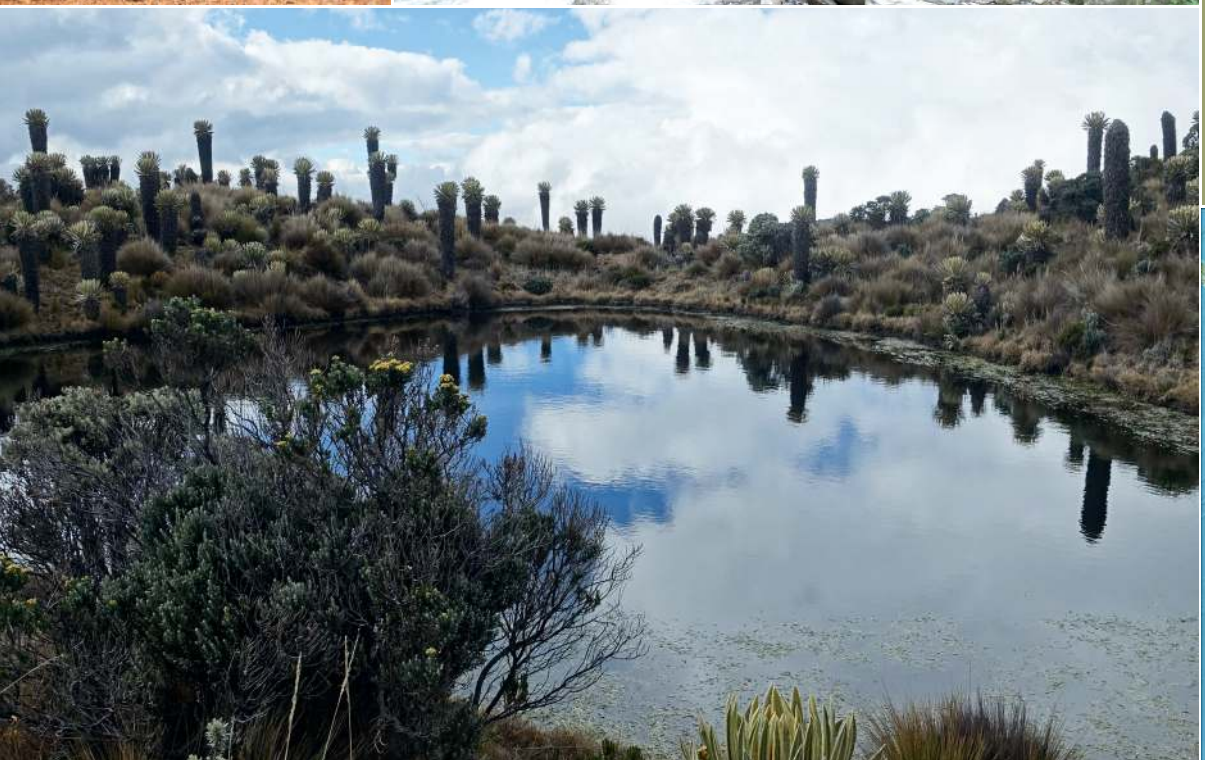
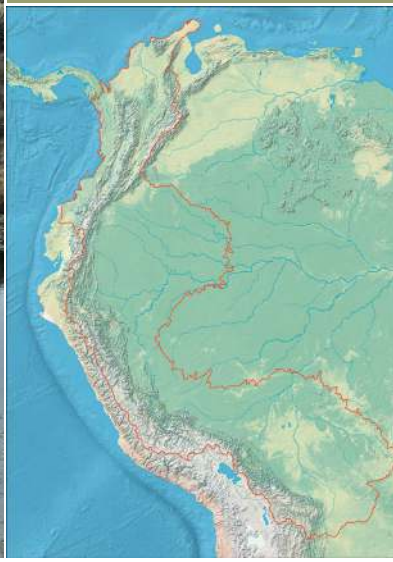
ESTADO DE CONSERVACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD DE AGUA DULCE EN LOS ANDES TROPICALES

Marcelo F. Tognelli, Carlos A. Lasso, Cornelio A. Bota-Sierra,
Luz F. Jiménez-Segura y Neil A. Cox (Editores)

ANDES TROPICALES





La Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN™

CSE Comisión de supervivencia de especies

CONSERVATION INTERNATIONAL

Apoyado por MacArthur Foundation

Acerca de la UICN

La UICN es una Unión de Miembros compuesta por Estados soberanos, agencias gubernamentales y organizaciones de la sociedad civil. La UICN pone a disposición de las entidades públicas, privadas y no gubernamentales, los conocimientos y las herramientas que posibilitan, de manera integral, el progreso humano, el desarrollo económico y la conservación de la naturaleza.

Creada en 1948, la UICN se ha convertido en la red ambiental más grande y diversa del mundo. La UICN cuenta con la experiencia, los recursos y el alcance de sus más de 1300 organizaciones Miembro y los aportes de más de 16 000 expertos. La UICN es uno de los principales proveedores de datos, evaluaciones y análisis sobre conservación. Su extensa y diversa membresía hacen de la UICN una incubadora y un repositorio confiable de las mejores prácticas y herramientas de conservación, así como de las directrices y estándares internacionales.

La UICN proporciona un espacio neutral en el que actores diversos, incluyendo gobiernos, ONGs, científicos, empresas, comunidades locales, grupos indígenas, organizaciones religiosas y otros pueden trabajar juntos para crear e implementar soluciones a los retos ambientales y lograr un desarrollo sostenible.

La UICN trabaja con diversos socios y simpatizantes para llevar a la práctica un amplio y diverso portafolio de proyectos de conservación en todo el mundo. Estos proyectos, que combinan los últimos avances científicos con los conocimientos tradicionales de las comunidades locales, procuran detener y revertir la pérdida de hábitats, restaurar los ecosistemas y mejorar el bienestar humano.

http://www.uicn.org/es
https://twitter.com/IUCN/

Acerca de la Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN

La Comisión de Supervivencia de Especies (CSE) es una red de más de 10 000 expertos voluntarios de casi todos los países del mundo, trabajando en conjunto para alcanzar la visión de "Un mundo más justo que valora y conserva la naturaleza". La CSE trabaja en estrecha colaboración con el Programa Global de Especies de la UICN y sus miembros, proporcionando información y asesoramiento sobre conservación de la biodiversidad, el valor intrínseco de las especies, su papel en la salud y el funcionamiento de los ecosistemas, la provisión de servicios ecosistémicos y su importancia para los medios de subsistencia de las personas.

http://www.iucn.org/theme/species/about/species-survival-commission

Acerca del Programa Global de Especies de la UICN

El Programa Global de Especies de la UICN apoya las actividades de la CSE y los Grupos de Especialistas y también implementa iniciativas globales de conservación de especies. El Programa Global de Especies produce, mantiene y maneja la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. Es una parte integral del Secretariado de la UICN y es dirigido desde la oficina central de UICN en Gland, Suiza, con oficinas técnicas en Cambridge, Reino Unido (Unidad de la Lista Roja) y Virginia EUA (Unidad de Evaluación de Biodiversidad).

http://www.iucn.org/theme/species

Acerca de Conservación Internacional

Centrada en una sólida base científica, con alianzas y proyectos demostrativos en el campo, CI apoya y fortalece a las sociedades para el cuidado responsable y sostenible de la naturaleza, nuestra biodiversidad global, para el bienestar de la humanidad. Fundada en 1987, CI emplea a más de 1000 personas y trabaja con más de 3000 colaboradores en 40 países.

http://www.conservation.org/

ESTADO DE CONSERVACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD DE AGUA DULCE EN LOS ANDES TROPICALES

Marcelo F. Tognelli, Carlos A. Lasso, Cornelio A. Bota-Sierra,
Luz F. Jiménez-Segura y Neil A. Cox (Editores)

ESTADO DE CONSERVACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD DE AGUA DULCE EN LOS ANDES TROPICALES

Marcelo F. Tognelli, Carlos A. Lasso, Cornelio A. Bota-Sierra, Luz F. Jiménez-Segura y Neil A. Cox (Editores)

La presentación del material en esta publicación y las denominaciones empleadas para las entidades geográficas no implican en absoluto la expresión de una opinión por parte de la UICN sobre la situación jurídica de un país, territorio o zona, o de sus autoridades, o acerca de la demarcación de sus límites o fronteras.

Los puntos de vista que se expresan en esa publicación no reflejan necesariamente los de la UICN, o de otra organización participante.

Esta publicación ha sido posible gracias a la generosidad de John D. and Catherine T. MacArthur Foundation.

Publicado por: UICN, Gland, Suiza, Cambridge, UK y Arlington, USA

Derechos reservados: © 2016 Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales

Se autoriza la reproducción de esta publicación con fines educativos y otros fines no comerciales sin permiso escrito previo de parte de quien detenta los derechos de autor con tal de que se mencione la fuente.

Se prohíbe reproducir esta publicación para la venta o para otros fines comerciales sin permiso escrito previo de quien detenta los derechos de autor.

Citación: Tognelli, M.F., Lasso, C.A., Bota-Sierra, C.A., Jiménez-Segura, L.F. y Cox, N.A. (Editores). 2016. *Estado de Conservación y Distribución de la Biodiversidad de Agua Dulce en los Andes Tropicales*. Gland, Suiza, Cambridge, UK y Arlington, USA: UICN. xxpp.

ISBN: 978-2-8317-1791-3

DOI: http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.02.es

Fotografía de la cubierta: Cornelio A. Bota-Sierra (paisajes), Daniel Barroso (niño y adulto con peces)

Todas las fotografías utilizadas en esta publicación son propiedad del titular de los derechos de autor (ver pie de fotos individuales). Las fotografías no deben ser reproducidas o utilizadas en otros contextos sin el permiso por escrito del titular de los derechos de autor.

Diagramado por: zOOm diseño S.A.S - Luisa Fernanda Cuervo G.

Impreso por: Fundación Cultural Javeriana de Artes Gráficas - JAVEGRAF

Disponible en: UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza)
Global Species Programme
Rue Mauverney 28
1196 Gland
Suiza
Tel +41 22 999 0000, Telefax +41 22 999 0002
www.iucn.org/resources/publications

El texto de este libro fue impreso en papel art alcalino neutral, que pertenece al grado de papel no ácido.

Contenidos

Agradecimientos vii
Resumen Ejecutivo ix
Executive Summary xi

Capítulo 1. La biodiversidad de agua dulce de los Andes Tropicales: antecedentes 1
1.1 Estado global de la biodiversidad de agua dulce 1
1.2 Estado de situación en los Andes Tropicales 2
1.2.1 Antecedentes generales 2
1.2.2 Amenazas a los ecosistemas de agua dulce en la región 4
1.2.3 Uso regional y valoración de los ecosistemas dulceacuícolas y su biodiversidad 9
1.3 Objetivos de este estudio 10
1.4 Referencias 10

Capítulo 2. Metodología de evaluación del riesgo de extinción de las especies 13
2.1 Selección de los grupos prioritarios 13
2.1.1 Peces 14
2.1.2 Moluscos 14
2.1.3 Libélulas 14
2.1.4 Plantas acuáticas 14
2.2 Delimitación de la región de los Andes Tropicales 14
2.3 Recopilación de datos y control de calidad 15
2.4 Mapeo de distribución de especies 17
2.5 Evaluación del riesgo de extinción de las especies 19
2.6 Nomenclatura 19
2.7 Áreas Clave para la Biodiversidad y vulnerabilidad de las especies al cambio climático 19
2.8 Referencias 21

Capítulo 3. Estado de conservación y distribución de los peces de agua dulce de los Andes Tropicales 23
3.1 Generalidades de la ictiofauna regional 24
3.1.1 Diversidad de peces dulceacuícolas 24
3.1.2 Factores geográficos que afectan la distribución de los peces de agua dulce 25
3.1.3 Limitaciones en la disponibilidad y confiabilidad de la información 25
3.2 Estado de conservación de los peces de agua dulce 26
3.3 Patrones de riqueza de especies 28
3.3.1 Especies endémicas 28
3.3.2 Especies con distribuciones restringidas 29
3.3.3 Especies amenazadas 29
3.3.4 Especies con Datos Insuficientes 33
3.4 Principales amenazas para los peces de agua dulce 34
3.4.1 Agricultura y acuicultura 34
3.4.2 Cambio climático y clima severo 36
3.4.3 Contaminación 38
3.4.4 Corredores de transporte y servicios 39
3.4.5 Desarrollo residencial y comercial 39
3.4.6 Especies invasoras, genes y enfermedades 39
3.4.7 Modificación en los sistemas naturales 40
3.4.8 Producción de energía, hidrocarburos y minería 42
3.4.9 Uso de recursos biológicos 44
3.5 Acciones de conservación y recomendaciones 45
3.5.1 Colectas y estudios taxonómicos 45

3.5.2 Monitoreo y acciones *ex-situ* 46
3.5.3 Caudales ambientales 47
3.5.4 Áreas protegidas 48
3.5.5 Estrategias de los estados andinos para la conservación de la diversidad y sus hábitats 49
3.5.6 Recomendaciones 50
3.6 Referencias 51

Capítulo 4. Estado de conservación y distribución de los moluscos de agua dulce de los Andes Tropicales 57
4.1 Generalidades de la malacofauna de los Andes Tropicales 57
4.2 Estado de conservación de los moluscos endémicos 58
4.3 Patrones de riqueza de especies 59
4.3.1 Riqueza de especies endémicas 59
4.3.2 Riqueza de especies amenazadas 60
4.3.3 Riqueza de especies con Datos Insuficientes 60
4.4 Principales amenazas para los moluscos 62
4.4.1 Contaminación y desarrollo urbano 62
4.4.2 Modificación de sistemas naturales 62
4.4.3 Agricultura 63
4.4.4 Uso de los recursos biológicos 64
4.5 Conclusiones y recomendaciones para la conservación 64
4.5.1 Exploración y estudios taxonómicos 64
4.5.2 Monitoreo 65
4.5.3 Áreas protegidas 65
4.6 Referencias 65

Capítulo 5. Estado de conservación de las libélulas de los Andes Tropicales 67
5.1 Revisión de las libélulas en la región 68
5.1.1 Breve historia del estudio de las libélulas en la región 68
5.1.2 Diversidad de las libélulas en el área de estudio 70
5.1.3 Libélulas endémicas 70
5.1.4 Limitaciones en la disponibilidad y confiabilidad de la información 72
5.2 Estado de conservación de las libélulas endémicas 72
5.2.1 Especies En Peligro Crítico 74
5.2.2 Especies En Peligro 74
5.2.3 Especies Vulnerables 75
5.2.4 Especies Casi Amenazadas 76
5.2.5 Especies con Datos Insuficientes 76
5.3 Patrones geográficos de riqueza de especies 77
5.3.1 Especies endémicas 77
5.3.2 Especies de distribución restringida 78
5.3.3 Especies amenazadas 78
5.3.4 Especies con Datos Insuficientes 78
5.4 Principales amenazas para las libélulas 78
5.4.1 Uso de recursos biológicos 79
5.4.2 Minería y producción de energía 80
5.4.3 Modificaciones de sistemas naturales 82
5.4.4 Especies invasoras y problemáticas 82
5.4.5 Desarrollo residencial y comercial 82
5.4.6 Contaminación 83
5.4.7 Cambio climático y clima severo 83
5.4.8 Agricultura y acuicultura 84
5.5 Conclusiones y recomendaciones para la conservación 84
5.5.1 Exploración y estudios taxonómicos 84
5.5.2 Monitoreo 84
5.5.3 Áreas protegidas 84
5.6 Referencias 85

Capítulo 6. Estado de conservación y distribución de las plantas acuáticas 87
6.1 Generalidades 87
6.1.1 Principales ambientes 88
6.2 Conocimiento de las plantas acuáticas en la región 90
6.2.1 Limitaciones de esta evaluación y criterios para la selección de especies 91
6.3 Estado de conservación 91
6.4 Patrones de riqueza de especies 92
6.4.1 Especies endémicas 92
6.4.2 Especies amenazadas 93
6.4.3 Especies con Datos Insuficientes 96
6.5 Principales amenazas 98
6.5.1 Agricultura y acuicultura 98
6.5.2 Modificaciones de sistemas naturales 99
6.5.3 Producción de energía y contaminación 99
6.6 Acciones de conservación y recomendaciones 99
6.6.1 Promover la investigación 99
6.6.2 Potenciar su cualidad bioindicadora para el estudio integral humedal-flora 100
6.6.3 Identificar hábitats clave - analizar la eficacia y cobertura de las áreas protegidas 100
6.6.4 Atender los efectos del cambio climático 100
6.6.5 Registrar periódicamente el estado de conservación de especies y hábitats en riesgo potencial 101
6.6.6. Ampliar las alianzas para la conservación 101
6.7 Referencias 101

Capítulo 7. Áreas Clave para la Biodiversidad de agua dulce de los Andes Tropicales 105
7.1 Introducción 105
7.1.1 Áreas Clave para la Biodiversidad 106
7.2 Metodología 107
7.2.1 Un cambio de enfoque en la delimitación de ACB de agua dulce. 107
7.2.2 Aplicación del nuevo proceso de delimitación de ACB de agua dulce a los Andes Tropicales. 109
7.3 Resultados del taller de consulta y delimitación de ZMC y ACB de agua dulce 110
7.3.1 Especies determinantes de ACB de agua dulce 110
7.3.2 Sub-cuencas de ríos y lagos definidas como Zonas de Manejo de Cuenca 111
7.3.3 Áreas Clave para la Biodiversidad de agua dulce delimitadas y adoptadas. 111
7.3.4 Área cubierta por Áreas Clave para la Biodiversidad y niveles actuales de protección. 123
7.3.5 Principales amenazas. 124
7.3.6 Actores potencialmente interesados 125
7.4 Conclusiones y recomendaciones 125
7.5 Referencias 126

Capítulo 8. Evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático de las especies de agua dulce de los Andes Tropicales 127
8.1 Introducción 127
8.2 Métodos 128
8.2.1 Antecedentes sobre la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático 128
8.2.2 Aplicación a las especies de los Andes Tropicales 128
8.2.3 Compilación de datos 130
8.2.4 Modelado de exposición 130
8.2.5 Cálculo de vulnerabilidad al cambio climático 131
8.3 Resultados 131
8.3.1 Peces de agua dulce 131
8.3.2 Moluscos de agua dulce 136
8.3.3 Libélulas 141
8.3.4 Plantas 146
8.4 Conclusiones y recomendaciones 151
8.5 Referencias 154

Capítulo 9. Síntesis para todos los grupos taxonómicos 157
9.1 Estado de conservación 157
9.2 Patrones de riqueza de especies 158
9.2.1 Riqueza de especies por país 158
9.2.2 Centros de riqueza de especies endémicas 158
9.2.3 Distribución de especies amenazadas 160
9.2.4 Distribución de especies con Datos Insuficientes 161
9.3 Principales hábitats para la biodiversidad de agua dulce de los Andes Tropicales 162
9.4 Principales amenazas para la biodiversidad de agua dulce de los Andes Tropicales 163
9.4.1 Distribución de las principales amenazas 165
9.5 Provisión de servicios ecosistémicos por la biodiversidad de agua dulce 168
9.6 Acciones de conservación y recomendaciones 168
9.7 Prioridades de conservación de la biodiversidad de agua dulce en los Andes Tropicales 170
9.7.1 Riesgo de extinción, vulnerabilidad al cambio climático, utilización y grado de protección de la biodiversidad de agua dulce en los Andes Tropicales 170
9.7.2 Cobertura de las ACB 172
9.8 Referencias 173

Apéndice 1. Ejemplo de ficha de evaluación de una especie y mapa de distribución 175
Apéndice 2. Lista de especies 179
2.1 Peces de agua dulce 179
2.2 Moluscos de agua dulce 185
2.3 Libélulas 185
2.4 Plantas acuáticas 187
Apéndice 3. Áreas Clave para la Biodiversidad 189
3.1 Lista de especies determinantes 189
3.2 ACB existentes adoptadas 194
3.3 Áreas protegidas y sitios Ramsar existentes adoptados 194
3.4 Nuevas ACB de agua dulce delimitadas 194
3.5 Actores potencialmente interesados 195
3.6 Ejemplo de una ficha de Zona de Manejo de Cuenca 197

Agradecimientos

Numerosas personas han contribuido a la realización de este proyecto durante sus distintas etapas. Sus aportes proporcionaron una contribución vital para su concreción y para la realización de esta publicación. Queremos entonces expresar nuestro sincero agradecimiento a todos aquellos que contribuyeron de algún modo u otro y pedir disculpas si omitimos a alguien.

Todos los proyectos de evaluación de la Lista Roja de la UICN dependen de la voluntad de los científicos que contribuyen con sus conocimientos para realizar evaluaciones confiables sobre el estado de conservación de las especies. En muchos casos, estos expertos son miembros de la Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN a través de los distintos grupos de especialistas. Sin su apasionado compromiso por la conservación de la biodiversidad, este tipo de proyectos de evaluación no serían posible. Algunos de ellos son autores de varios capítulos de este reporte, otros han contribuido con las evaluaciones de la Lista Roja y/o la identificación y delimitación de Áreas Clave para la Biodiversidad realizadas durante este proyecto o en evaluaciones previas y también los expertos que muy gentilmente han aportado su tiempo para revisar las evaluaciones.

Los expertos que colaboraron directamente en este proyecto, ya sea como evaluadores o revisores, son: Natalia von Ellenrieder (USA), Rosser Garrison (USA), Hernán Ortega Torres (Perú), Max Hidalgo Del Águila (Perú), Junior Chuctaya (Perú), Vanessa Correa (Perú), Luisa Chocano (Perú), Miguel Velásquez (Perú), Paul van Damme (Bolivia), Fernando Carvajal-Vallejos (Bolivia), Mabel Maldonado (Bolivia), Jaime Sarmiento (Bolivia), Rina Ramírez (Perú), Dominique Maldonado (Perú), Edgar Goitia (Bolivia), Dennis Paulson (USA), Ken Tennessen (USA), Joachim Hoffmann (Alemania), Nelly de la Barra (Bolivia), Blanca León (USA), Nur Ritter (USA), Richard Lansdown (Reino Unido), Javier A. Maldonado-Ocampo (Colombia), Carlos A. Lasso (Colombia), Elizabeth Anderson (USA), José Iván Mojica (Colombia), Francisco Villa-Navarro (Colombia), José S. Usma (Colombia), Juan Carlos Alonso (Colombia), Luz Fernanda Jiménez-Segura (Colombia), Paula Sánchez-Duarte (Colombia), Lina Mesa-Salazar (Colombia), Pablo Argüello (Ecuador), Pedro Jiménez Prado (Ecuador), Modesto Angel Correoso (Ecuador), Cornelio Bota-Sierra (Colombia), Fredy Palacino (Colombia), Leonardo Rache (Colombia), Bill Mauffray (USA), Anabel Rial (Colombia), Esteban Terneus (Ecuador), Juan Francisco Rivadeneira (Ecuador), Roberto Reis (Brasil), Carla Polaz (Brasil), Carla Pavanelli (Brasil), Rajeev Raghavan (India), Ian Harrison (USA), Mary Seddon (Reino Unido), Manuel Lopes-Lima (Portugal).

Natalia von Ellenrieder, Rosser Garrison, Dan Graf (USA), Fernando Carvajal-Vallejos, Javier Maldonado-Ocampo, Max Hidalgo, Hernán Ortega Torres, Luz Fernanda Jiménez-Segura, Joachim Hoffmann, Ken Tennessen, Bill Mauffray, Cornelio Bota-Sierra, Nelly de la Barra, Lina Mesa y Carlos A. Lasso aportaron listas de especies, bibliografía y datos geo-referenciados para la producción de mapas de distribución.

Estamos agradecidos al Ministerio del Ambiente de Perú, especialmente a José Álvarez Alonso, Frida Rodríguez Pacheco y Harol Gutiérrez por su colaboración durante el taller de evaluación realizado en Lima, Perú. A la Pontificia Universidad Javeriana de Colombia que gentilmente ofreció sus instalaciones para la realización del taller de Áreas Clave para la Biodiversidad y, particularmente, a Javier Maldonado-Ocampo y Trigal Velasquez Rodríguez por su ayuda en la organización de dicho taller. Al Instituto de Investigación de Recursos Biológicos von Humboldt, especialmente a Carlos A. Lasso, Paula Sánchez-Duarte y Lina Mesa, quienes ayudaron en la coordinación y realización de los talleres de evaluación de la Lista Roja y Áreas Clave para la Biodiversidad realizados en Bogotá, Colombia. El Instituto Chico Mendes para la Conservación de la Biodiversidad (ICMBio) de Brasil gentilmente colaboró con información de especies de peces de agua dulce evaluadas en ese país y que se distribuyen también en la región de este proyecto (evaluaciones parciales).

Queremos agradecer también a nuestros colegas de la UICN, Nieves García, Arturo Mora (UICN-Sur, Quito), Kevin Smith (UICN-Cambridge), Will Darwall (UICN-Cambridge), Laura Máiz-Tomé (UICN-Cambridge), Savrina Carrizo (Reino Unido) y Jacqueline Mallinson (USA), quienes colaboraron en distintas etapas del proyecto. Un agradecimiento especial a Agustín Abba y Mariella Superina (Grupo de Especialistas en Osos Hormigueros, Perezosos y Armadillos de la UICN/SSC, Argentina), Arturo Mora, Nieves García, Jamie Carr (UICN-Cambridge), Kevin Smith, Richard Lansdown y Manuel Lopes-Lima, quienes contribuyeron su tiempo y buena disposición para ayudar en la facilitación de los talleres de evaluación y Áreas Clave para la Biodiversidad.

Agradecemos también al personal de la Unidad de la Lista Roja de la UICN en Cambridge, Reino Unido, especialmente a Caroline Pollock, Craig Hilton-Taylor, Jemma Window, Janet Scott y Max Fancourt por su apoyo, comentarios y revisión de las evaluaciones y los mapas de distribución de las especies. A nuestros colegas de la oficina de la UICN-US, especialmente a Carlos Méndez por su ayuda con las finanzas del proyecto. Un agradecimiento especial a Ian Harrison (Grupo de Especialistas de Peces de Agua Dulce, UICN/SSC) por su ayuda en la elaboración de la propuesta de este proyecto y por su constante apoyo durante su realización.

Finalmente, queremos agradecer el apoyo de la John D. and Catherine T. MacArthur Foundation (www.macfound.org),

sin el cual este proyecto no hubiera sido posible. Extendemos el agradecimiento a nuestro contacto en la Fundación, Amy Rosenthal, por su ayuda y asesoramiento durante la duración del proyecto. Parte de este proyecto fue financiado por The Betty and Gordon Moore Center for Science de Conservation International, a quien agradecemos. Las opiniones, resultados y conclusiones expresadas en este reporte corresponden a los autores y no necesariamente reflejan la posición de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, John D. and Catherine T. MacArthur Foundation, Conservation International, o de las instituciones que participaron en este proyecto.

Resumen Ejecutivo

El agua es considerada como uno de los recursos naturales más esenciales para la vida. Esto se ve reflejado en el hecho de que el agua es el elemento común a la mayoría de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas[1]. Así, el agua conecta la salud pública, la seguridad alimentaria, la energía para todos, el bienestar del medio ambiente, la educación, el crecimiento económico sostenible y el efecto del cambio climático. Por lo tanto, el manejo adecuado del agua va a ser crucial para cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y alcanzar las aspiraciones de un futuro mejor para todos los pueblos del mundo[2]. Precisamente, el sexto Objetivo de Desarrollo Sostenible se enfoca en garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos. Esto incluye la meta de proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos para el año 2020[1].

La importancia de los ecosistemas dulceacuícolas para la sociedad y la economía se puede apreciar fácilmente al considerar la gran variedad de bienes y servicios vitales que proveen para la subsistencia humana, incluyendo provisión de agua para uso doméstico, industrial y agropecuario, provisión de energía, alimento, captación de carbono, navegación, además de servicios culturales y de recreación. La disponibilidad y calidad de estos servicios dependen de ecosistemas saludables y, por lo tanto, de la biodiversidad que apuntala estos sistemas. A su vez, el buen uso y manejo de estos ecosistemas depende del conocimiento de los mismos, incluyendo el estado de conservación de las especies que lo componen.

A pesar de ser una de las regiones más biodiversas del planeta, el conocimiento de la biodiversidad de agua dulce en los Andes Tropicales es escaso y fragmentario, a excepción de los peces que es el grupo relativamente mejor conocido. Además, muchos proyectos de desarrollo se están llevando a cabo o están proyectados para la región, que seguramente tienen o van a tener un impacto sobre los ecosistemas de agua dulce y la biodiversidad asociada. Por lo tanto, es necesario contar con información adecuada sobre la distribución, requerimientos de hábitat y estado de conservación de las especies dulceacuícolas para orientar la toma de decisiones en la región. La ausencia de esta información no va a permitir que la biodiversidad de agua dulce sea considerada en los proyectos de desarrollo y las consecuencias podrían ser muy graves.

Este reporte pretende llenar algunos de los vacíos de información que existen respecto de la distribución, el riesgo de extinción y la vulnerabilidad al cambio climático de la biodiversidad de agua dulce en los Andes Tropicales. Se incluye, además, la identificación y delimitación de Áreas Clave para la Biodiversidad[3] (sitios de importancia para la persistencia global de la biodiversidad) de agua dulce para la región. Tal como está definida en este proyecto, la región de los Andes Tropicales incluye la región andino-amazónica de Bolivia, Perú, Ecuador y Colombia, además del Chocó colombiano y del noroeste ecuatoriano. Este estudio representa la evaluación más completa y exhaustiva de la biodiversidad de agua dulce de la región. Además de ayudar en la toma de decisiones en proyectos de desarrollo, la información que aquí se presenta es esencial para cumplir con las obligaciones nacionales para la protección y el uso sostenible de la diversidad biológica en virtud del Convenio sobre la Diversidad Biológica[4], la Convención sobre Humedales de Ramsar[5] y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.

Como una contribución importante para el suministro de información de las especies de agua dulce de la región, el Programa Global de Especies de la UICN, junto con colaboradores locales, llevó a cabo la evaluación del estado de conservación (de acuerdo con la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN™) y la distribución de todas las especies de peces de agua dulce, moluscos, libélulas, y un grupo selecto de plantas acuáticas, endémicas de la región de los Andes Tropicales (tal como fue definida en este proyecto). Además de la Lista Roja, se identificaron y delimitaron Áreas Clave para la Biodiversidad de agua dulce en la región y se evaluó la vulnerabilidad de las especies al cambio climático utilizando la metodología desarrollada por la UICN. Todo el proceso involucró la realización de tres talleres con expertos en las especies y en los ecosistemas de agua dulce de la región. En total se evaluaron 967 especies de agua dulce endémicas de los Andes Tropicales y, para cada una, se generó una ficha de evaluación y un mapa de distribución. Todos los datos generados estarán disponibles en la página web de la Lista Roja de la UICN (www.iucnredlist.org).

Incluyendo los cuatro grupos taxonómicos, el 17.5% del total de especies para las cuales existe información suficiente para evaluar su estado de conservación, están amenazadas a nivel global. Veintitrés especies están En Peligro Crítico (CR), de las cuales tres, un pez y dos libélulas, están En Peligro Crítico Posiblemente Extinta, por tanto es urgente que las áreas de probable presencia de estas especies sean prospectadas para confirmar su presencia. Los principales factores de amenazas directas para las especies de agua dulce de los Andes Tropicales son la agricultura y la acuicultura, la contaminación, la modificación de los sistemas naturales, la producción de energía y minería y el uso no sostenible de los recursos biológicos. Las cuencas con mayor concentración de especies amenazadas corresponden a los ríos Magdalena-Cauca y Dagua en Colombia, seguido por las cuencas de los ríos Ucayali, Madre de Dios y Marañón en Perú; Napo, Pastaza y Cayapas en Ecuador, y Beni y Mamoré en Bolivia. En general, esta distribución refleja el patrón de riqueza de especies endémicas y de las partes de la región que tienen mayor información. Sin

embargo, este patrón podría modificarse al incluirse las especies que tienen distribuciones más allá de la región (actualmente con evaluaciones parciales).

Los datos derivados de la evaluación de la Lista Roja se usaron para identificar y delimitar Áreas Clave para la Biodiversidad (ACB). Para este análisis se usaron los datos de peces y libélulas (y una especie de bivalvo) debido a que son los grupos con mayor número de especies endémicas y con mejor información disponible. Las ACB se identificaron dentro de Zonas de Manejo de Cuencas (ZMC); cuencas a escala de paisaje que proporcionan información importante sobre el contexto geográfico más amplio y las necesidades de manejo de la cuenca hidrográfica en la que se encuentran las ACB. Los criterios utilizados para identificar las ACB fueron la presencia de especies amenazadas y de distribución restringida en las sub-cuencas; estas especies se denominan especies determinantes. Cuando la distribución confirmada de las especies determinantes se solapó con áreas protegidas o ACB (delimitadas para otros grupos taxonómicos) existentes, éstas fueron adoptadas como ACB de agua dulce. Cuando no se solaparon con ninguna de estas, se delimitaron nuevas ACB de agua dulce.

En total se identificaron 86 ACB de agua dulce en la región para 151 especies determinantes; 39 fueron ACB existentes adoptadas, 22 fueron áreas protegidas adoptadas y 25 fueron nuevas ACB delimitadas. La información sobre las ZMC, ACB (adoptadas y nuevas) fue mapeada y validada en los talleres y estará disponible en el World Biodiversity Database y el Integrated Biodiversity Assessment Tool. Las ACB están diseñadas para ser utilizadas a nivel local y regional, en un proceso participativo que cuente con los actores locales interesados para maximizar la implementación de las prioridades para la conservación a escala de sitio. Se espera que la información proporcionada sirva para orientar la toma de decisiones sobre la conservación y el manejo sostenible de la biodiversidad de agua dulce en los Andes Tropicales de Bolivia, Perú, Ecuador y Colombia. Durante el proceso, se identificaron 94 organizaciones e instituciones potencialmente interesadas en las ZMC delimitadas.

La susceptibilidad de las especies al cambio climático fue evaluada con la metodología desarrollada por la UICN: el Marco para la Evaluación de la Vulnerabilidad de las Especies al Cambio Climático[6]. Este marco se basa en la relación entre el cambio en las condiciones del clima y los rasgos biológicos y ecológicos de las especies que podrían potenciar o atenuar el impacto del cambio climático sobre las especies. El marco provee una seria de 'reglas' que son empleadas para clasificar a las especies de acuerdo con tres dimensiones de la vulnerabilidad al cambio climático: Sensibilidad, Baja Capacidad Adaptativa y Exposición. Así, las especies que tienen menor potencial para persistir *in-situ* (Sensibilidad), que presentan mayor incapacidad para evitar los impactos negativos del cambio climático a través de la dispersión y/o cambios micro-evolutivos (Baja Capacidad Adaptativa), y cuyo entorno físico será más afectado por el cambio climático (Exposición), se las consideran más vulnerables al cambio climático. El análisis incluye la combinación de tres modelos de circulación global, dos escenarios y dos periodos de tiempo en el futuro.

En general, las plantas acuáticas aparecen con el mayor porcentaje de especies vulnerables al cambio climático (40%), seguido por los otros tres grupos con casi el mismo porcentaje de especies vulnerables cada uno (11-12%). Al contrario de lo que se esperaba, se encontraron muchas especies vulnerables al cambio climático en áreas bajas y no en la región andina, donde se supone que el impacto del cambio en la temperatura sería mayor. Las plantas fueron la excepción, pero esto se puede deber a la selección de especies incluidas en el análisis, que estuvo sesgado a especies mayormente de zonas altas. Al momento de identificar medidas de conservación para atenuar los efectos del cambio climático, los rasgos biológicos identificados en este estudio, en conjunción con sus mecanismos de impacto, pueden proveer lineamientos importantes para la conservación efectiva de las especies.

Se espera que la información proporcionada en este estudio sobre el estado de conservación, distribución, susceptibilidad al cambio climático, así como la identificación y delimitación de ACB de especies de agua dulce sirva para orientar y motivar políticas y acciones de conservación para proteger la biodiversidad de agua dulce en los Andes Tropicales.

1 Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas: www.un.org/sustainabledevelopment/es/
2 World Bank. 2016. High and Dry: Climate Change, Water, and the Economy. World Bank, Washington, DC.
3 IUCN. 2016. *A Global Standard for the Identification of Key Biodiversity Areas, Version 1.0*. First edition. IUCN, Gland, Switzerland.
4 Ramsar: www.ramsar.org/es
5 Convención sobre Diversidad Biologica: www.cbd.int
6 Foden, W.B., Butchart, S.H., Stuart, S.N., Vié, J.C., Akçakaya, H.R., Angulo, A., DeVantier, L.M., Gutsche, A., Turak, E., Cao, L. y Donner, S.D. 2013. Identifying the world's most climate change vulnerable species: a systematic trait-based assessment of all birds, amphibians and corals. *PLoS One*, 8(6): p.e65427.

Executive Summary

Water is considered one of the most essential natural resources for life. This is apparent by the fact that water is the common element to most of the United Nations' Sustainable Development Goals[1]. Indeed, water connects public health, food security, energy for all, environmental wellbeing, education, sustainable economic growth, and the effect of climate change. Therefore, adequate water management will be crucial to meet the Sustainable Development Goals and achieve the aspirations of a better future for all people in the world[2]. That is precisely why the sixth Sustainable Development Goal focuses on ensuring the availability of water and its sustainable management and sanitation for all. This includes the target of protecting and restoring water-related ecosystems, including forests, mountains, wetlands, rivers, aquifers and lakes by 2020[1].

The importance of freshwater ecosystems to society and the economy can be readily appreciated when considering the wide variety of goods and vital services they provide for human subsistence, including provision of water for domestic, industrial and agricultural use, energy supply, food, carbon sequestration, navigation, and cultural and recreational services. The availability and quality of these services depend on healthy ecosystems and, therefore, on the biodiversity that underpins them. In turn, the proper use and management of these ecosystems depends on our knowledge of the species that support them, including their conservation status and distribution.

Despite being one of the most biodiverse regions on the planet, knowledge of freshwater biodiversity in the Tropical Andes is scarce and fragmentary, with the exception of freshwater fishes which are relatively well studied. In addition, many development projects are underway or are planned for the region, which will surely have or will have an impact on freshwater ecosystems and associated biodiversity. Therefore, it is necessary to have adequate information on the distribution, habitat requirements and conservation status of freshwater species to guide decision-making in the region. The absence of this information will hamper freshwater biodiversity to be considered in development projects in the region, and the consequences for freshwater systems could be severe.

This report aims to fill some of the information gaps that exist with respect to distribution, extinction risk and vulnerability to climate change of freshwater biodiversity in the Tropical Andes region. It also includes the identification and delineation of freshwater Key Biodiversity Areas[3] (sites of importance for the overall persistence of biodiversity) for the region. As defined in this project, the Tropical Andes region includes the Andean-Amazon region of Bolivia, Peru, Ecuador and Colombia, as well as the Colombian Chocó and northwestern Ecuador. This study represents the most complete and comprehensive assessment of freshwater biodiversity in the region. In addition to informing development decision-making, the information presented here is essential to meet national obligations for the protection and sustainable use of biological diversity under the Convention on Biological Diversity[4], the Ramsar Convention[5], and the United Nations' Sustainable Development Goals[1].

As a major contribution towards the provision of information of freshwater species in the region, the IUCN Global Species Programme, in collaboration with local partners, conducted an assessment of the conservation status (according to the IUCN Red List of Threatened Species™) and distribution of all species of freshwater fish, mollusks, dragonflies and damselflies, and a select group of aquatic plants endemic to the Tropical Andes region (as defined in this project). In addition to Red List assessments, this report includes the identification and delineation of freshwater Key Biodiversity Areas for the region and an analysis of the vulnerability of all species to climate change. The entire process included the development of two assessment and one KBA workshops, involving experts on the taxonomic groups being assessed and on freshwater ecosystems in the region. In total, 967 species of freshwater species endemic to the region were assessed and documented. The full dataset, including the species' accounts and distribution maps will be available on the IUCN Red List website (www.iucnredlist.org).

Overall, 17.5% of the species for which sufficient information was available to assess its risk of extinction, are globally threatened. Twenty-three species are Critically Endangered (CR), of which three, one fish and two odonates, are Critically Endangered Possibly Extinct; field surveys are urgently required to determine whether these species are still extant. Major driver of threats are identified as agriculture and aquaculture, pollution, natural system modifications, energy production and mining, and biological resource use. The higher number of threatened species is found in the Magdalena-Cauca and Dagua basins in Colombia; the Ucayali, Madre de Dios and Marañón basins in Perú; the Napo, Pastaza and Cayapas basins in Ecuador, and the Beni and Mamoré basins in Bolivia. This distribution largely reflects the overall spatial distribution of endemic species richness and the areas within the region where our knowledge is most complete. However, this pattern could change when including all species that have distributions beyond the Tropical Andes region (currently with partial assessments).

Data derived from the Red List assessments were used to identify and delineate freshwater Key Biodiversity Areas (KBA) for the region. In this analysis, only data on fish and dragonflies (and one bivalve species) were used, because they are the groups with more and better available data. KBA were identified within Catchment Management Zones (CMZ); catchments at the

landscape scale providing important information on the wider geographic and hydrological context for effective management of the species, or critical components of species, located within the individual KBA. The criteria to identify KBA were the presence of threatened or range restricted species within a sub-catchment; species meeting the criteria are called trigger species. When the distribution of trigger species overlapped with existing protected areas or existing KBA (delimited for other taxonomic groups), these were adopted as freshwater KBAs. When trigger species did not overlap any existing protected area or KBA, new freshwater KBAs were delineated.

Overall, 86 freshwater KBAs containing 151 trigger species were identified; 39 were adopted existing KBAs, 22 were adopted existing protected areas and 25 were newly delineated KBAs. All information (CMZ, adopted and new KBAs) was mapped and validated during the KBA workshop and will be available at the World Biodiversity Database and at the Integrated Biodiversity Assessment Tool. KBA sites are designed to be used at the local and regional level, in a participatory process that involves the local stakeholders to maximize the conservation priority implementation at the site scale. It is expected that the information provided here will help guide the decision-making process for the conservation and sustainable management of freshwater biodiversity in the Tropical Andes of Bolivia, Perú, Ecuador, and Colombia.

The susceptibility of species to climate change was assessed using the methodology developed by the IUCN: the Climate Change Vulnerability Assessment Framework[6]. This framework is based on the relationship between climate change and the biological and ecological traits that may increase or decrease its impacts on species. The approach provides a series of 'rules' that are used to classify species according to three dimensions of climate change vulnerability: Sensibility, Low Adaptive Capacity and Exposure. Thus, the species that lack potential to persist in-situ (Sensibility) and that are less capable in avoiding the negative impacts of climate change through dispersal and/or micro-evolutionary change (Low Adaptive Capacity), and whose physical environment will be more altered due to climate change (Exposure), will be the ones more vulnerable to climate change. The analysis included a combination of three global circulation models, two scenarios and two time periods in the future.

Overall, aquatic plants have the highest percentage of species vulnerable to climate change (40%), followed by the other three groups, with almost the same percentage of vulnerable species each (11-12%). Contrary to what was expected, many species vulnerable to climate change are in low altitude areas and not in the Andean region, where it is assumed that the impact of changes in temperature will be higher. Plants were the exception, but this may be due to the selection of species included in the assessment, which was mostly biased towards upland species. When determining climate change-related conservation measures, the traits used in this work, as well as their inferred mechanisms of impact, can provide valuable guidance on effective actions.

It is expected that the information provided here on the conservation status, distribution, vulnerability to climate change and the identification and delineation of freshwater KBA will help guide and motivate policies and conservation actions in the region to protect freshwater biodiversity in the Tropical Andes.

1 Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas: www.un.org/sustainabledevelopment/es/
2 World Bank. 2016. High and Dry: Climate Change, Water, and the Economy. World Bank, Washington, DC.
3 IUCN. 2016. A Global Standard for the Identification of Key Biodiversity Areas, Version 1.0. First edition. IUCN, Gland, Switzerland.
4 Ramsar: www.ramsar.org/es
5 Convención sobre Diversidad Biologica: www.cbd.int
6 Foden, W.B., Butchart, S.H., Stuart, S.N., Vié, J.C., Akçakaya, H.R., Angulo, A., DeVantier, L.M., Gutsche, A., Turak, E., Cao, L. y Donner, S.D. 2013. Identifying the world's most climate change vulnerable species: a systematic trait-based assessment of all birds, amphibians and corals. PLoS One, 8(6): p.e65427.

Capítulo 1. La biodiversidad de agua dulce de los Andes Tropicales: antecedentes

Marcelo F. Tognelli[1], Lina M. Mesa S.[2] y Carlos A. Lasso[2]

1.1 Estado global de la biodiversidad de agua dulce 1
1.2 Estado de situación en los Andes Tropicales 2
1.2.1 Antecedentes generales 2
1.2.2 Amenazas a los ecosistemas de agua dulce en la región 4
1.2.3 Uso regional y valoración de los ecosistemas dulceacuícolas y su biodiversidad 9
1.3 Objetivos de este estudio 10
1.4 Referencias 10

1.1 Estado global de la biodiversidad de agua dulce

Los ecosistemas de agua dulce ocupan menos del 1% de la superficie global, pero albergan aproximadamente el 10% del total de las especies conocidas y un tercio de las especies de vertebrados (Balian *et al*. 2008). La biodiversidad de estos ecosistemas, además, juega un papel vital en la provisión de recursos para los humanos, incluyendo alimento, forraje, medicinas, además de otros servicios indirectos como el control de inundaciones, filtración de agua, reducción de contaminación, recreación, entre otros (Strayer y Dudgeon 2010, Russi *et al*. 2013). Sin embargo, la biodiversidad de agua dulce está siendo afectada a nivel global por una serie de factores que pone en peligro su persistencia (Thieme *et al*. 2010, Vörösmarty *et al*. 2010, Collen *et al*. 2014). Esto se puede ver reflejado en el reporte publicado recientemente del Índice del Planeta Viviente, donde se muestra que la abundancia de las poblaciones de especies de agua dulce bajo monitoreo disminuyó en promedio un 76% entre 1970 y 2010; casi el doble de la reducción de las poblaciones terrestres y marinas, que disminuyeron 39% (WWF 2014). Esta disminución fue aún más marcada en la región Neotropical, donde el promedio de reducción poblacional fue del 83% (WWF 2014).

Las causas de la pérdida de biodiversidad de agua dulce son variadas, pero los principales factores de amenaza más extendidos son la degradación del hábitat, contaminación, alteración del flujo y extracción de agua, sobrepesca e introducción de especies exóticas; las cuales seguramente se verán agravadas por el impacto del cambio climático (Strayer y Dudgeon 2010). Paradójicamente, todas estas actividades de origen antropogénico no son sostenibles en el tiempo y, a corto y mediano plazo, terminarán afectando el bienestar humano. La estrecha relación entre los medios de vida humanos y la biodiversidad de agua dulce quedó plasmada en un estudio reciente a nivel global, donde se muestra que grandes áreas, tanto de países desarrollados como en vías de desarrollo, estarían experimentando un alto riesgo en la seguridad de la provisión de agua dulce para los humanos y para la biodiversidad (Vörösmarty *et al*. 2010). Esto demuestra la urgencia de desarrollar una estrategia de manejo integrada de los ecosistemas de agua dulce que detenga la pérdida de biodiversidad y mejore la seguridad de agua dulce para los humanos. Los fundamentos de esta estrategia estarían dados por las metas de Aichi 12 ("para 2020, se habrá evitado la extinción de especies amenazadas identificadas y se habrá mejorado y sostenido su estado de conservación, especialmente el de las especies en mayor disminución") y 14 ("para 2020, se habrán restaurado y salvaguardado los ecosistemas que proporcionan servicios esenciales, incluidos servicios relacionados con el agua, y que contribuyen a la salud, los medios de vida y el bienestar de la población, tomando en cuenta las necesidades de las mujeres, las comunidades indígenas y locales y las personas pobres y vulnerables") de la Convención sobre Diversidad Biológica (www.cbd.int/sp/targets/default.shtml).

El primer paso para contener o disminuir la pérdida de biodiversidad de agua dulce es conocer el estado de conservación de las especies. Existen varios métodos para evaluar el riesgo de extinción de las especies, pero la Lista Roja de Especies

1 IUCN-CI Biodiversity Assessment Unit. Global Species Programme. The Betty and Gordon Moore Center for Science. Conservation International. 2011 Crystal Dr., Suite 500. Arlington, VA 22202, USA.
2 Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Calle 28A # 15-09, Bogotá D.C., Colombia.

Amenazadas de la UICN (en adelante referida como Lista Roja) se ha establecido como el estándar global (UICN 2012). Inicialmente, las evaluaciones globales de grupos completos realizadas utilizando la Lista Roja se enfocaron en especies mayormente terrestres (p. ej. mamíferos, aves y anfibios), por lo que existía un vacío de información sobre la biodiversidad de agua dulce. Solo recientemente se han completado evaluaciones de la Lista Roja de la biodiversidad dulceacuícola de varias regiones del mundo que han venido a llenar este vacío de información (Darwall *et al*. 2011, Freyhof y Brooks 2011, Molur *et al*. 2011, Allen *et al*. 2012, Darwall *et al*. 2014, Smith *et al*. 2014). Estos estudios han servido para confirmar el alarmante estado de conservación en que se encuentra la biodiversidad de agua dulce en distintas regiones. Por ejemplo, el porcentaje de la biodiversidad de agua dulce en alguna de las categorías de amenaza de la Lista Roja (teniendo en cuenta solamente las especies para las cuales existe suficiente información para evaluar su estado de conservación) es el siguiente: 21% de las especies de África (Darwall *et al*. 2011), 17.8% de las especies de los Ghats Occidentales de India (Molur *et al*. 2011), 19.1% de las especies de la región del Mediterráneo oriental (Smith *et al*. 2014) y 13% de las especies de la región de Indo-Burma (Allen *et al*. 2012). Al presente, no ha habido ninguna evaluación de la Lista Roja para la biodiversidad de agua dulce del Neotrópico (a excepción de peces y algunos cangrejos de agua dulce en evaluaciones nacionales), una de las regiones más diversa en cuanto al número de especies totales y endémicas.

1.2 Estado de situación en los Andes Tropicales

1.2.1 Antecedentes generales

Tal como está definida en este proyecto (y como es mencionada de aquí en adelante), la región de los Andes Tropicales incluye la región andino-amazónica de Bolivia, Perú, Ecuador y Colombia, además del Chocó colombiano y del noroeste ecuatoriano (Figura 1.1). El área cubre parte de dos de los 35 hotspots de biodiversidad globales, los Andes Tropicales y Tumbes-Chocó-Magdalena (Mittermeier *et al*. 2005). Los hotspots de biodiversidad son áreas del planeta que poseen una excepcional riqueza de especies endémicas (≥ 1500 especies de plantas) y han perdido más del 70% de su hábitat original (Myers *et al*. 2000). El área de este proyecto se extiende, de sur a norte, unos 3600 km (desde los 20° S hasta los 12°30' N) y cubre una superficie de 2 754 775 km^2 (equivalente al área de Argentina) e incluye aproximadamente 51% del hotspot de los Andes Tropicales y 58% del hotspot Tumbes-Chocó-Magdalena (Figura 1.1).

El área de esta evaluación también incluye la totalidad o parte de nueve ecorregiones de agua dulce, que son grandes áreas que abarcan uno o más sistemas que contienen un conjunto característico de comunidades naturales y especies de agua dulce (Abell *et al*. 2008, WWF y TNC 2013) (Figura 1.2, Tabla 1.1). Estas ecorregiones representan cuatro de los tipos principales de hábitats identificados en el mundo (a pesar de obviar muchas particularidades geográficas, es el acercamiento biogeográfico más certero con el que se cuenta a escala continental): ríos costeros tropicales y subtropicales, ríos de tierras altas tropicales y subtropicales, ríos y arroyos de montaña y ríos tropicales y subtropicales de llanuras de inundación y complejos de humedales.

La región de los Andes Tropicales incluye un gran rango altitudinal que va desde aproximadamente, los 65 m s.n.m. en las tierras bajas del Amazonas hasta los 5500 m s.n.m. en la cordillera de los Andes. Esto abarca una gran variedad de ecosistemas que incluyen desde los bosques inundables en la llanura amazónica, hasta el pajonal altoandino de la puna húmeda, pasando por bosques subandinos, bosques montanos, bosques de yungas, bosques altimontanos, bosques altoandinos, páramos y valles interandinos, (Josse *et al*. 2009). Los sistemas de agua dulce también presentan una gran diversidad de ambientes, incluyendo sistemas altoandinos, por encima de los 3000 m s.n.m., con humedales, lagunas de origen glaciar, vegas, bofedales y las cabeceras de los principales ríos que drenan hacia la cuenca amazónica (Maldonado *et al*. 2012), o hacia el Caribe en Colombia o hacia el Océano Pacífico en Colombia y noroeste de Ecuador. Entre los 700 y 3000 m s.n.m. hay menos lagos y lagunas y predominan los ríos, arroyos y quebradas de aguas con corrientes rápidas, alternando con pozas y rabiones "o rápidos" (Maldonado *et al*. 2012). Por debajo de los 700 m s.n.m. se encuentra el piedemonte andino o amazónico con ríos de aguas claras, blancas o negras, de mayor caudal y de corrientes más lentas, que se van atenuando a medida que descienden, y por debajo de los 300 m s.n.m. tienen amplias llanuras de inundación y también se encuentran lagunas de origen fluvial, cochas y charcas de aguas permanentes o temporarias. En la zona del Caribe colombiano hay complejos de ciénagas con una dinámica de pulsos de inundación asociada a la alternancia de temporadas lluviosas y secas (Molina-Giraldo *et al*. 2007). La franja litoral de la región Pacífica desde la mitad de Colombia hacia el norte, es escarpada en forma de acantilados con un clima que va desde muy húmedo en Utría y Juradó, a pluvial en San Juan, Baudó y Alto río Atrato, generalmente con ríos cortos de aguas cristalinas que drenan directamente al mar. La porción sur presenta importantes valles subxerofíticos estrechos y longitudinales a la cordillera occidental, en gran parte de la cuencas de los ríos Dagua y Patía. El resto de la red hidrográfica incluye ríos cortos con dirección oriente-occidente, que en la parte baja son planos formando extensos manglares. El clima en esta franja litoral es cálido y va de muy húmedo a pluvial en la ecoregión de Amarales-Dagua (West 2000, Mesa *et al.* 2016).

En el área de los Andes Tropicales hay 23 humedales de importancia global, reconocidos como sitios Ramsar (Figura 1.2) (www.ramsar.org). Los sitios Ramsar son seleccionados por su rareza o por ser únicos a nivel global y por su importancia para la conservación de la biodiversidad. Nueve de esos sitios están en Ecuador, cinco en Bolivia y Perú y cuatro en Colombia. A continuación se indican los nombres de los sitios por país. Bolivia: Bañados del Izozog y el Río Parapetí, Laguna Concepción, Río Matos, Río Blanco y Río Yata; Perú: Humedal Lucre-Huacarpay, Reserva Nacional Junín, Reserva Nacional

Figura 1.1 Mapa de la ubicación de la región de los Andes Tropicales (tal como fue definida en esta evaluación) y los hotspots de biodiversidad.

Laguna en Complejo de Humedales del Otún, uno de los sitios Ramsar en Colombia. Foto: © Cornelio Bota-Sierra.

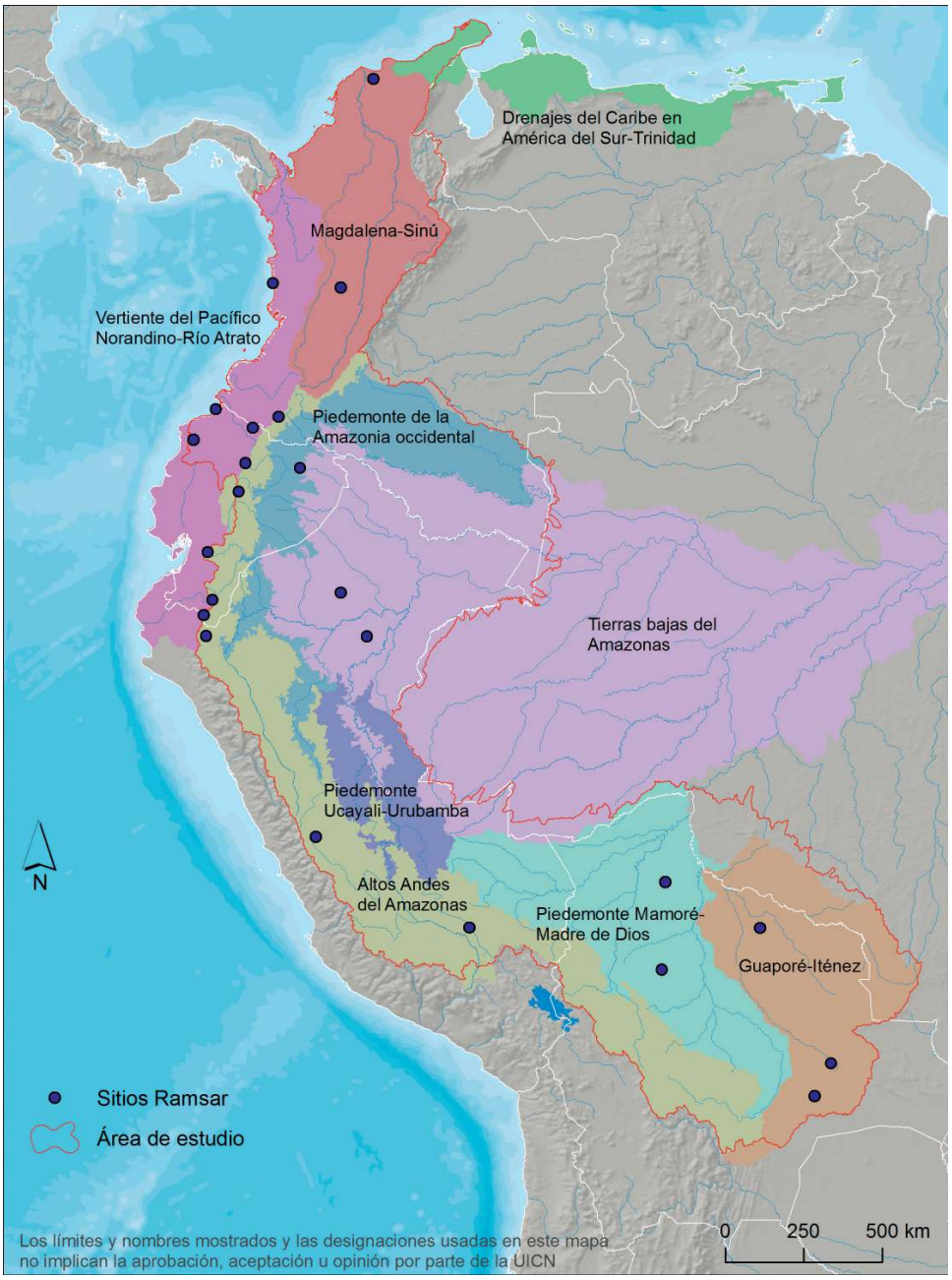


Figura 1.2 Mapa mostrando las ecorregiones de agua dulce (WWF y TNC 2013) y los sitios Ramsar incluidos en la región de los Andes Tropicales.

Pacaya-Samiria, Complejo de Humedales del Abanico del Río Pastaza y Lagunas las Arreviatadas; Ecuador: Sistema Lacustre Yacuri, Sistema Lacustre Lagunas del Compadre, Parque Nacional Cajas, Complejo Llanganti, Complejo de Humedales Ñucanchi Turupamba, Reserva Biológica Limoncocha, Laguna de Cube, Reserva Ecológica de Manglares Cayapas-Mataje y Reserva Ecológica El Ángel; Colombia: Laguna de la Cocha, Complejo de Humedales Laguna del Otún, Delta del Río Baudó y Sistema Delta Estuarino del Río Magdalena-Ciénaga Grande de Santa Marta.

1.2.2 Amenazas a los ecosistemas de agua dulce en la región

Los ecosistemas de agua dulce son los más amenazados del planeta y están cada vez más afectados por el impacto del crecimiento de la población humana y el desarrollo económico (Vörösmarty *et al*. 2010, Russi *et al*. 2013) y la región de los Andes Tropicales no es una excepción a este patrón (CEPF 2015). El riesgo en la seguridad hídrica para las personas y para la biodiversidad de agua dulce en los Andes Tropicales es evidente a partir de un estudio global reciente donde se resumió la intensidad combinada de las amenazas generadas por los humanos (Figura 1.3 a y b) (Vörösmarty *et al*. 2010). El estudio recopiló datos espaciales sobre 23 factores de estrés en los sistemas de agua dulce agrupados en cuatro temas "perturbación de cuencas, contaminación, desarrollo de los recursos hídricos y factores bióticos", los cuales indicarían que más del 80% (4.8 billones de personas) de la población mundial está expuesta a altos niveles de riesgo en cuanto a seguridad hídrica. Para el caso particular del área de este proyecto, se observa que el mayor riesgo, tanto para los humanos como para la biodiversidad, se da en el área

Tabla 1.1 Ecorregiones presentes en los Andes Tropicales (adaptado de Abell *et al.* 2008, WWF y TNC 2013).

Ecorregión	Tipo Principal de Hábitat	Delimitación	Justificación
Vertiente del Pacífico norandino-Río Atrato	Ríos costeros tropicales y subtropicales	Incluye todos los ríos de la vertiente del Pacífico, desde el Golfo de San Miguel, en el oeste de Panamá, hacia el sur a través del Darién panameño, del Chocó de Colombia, y todo el Ecuador occidental hasta la cuenca del río Piura, en el norte de Perú. Incluye también la cuenca del río Atrato que desemboca en el Caribe.	Esta ecorregión comprende un conjunto de peces transandinos distintivos a nivel de especie y, a veces, de género, respecto a sus congéneres en la región cisandina. El alto nivel de alopatría lo convierte en uno de los conjuntos más singulares de peces de agua dulce en el continente suramericano.
Magdalena-Sinú	Ríos de tierras altas tropicales y subtropicales	Esta ecorregión incluye todo el sistema de drenaje del río Magdalena y el río Cauca, que abarca la vertiente oriental de la Cordillera Occidental; las dos vertientes de la Cordillera Central y la vertiente occidental de la Cordillera Oriental y la parte sur, sur-oriental del Macizo de Santa Marta. También incluye el drenaje del río Sinú, enmarcado entre las serranías de Abibe al oriente, la de San Jerónimo al suroccidente y la de San Jacinto y Montes de María al nororiente. Así, este drenaje es independiente de las cuencas tributarias del Magdalena-Cauca, desembocando directamente al Caribe (Galvis *et al.* 2012).	Esta ecorregión está dentro de la región ictiológica del Magdalena, ejemplificada en Géry (1969) y Ringuelet (1975). Contiene un conjunto único de especies de peces, alto grado de endemismo a nivel de especie y la presencia de varios géneros endémicos no relacionados. La cuenca del río Sinú guarda una gran similitud faunística con la parte baja de las cuencas del Magdalena-Cauca y Atrato, no obstante, presenta un número de endemismos importante (Mesa *et al.* 2016).
Drenajes del Caribe en América del Sur-Trinidad	Ríos costeros tropicales y sub-tropicales	Esta ecorregión se extiende desde las laderas norte y este de la Sierra Nevada de Santa Marta, la península de la Guajira al noreste de Colombia, a través del norte de Venezuela hasta la Península de Paria, drenando la vertiente norte de los Andes en Perijá sierras de la costa e isla de Trinidad.	Esta ecorregión abarca un grupo de drenajes que fluyen directamente al mar Caribe, e inlcuyen un conjunto único de peces, aislados de otros grandes sistemas fluviales en el norte de Suramérica. Se encuentra principalmente en la provincia ictiológica Costa del Caribe, identificada en Ringuelet (1975).
Altos Andes del Amazonas	Ríos y arroyos de montaña	La ecorregión incluye drenajes a lo largo de la vertiente oriental de los Andes por encima de los 800 m, que vierten en la cuenca del Amazonas. Se extiende desde el río Caguán en Colombia hacia el sur hasta el río Grande, afluente del Mamoré en Bolivia.	Esta ecorregión está comprendida en la provincia ictiológica Norandina definida por Ringuelet (1975) y dentro de la región ictiológica Andina definida por Géry (1969). Contiene especies distintivas de bagres astroblépidos de gran altura. También se distingue por los ríos que desembocan en la cuenca del Amazonas.
Piedemonte de la Amazonia occidental	Ríos y arroyos de montaña	Esta ecorregión abarca una zona de transición entre las tierras bajas del Amazonas y los Andes en la parte occidental de la Amazonia, incluyendo drenajes entre la cuenca del río Apaporis en el norte y la cuenca del Marañón hacia el sur.	Esta ecorregión se encuentra en la provincia ictiológica Amazonas delimitada en Ringuelet (1975), y más ampliamente dentro de la región Guayano-Amazónica (Géry 1969, Ringuelet 1975).
Tierras Bajas del Amazonas	Ríos tropicales y subtropicales de llanuras de inundación y complejos de humedales	Esta ecorregión incluye la llanura de inundación del Amazonas y afluentes que fluyen a través de los terrenos de baja elevación de la cuenca sedimentaria del Amazonas, entre el Escudo Brasileño al sur, el Escudo de Guayana al norte y el piedemonte andino hacia el oeste.	La ecorregión está dentro de la región ictiológica Guayano-Amazónica y más concretamente dentro de la provincia ictiológica Amazónica (Géry 1969, Ringuelet 1975). Contiene una composición única de comunidades ricas y diversas de fauna de grandes ríos de tierras bajas, asociadas a la extensa planicie de inundación estacional del cauce principal del Amazonas.

Ecorregión	Tipo Principal de Hábitat	Delimitación	Justificación
Piedemonte Ucayali-Urubamba	Ríos y arroyos de montaña	Esta ecorregión abarca una zona de transición entre las tierras bajas del Amazonas y los Andes en la Amazonía occidental a lo largo de la cuenca del Ucayali-Urubamba. Incluye partes de la cuenca inferior y superior de los ríos Ucayali, Aguaytía, Pachitea, Tamaya, Urubamba, Perené, Ene, Tambo y Apurímac, entre 250 y 750 m de altitud.	Esta ecorregión está en una zona de transición entre la región ictiológica Guyano-Amazónica y la región ictiológica Andina (Géry 1969, Ringuelet 1975).
Piedemonte Mamoré-Madre de Dios	Ríos de tierras altas tropicales y sub-tropicales	Esta ecorregión incluye la porción occidental superior del sistema del río Madeira, desde el drenaje Beni-Madre de Dios en el norte hasta la cuenca del río Mamoré en el sur.	Esta ecorregión está dentro de la región ictiológica Guayano-Amazónica, y más concretamente dentro de la provincia ictiológica Amazónica (Géry 1969, Ringuelet 1975).
Guaporé-Iténez	Ríos de tierras altas tropicales y sub-tropicales	Esta ecorregión incluye todo el drenaje Guaporé-Iténez aguas arriba de Costa Marques, incluyendo la cuenca del río San Itonamas.	Esta ecorregión está dentro de la región ictiológica Guayano-Amazónica, y más concretamente dentro de la provincia ictiológica Amazónica (Géry 1969, Ringuelet 1975). Abarca la parte sur de la cuenca del río Madeira, el mayor afluente del Amazonas.

Río Tuichi, tributario en la cuenca alta del río Beni, Bolivia. Foto: © Fernando M. Carvajal-Vallejos.

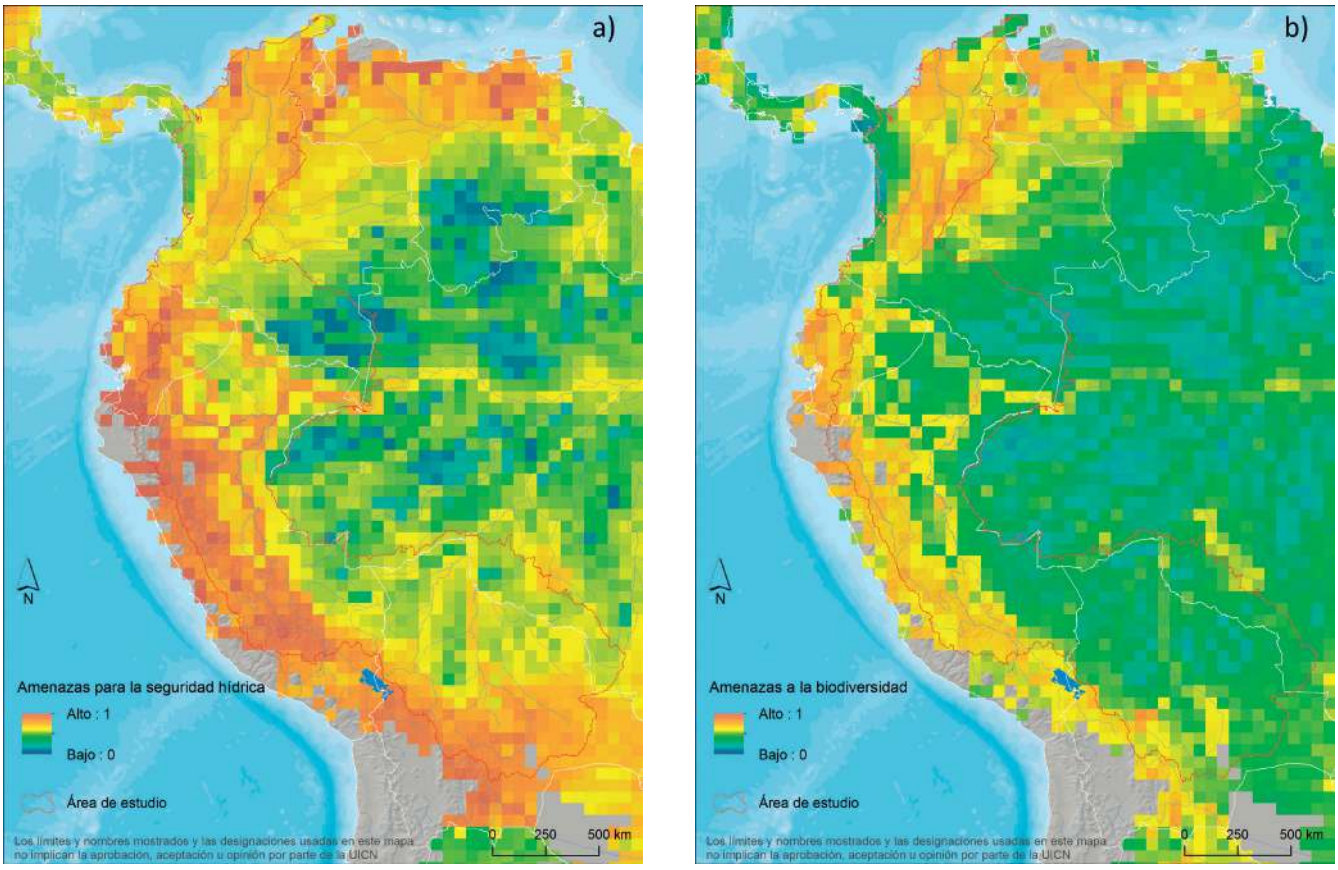


Figura 1.3 Intensidad relativa de la incidencia de las amenazas para la seguridad del agua en: a) humanos (teniendo en cuenta las inversiones beneficiosas en infraestructura y b) biodiversidad de agua dulce. Datos de Vörösmarty *et al.* (2010), disponibles en www.riverthreat.net.

andina y el piedemonte andino de Bolivia, Perú y Ecuador y en casi en toda la cuenca de los ríos Magdalena-Cauca en Colombia (Figura 1.3 a y b).

La vulnerabilidad de la biodiversidad dulceacuícola surge del hecho de que el agua dulce es un recurso que puede ser extraído, desviado, contenido o contaminado por los seres humanos de manera que ponen en peligro su valor como hábitat para las especies (Dudgeon 2012). La extracción de agua para agricultura es uno de los principales usos por los humanos, con un promedio de 70% a nivel global, y pudiendo ser mayor al 90% en países en vías de desarrollo (WWAP 2015). De acuerdo con los datos del programa AQUASTAT de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm), el uso de agua para regadío y ganadería en los países de la región de estudio varía entre 54% y 91% (Bolivia 91%, Colombia 54%, Ecuador 81% y Perú 89%). En comparación, el promedio de utilización del agua para energía es de 15%. Se espera que la demanda de agua en todos los sectores de la producción crezca a medida que aumenta la población y, para el 2030, el déficit de agua a nivel global podría ser del 40% (WWAP 2015).

El impacto de la agricultura sobre los ecosistemas acuáticos no solo se refleja en la extracción de agua para riego, sino también en la conversión de hábitats para esta actividad y las consecuencias que trae aparejado, tales como la erosión de suelos y sedimentación de cauces y la contaminación por los productos agroquímicos que escurren hacia los cuerpos de agua o drenan a las aguas subterráneas. Las actividades de agricultura en el hotspot de los Andes Tropicales se concentran principalmente en los valles interandinos de Colombia y Ecuador y, en menor medida en Perú y Bolivia (CEPF 2015). En la región Amazónica de los cuatro países incluidos en este estudio, la pérdida de bosques originales en el periodo 2000 a 2013 y la acumulada histórica (entre paréntesis) alcanzó el 3.1% (7.3%) en Bolivia, 2.4% (9.9%) en Colombia, 1.2% (10.7%) en Ecuador y 2.0% (9.1%) en Perú (RAISG 2015). La agricultura y la ganadería aparecen como las principales causas de la deforestación reciente en Bolivia y Perú, mientras que en Colombia es la agricultura y la minería ilegal y en Ecuador la explotación de petróleo (RAISG 2015).

El efecto de la contaminación de cuerpos de agua dulce por pesticidas usados en agricultura no había sido cuantificado hasta ahora, pero un estudio reciente (Stehle y Schulz 2015), muestra que las concentraciones de pesticidas legalmente permitidas podrían reducir en hasta un 30% la riqueza de macroinvertebrados acuáticos. En una revisión global sobre la aplicación de pesticidas, incluyendo más de 800 publicaciones en 73 países, los autores

Alteración de la ribera, alta carga de sedimentos y agricultura de arroz en la región de Natagaima, cuenca alta del río Magdalena.
Foto: © José Iván Mojica.

encontraron que en más del 50% de los casos la concentración de insecticidas excedía los niveles permitidos (Stehle y Schulz 2015). Esto tiene importantes implicaciones para las regulaciones y control de la aplicación de pesticidas. En otro estudio donde se modeló la escorrentía potencial de agroquímicos desde campos de cultivo a nivel global, se identificaron hotspots de contaminación por insecticidas que representan un alto riesgo para los cuerpos de agua (Ippolito *et al*. 2015). El mapa de escorrentía potencial de insecticidas que se presenta en ese estudio muestra que los ecosistemas dulceacuícolas de toda la región andina de los Andes Tropicales y la cuenca de los ríos Magdalena-Cauca están en muy alto riesgo de contaminación como consecuencia de las actuales prácticas agrícolas (Ippolito *et al*. 2015).

La contaminación de los cuerpos de agua por minería y petróleo es particularmente importante en la región amazónica de Bolivia, Perú, Ecuador y Colombia, mientras que en este último país, la minería ilegal también impacta fuertemente en la vertiente del Pacífico. El incremento en el precio global del oro generó una explosión de la minería, en gran parte ilegal, en varios de los países andinos. Por ejemplo, en el Departamento Madre de Dios en Perú, al menos 30 000 personas trabajan en las minas de oro (Fraser 2009, Ashe 2012). Sin embargo, el número real se desconoce porque la mayoría de las actividades mineras en esa área son ilegales. El uso de mercurio en este tipo de minería contamina las aguas y los organismos que allí habitan. Esto presenta un gran problema para la fauna y también para los humanos, ya que el mercurio y otros contaminantes derivados de la minería no son biodegradables y se acumulan en los tejidos animales (p. ej. peces) que luego son consumidos por las personas. Estudios recientes muestran que las poblaciones humanas que se alimentan de pescado en las áreas afectadas por minería tienen concentraciones de mercurio superiores a lo sugerido por organismos de salud (Gracia *et al*. 2010, Yard *et al*. 2012, González-Merizalde *et al*. 2016).

El relieve de la región andino-amazónica, sumado a la elevada disponibilidad de agua, hace que el área tenga un alto potencial para la generación de energía hidroeléctrica. Efectivamente, el 73% de la electricidad en los países andinos (Bolivia, Perú, Ecuador y Colombia) proviene de la energía hidroeléctrica (Comunidad Andina 2010). Y, si bien el represamiento de ríos provee una importante fuente de energía y agua para riego y para consumo, también tiene impactos sociales y ambientales significativos. Las principales consecuencias de la construcción de represas son la fragmentación de los ríos y la regulación del flujo agua, produciendo una disminución de la conectividad natural y cambio físico-químicos en el agua que alteran los procesos ecológicos (Finer y Jenkins 2012, Grill *et al*. 2015). Estos cambios, invariablemente, reducen la biodiversidad de agua dulce y bloquean el movimiento de las especies migratorias (Winemiller *et al*. 2016). En el caso particular de los peces de agua

Actividades mineras en el río Beni, Bolivia. Foto: © Fernando M. Carvajal-Vallejos.

dulce, esto podría tener importantes efectos en las pesquerías, dado que muchas especies de gran valor migran cientos de kilómetros en respuesta a los pulsos de agua estacionales (Pelicice *et al*. 2015, Duponchelle *et al*. 2016). Por ejemplo, el desarrollo hidroeléctrico en los ríos andinos de la cuenca Magdalena-Cauca en Colombia ha generado cambios en los sistemas acuáticos que han influido en la estructura de los ensamblajes de peces y en la dinámica de migración-reproducción de las especies importantes para la pesca artesanal y comercial (Jiménez-Segura *et al*. 2014). Esto, a su vez, impacta sobre el bienestar de las comunidades locales y regionales, dado que dependen de la pesca como principal fuente de alimento y de ingreso económico. Por lo tanto, se necesita una planificación estratégica integrada, a nivel de cuenca, con el objetivo de encontrar un equilibrio entre el aprovechamiento de los recursos hídricos para la generación de energía y el impacto sobre la biodiversidad y los ecosistemas dulceacuícolas (Finer y Jenkins 2012, Grill *et al*. 2015, Winemiller *et al*. 2016).

Además del impacto directo de los factores de amenaza mencionados, el cambio climático actuará de manera sinérgica, potenciando las consecuencias sobre los ecosistemas dulceacuícolas. El efecto del cambio climático sobre estos ecosistemas tendrá impactos significativos, no solo sobre la biodiversidad, sino también sobre las poblaciones humanas que dependen de los servicios ecosistémicos que suministran (Dudgeon 2012). Debido a que, en general, las especies de agua dulce tienen distribuciones aisladas, el impacto de las variaciones en la temperatura o condiciones físico-químicas del agua producto del cambio climático podría ser muy grande, ya que no pueden adaptarse a través de movimientos compensatorios hacia hábitats más fríos o hacia áreas más altas (Strayer y Dudgeon 2010). Para el caso particular de los Andes Tropicales, no existen prácticamente estudios del efecto del cambio climático sobre la biodiversidad de agua dulce (Schoolmeester *et al*. 2016). Sin embargo, a nivel de bioma, se estima que el páramo será uno de los más afectados por el cambio en el clima, con una pérdida del 31% predicha para el 2050 (Tovar *et al*. 2013). Dado que este bioma es muy importante en la provisión de agua para las millones de personas que viven aguas abajo, su pérdida traería consecuencias graves para el bienestar humano (Armijos y de Bièvre 2014).

1.2.3 Uso regional y valoración de los ecosistemas dulceacuícolas y su biodiversidad

La importancia de los ecosistemas dulceacuícolas para la sociedad y la economía se puede apreciar fácilmente al considerar la gran variedad de bienes y servicios vitales que proveen para la subsistencia humana, incluyendo provisión de agua para uso doméstico, industrial y agropecuario, provisión de energía,

alimento, captación de carbono, navegación, además de servicios culturales y de recreación. Si bien es muy difícil establecer un valor monetario a estos servicios, distintas estimaciones estarían indicando que el valor de los bienes y servicios provistos por los ecosistemas de agua dulce rondaría entre 4 y 15 trillones de dólares estadounidenses por año (Millenium Ecosystem Assessment 2005, Constanza *et al*. 2014).

Los lagos, lagunas y humedales de altura, por ejemplo, en los páramos, jalcas y bofedales actúan como reguladores y reservorios hídricos de las aguas provenientes del deshielo de glaciares, que luego es utilizada por las comunidades para consumo, riego y producción de energía. Sin embargo, las actividades humanas en estas regiones están generando modificaciones en el uso de la tierra que alteran la hidrología y tienden a reducir la capacidad de regulación de caudales de los sistemas naturales (Crespo *et al*. 2014). Además, los retornos financieros de actividades tales como pastoreo y plantaciones de pino en los ecosistemas de jalca, son menores que los servicios ecosistémicos suministrados, especialmente la provisión de agua (Raboin y Posner 2014). Estos estudios ponen de relieve la importancia de estos ecosistemas y la necesidad de un uso sostenible de los mismos.

Pescadores en la subienda (migración de peces desde las ciénagas hacia la cabecera de los ríos) en Bocas del Carare, río Magdalena, Colombia. Foto: © Cornelio Bota-Sierra.

La pesca artesanal es fundamental para las economías rurales, contribuyendo a la seguridad alimentaria y el alivio de la pobreza. Por ejemplo, los peces de agua dulce representan más del 50% de la ingesta de proteína animal en comunidades rurales de Perú (McClain *et al*. 2001). Efectivamente, se ha demostrado que la pesca artesanal en la Amazonía peruana provee una red de contención para las comunidades rurales en los casos de desastres ambientales, tales como inundaciones e incendios (Coomes *et al*. 2010). La pesca continental comercial es también una importante fuente de ingresos para las economías regionales y nacionales en los países andinos. Para Colombia, por ejemplo, se estima que esta actividad involucra a más de 150 000 pescadores que en la última década aportaron 17.3% de la producción nacional, reflejada en ingresos económicos (40% de un salario mínimo) y soporte alimentario (Gutiérrez *et al*. 2011). Sin embargo, este recurso se estima que ha disminuido en un 60% (Gutiérrez *et al*. 2011). Finalmente, la pesca ornamental también representa fuentes de ingresos importantes para las comunidades locales y regionales. Sin embargo, a pesar de la importancia y del potencial que representan para la región, el conocimiento sobre las especies explotadas como ornamentales es pobre (Agudelo *et al*. 2011).

1.3 Objetivos de este estudio

La carencia de información básica sobre la distribución, estado de conservación y vulnerabilidad al cambio climático de la biodiversidad de agua dulce de los Andes Tropicales representa un impedimento para que sea considerada en los planes de manejo y conservación regionales y nacionales. Por ello, los principales objetivos de este estudio son:

a) Compilar información para evaluar el estado de conservación, distribución y vulnerabilidad al cambio climático de la biodiversidad de agua dulce (libélulas, moluscos, peces y plantas acuáticas) de los Andes Tropicales.
b) Identificar y delimitar Áreas Clave para la Biodiversidad de agua dulce que sirvan para orientar las prioridades de conservación en la región.
c) Almacenar, gestionar, analizar y difundir ampliamente la información compilada a través de la Lista Roja de la UICN y sus miembros y socios, para que pueda ser utilizada en proyectos de investigación, conservación y desarrollo.

1.4 Referencias

Abell, R., Thieme, M.L., Revenga, C., Bryer, M., Kottelat, M., Bogutskaya, N., Coad, B., Mandrak, N., Balderas, S.C., Bussing, W. y Stiassny, M.L. 2008. Freshwater ecoregions of the world: a new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. *BioScience*, 58(5): 403-414.

Agudelo, E., Sánchez, C., Rodríguez, C., Bonilla-Castillo, C.A. y Gómez, G. 2011. Diagnóstico de la pesquería en la cuenca del Amazonas. En: C.A. Lasso, F. de P. Gutiérrez, M.A. Morales-Betancourt, E. Agudelo, H. Ramírez-Gil y R.E. Ajiaco-Martínez (eds.). *II. Pesquerías continentales de Colombia: cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertiente del Pacífico. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia*, pp. 143-166. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.

Allen, D.J., Smith, K.G., y Darwall, W.R.T. (Compilers). 2012. *The Status and Distribution of Freshwater Biodiversity in Indo-Burma*. IUCN, Cambridge, UK and Gland, Switzerland.

Armijos, M.T. y de Bièvre, B. 2014. El páramo como proveedor de servicio ambiental primordial, el agua. En: F. Cuesta, J. Sevink, L.D. Llambí, B. de Bièvre y J. Posner (eds.) *Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos*, pp. 197-204. Condesan, Lima, Perú y Quito, Ecuador.

Ashe, K., 2012. Elevated mercury concentrations in humans of Madre de Dios, Peru. *PloS one*, 7(3), p.e33305.

Balian, E.V., Segers, H., Lévêque, C. y Martens, K. 2008. The freshwater animal diversity assessment: an overview of the results. *Hydrobiologia*, 595(1): 627-637.

CEPF. 2015. *Perfil de Ecosistema: Hotspot de Biodiversidad de los Andes Tropicales*.

Collen, B., Whitton, F., Dyer, E.E., Baillie, J.E., Cumberlidge, N., Darwall, W.R., Pollock, C., Richman, N.I., Soulsby, A.M. y Böhm, M. 2014. Global patterns of freshwater species diversity, threat and endemism. *Global Ecology and Biogeography*, 23(1): 40-51.

Comunidad Andina 2010. *El agua de los Andes. Un recurso clave para el desarrollo e integración de la región*. Secretaria General de la Comunidad Andina, Lima, Perú.

Coomes, O.T., Takasaki, Y., Abizaid, C. y Barham, B.L. 2010. Floodplain fisheries as natural insurance for the rural poor in tropical forest environments: evidence from Amazonia. *Fisheries Management and Ecology*, 17(6): 513-521.

Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski, I., Farber, S. y Turner, R.K. 2014. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26: 152-158.

Crespo P, Célleri, R., Buytaert, W., Ochoa, B., Cárdenas, I., Iñiguez, V., Borja, P. y de Bièvre, B. 2014. Impactos del cambio de uso de la tierra sobre la hidrología de los páramos húmedos andinos. En: F. Cuesta, J. Sevink, L.D. Llambí, B. de Bièvre y J. Posner (eds.) *Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos*, pp. 287-304. Condesan, Lima, Perú y Quito, Ecuador.

Darwall, W.R.T., Smith, K.G., Allen, D.J., Holland, R.A, Harrison, I.J., y Brooks, E.G.E. (eds.). 2011. *The Diversity of Life in African Freshwaters: Under Water, Under Threat. An analysis of the status and distribution of freshwater species throughout mainland Africa*. Cambridge, United Kingdom and Gland, Switzerland: IUCN.

Darwall, W., Carrizo, S., Numa, C., Barrios, V., Freyhof, J. y Smith, K. 2014. *Freshwater Key Biodiversity Areas in the Mediterranean Basin Hotspot: Informing species conservation and development planning in freshwater ecosystems*. Cambridge, UK and Malaga, Spain: IUCN.

Dudgeon, D. 2012. Threats to freshwater biodiversity globally and in the Indo-Burma Biodiversity Hotspot. En: D.J. Allen, K.G. Smith, y W.R.T. Darwall (eds.), *The Status and Distribution of Freshwater Biodiversity in Indo-Burma*, pp. 1-25. Cambridge, UK and Gland, Switzerland: IUCN

Duponchelle, F., Pouilly, M., Pécheyran, C., Hauser, M., Renno, J.F., Panfili, J., Darnaude, A.M., García-Vasquez, A., Carvajal-Vallejos, F., García-Dávila, C. y Doria, C. 2016. Trans-Amazonian natal homing in giant catfish. *Journal of Applied Ecology*, (en prensa).

Finer, M. y Jenkins, C.N. 2012. Proliferation of hydroelectric dams in the Andean Amazon and implications for Andes-Amazon connectivity. *PLoS ONE*, 7(4): e35126.

Fraser, B. 2009. Peruvian gold rush threatens health and the environment. *Environmental science and technology*, 43(19): 7162-7164.

Freyhof, J. y Brooks, E. 2011. *European Red List of Freshwater Fishes*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Galvis, G., Mesa S., L.M. y Lasso, C.A. 2012. Biogeografía continental colombiana: un enfoque desde la hidrografía. En: V.P. Páez, M.A. Morales-Betancourt, C.A. Lasso, O.V. Castaño-Mora y B.C. Bock (eds.) *V. Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia*, pp. 81-90. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.

González-Merizalde, M.V., Menezes-Filho, J.A., Cruz-Erazo, C.T., Bermeo-Flores, S.A., Sánchez-Castillo, M.O., Hernández-Bonilla, D. y Mora, A. 2016. Manganese and Mercury Levels in Water, Sediments, and Children Living Near Gold-Mining Areas of the Nangaritza River Basin, Ecuadorian Amazon. *Archives of environmental contamination and toxicology*, pp.1-12.

Gracia, H., Marrugo, N., Alvis, R. y Erasmo, M. 2010. Contaminación por mercurio en humanos y peces en el municipio de Ayapel, Córdoba, Colombia, 2009. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 28(2): 118-124.

Grill, G., Lehner, B., Lumsdon, A.E., MacDonald, G.K., Zarfl, C. y Liermann, C.R. 2015. An index-based framework for assessing patterns and trends in river fragmentation and flow regulation by global dams at multiple scales. *Environmental Research Letters*, 10(1): 015001.

Gutiérrez, F. de P., Lasso, C.A. y Morales-Betancourt, M.A. 2011. Introducción. En: C.A. Lasso, F. de P. Gutiérrez, M.A. Morales-Betancourt, E. Agudelo, H. Ramírez-Gil y R.E. Ajiaco-Martínez (eds.). *II. Pesquerías continentales de Colombia: cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertiente del Pacífico. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia*, pp. 29-32. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.

Ippolito, A., Kattwinkel, M., Rasmussen, J.J., Schäfer, R.B., Fornaroli, R. y Liess, M. 2015. Modeling global distribution of agricultural insecticides in surface waters. *Environmental Pollution*, 198: 54-60.

Jiménez-Segura, L.F., Restrepo-Santamaría, D., López-Casas, S., Delgado, J., Valderrama, M., Álvarez, J. y Gómez, D. 2014. Ictiofauna del sector hidroeléctrico en la cuenca del río Magdalena-Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*, 15(2): 3-25.

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, Perú y Venezuela*. Secretaría General de la Comunidad Andina, Programa Regional ECOBONA-Intercooperation, CONDESAN-Proyecto Páramo Andino, Programa BioAndes, EcoCiencia, NatureServe, IAvH, LTA-UNALM, ICAE-ULA, CDC-UNALM, RUMBOL SRL. Lima.

Maldonado, M., Maldonado-Ocampo, J.A., Ortega, H., Encalada, A.C., Carvajal-Vallejos, F.M., Rivadeneira, J.F., Acosta, F., Jacobsen, D., Crespo, Á. & Rivera-Rondón, C.A. (2012). Diversidad en los sistemas acuáticos. En: Herzog, S.K., Martínez, R., Jørgensen, P.M. y Tiessen, H. (eds). *Cambio Climático y Biodiversidad en los Andes Tropicales*, pp. 325-347. Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE).

McClain, M.E., Aparicio, L.M. y Llerena, C.A, 2001. Water use and protection in rural communities of the Peruvian Amazon basin. *Water International*, 26(3): 400-410.

Mesa S., L.M., Corzo, G., Hernández-Manrique, O.L. y Lasso, C.A. 2016. Ecorregiones dulceacuícolas de Colombia: una propuesta para la planificación territorial. *Biota Colombiana*, (en prensa).

Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Wetlands and Water Synthesis*. Washington, DC: World Resources Institute.

Mittermeier, R.A., Gil, P.R., Hoffman, M., Pilgrim, J., Brooks, T.M., Mittermeier, C.G., Lamoreux, J. y da Fonseca, G. 2005. *Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*. Cemex, Mexico City.

Molina Giraldo, N., Torres, C.P. y Toro, Á.W. 2007. Evaluación del comportamiento hídrico de la ciénaga de Cachimbero, implementando un modelo de balances de flujo. *Revista Facultad de Ingeniería*, (39): 56-68.

Molur, S., Smith, K.G., Daniel, B.A. y Darwall, W.R.T. 2011. *The status and distribution of freshwater biodiversity in the Western Ghats, India*. IUCN, Cambridge, UK and Zoo Outreach Organisation, Coimbatore, India.

Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Da Fonseca, G.A. y Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772): 853-858.

Pelicice, F.M., Pompeu, P.S. y Agostinho, A.A. 2015. Large reservoirs as ecological barriers to downstream movements of Neotropical migratory fish. *Fish and Fisheries*, 16(4): 697-715.

Raboin, M. y Posner, J. 2014. ¿Pino, pasto o área protegida? Costos y beneficios estimados del cambio de uso del suelo en los Andes peruanos.

En: F. Cuesta, J. Sevink, L.D. Llambí, B. de Bièvre y J. Posner (eds.) *Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos*, pp. 443-465. Condesan, Lima, Perú y Quito, Ecuador.

RAISG. 2015. *Deforestación en la Amazonía (1970-2013)*. (www.raisg.socioambiental.org)

Russi, D., ten Brink, P., Farmer, A., Badura, T., Coates, D., Förster, J., Kumar, R. y Davidson, N. 2013. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity for Water and Wetlands*. London and Brussels: Institute for European Environmental Policy; Gland: Ramsar Secretariat.

Schoolmeester, T., Saravia, M., Andresen, M., Postigo, J., Valverde, A., Jurek, M., Alfthan, B. y Giada, S. 2016. *Outlook on Climate Change Adaptation in the Tropical Andes mountains. Mountain Adaptation Outlook Series*. United Nations Environment Programme, GRID-Arendal and CONDESAN. Nairobi, Arendal, Vienna and Lima.

Smith, K.G., Barrios, V., Darwall, W.R.T. y Numa, C. (eds.). 2014. *The Status and Distribution of Freshwater Biodiversity in the Eastern Mediterranean*. Cambridge, UK, Malaga, Spain and Gland, Switzerland: IUCN.

Stehle, S. y Schulz, R. 2015. Agricultural insecticides threaten surface waters at the global scale. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(18): 5750-5755.

Strayer, D.L. y Dudgeon, D. 2010. Freshwater biodiversity conservation: recent progress and future challenges. Journal of the North American *Benthological Society*, 29(1): 344-358.

Thieme, M.L., Turak, E., McIntyre, P., Darwall, W., Tockner, K., Cordeiro, J. y Butchart, S.H.M. 2010. Freshwater ecosystems under threat: the ultimate hotspot. En: R.A. Mittermeier, T. Farrell, I.J. Harrison, A.J. Upgren y T. Brooks. (eds.), *Fresh Water The Essence of Life,* pp.123-151. Cemex Conservation, Book Series: 18. Conservation International, Arlington, USA.

Tovar, C., Arnillas, C.A., Cuesta, F. y Buytaert, W. 2013. Diverging responses of tropical Andean biomes under future climate conditions. *PloS one*, 8(5): e63634.

UICN. 2012. *Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1*. Segunda edición. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido: UICN.

Vörösmarty, C.J., McIntyre, P.B., Gessner, M.O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S.E., Sullivan, C.A., Liermann, C.R. y Davies, P.M. 2010. Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, 467: 555-561.

West, R.C. 2000. *Las tierras bajas del Pacífico colombiano*. Instituto Colombiano de Antropología e Historia. Imprenta Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Winemiller, K.O., McIntyre, P.B., Castello, L., Fluet-Chouinard, E., Giarrizzo, T., Nam, S., Baird, I. G., Darwall, W., Lujan, N.K., Harrison, I., Stiassny, M.L.J., Silvano, R.A. M., Fitzgerald, D.B., Pelicice, F.M., Agostinho, A.A., Gomes, L.C., Albert, J.S., Baran, E., Petrere, M., Zarfl, C., Mulligan, M., Sullivan, J.P., Arantes, C.C., Sousa, L.M., Koning, A.A., Hoeinghaus, D.J., Sabaj, M., Lundberg, J.G., Armbruster, J., Thieme, M.L., Petry, P., Zuanon, J., Vilara, G. Torrente, Snoeks, J., Ou, C., Rainboth, W., Pavanelli, C.S., Akama, A., van Soesbergen, A. y Sáenz, L. 2016. Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science*, 351(6269): 128-129.

WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2015. *The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World*. UNESCO, Paris.

WWF. 2014. *Living Planet Report 2014: species and spaces, people and places*. R. McLellan, L. Iyengar, B. Jeffries y N. Oerlemans (eds.). WWF, Gland, Switzerland.

WWF y TNC. 2013. *The Freshwater Ecoregions of the World*. www.feow.org/

Yard, E.E., Horton, J., Schier, J.G., Caldwell, K., Sanchez, C., Lewis, L. y Gastañaga, C. 2012. Mercury exposure among artisanal gold miners in Madre de Dios, Peru: a cross-sectional study. *Journal of Medical Toxicology*, 8(4): 441-448.

Capítulo 2. Metodología de evaluación del riesgo de extinción de las especies

Marcelo F. Tognelli[1], Kevin G. Smith[1] y William R. T. Darwall[2]

2.1 Selección de los grupos prioritarios 13
2.1.1 Peces 14
2.1.2 Moluscos 14
2.1.3 Libélulas 14
2.1.4 Plantas acuáticas 14
2.2 Delimitación de la región de los Andes Tropicales 14
2.3 Recopilación de datos y control de calidad 15
2.4 Mapeo de distribución de especies 17
2.5 Evaluación del riesgo de extinción de las especies 19
2.6 Nomenclatura 19
2.7 Áreas Clave para la Biodiversidad y vulnerabilidad de las especies al cambio climático 19
2.8 Referencias 21

2.1 Selección de los grupos prioritarios

En general, las evaluaciones del riesgo de extinción de las especies se han enfocado en un número limitado de grupos taxonómicos, ya sea por su utilidad para la población humana, o bien por tener especies carismáticas, tales como los mamíferos, aves y anfibios. En el caso de especies dependientes de ecosistemas de agua dulce, las aves y los peces son los que han recibido mayor atención. Por lo tanto, es necesario tener un enfoque más integral a la hora de compilar la información y tener en cuenta a aquellos grupos que, si bien no son carismáticos, son representativos de la cadena alimentaria en los ecosistemas dulceacuícolas y esenciales para mantener el funcionamiento saludable de esos sistemas. Sin embargo, no es práctico evaluar el estado de conservación y distribución de todas las especies de agua dulce, por lo que se necesita hacer una selección de grupos prioritarios a evaluar. En función de esto, se seleccionaron los siguientes grupos taxonómicos para evaluar: peces de agua dulce, moluscos de agua dulce, libélulas y plantas acuáticas. Estos grupos se seleccionaron porque son representativos de distintos niveles tróficos de los ecosistemas de agua dulce y porque se considera que poseen un nivel razonable de información para su evaluación. En el caso particular de este reporte, se incluyen solamente las especies endémicas del área de estudio, dado que las que ocurren también en otras regiones solo tienen una evaluación parcial (i. e. falta evaluar su rango fuera del área de estudio).

Aunque las plantas y los peces de agua dulce proveen claros beneficios para mucha gente en distintas partes del mundo, ya sea como alimento o fuente de ingreso (Juffe-Bignoli y Darwall 2012), los beneficios provistos por los otros grupos taxonómicos son indirectos y no fácilmente visibles y cuantificables, pero no por ello menos importantes. Dado el amplio espectro de niveles tróficos y funciones ecológicas que abarcan estos cuatro grupos taxonómicos, la información sobre sus distribuciones y estado de conservación, una vez combinada, va a proporcionar un indicador sumamente útil del estado general de los ecosistemas dulceacuícolas en el área de estudio.

El estado de conservación y distribución de estos grupos taxonómicos ha sido evaluado en otras regiones del mundo. Por lo tanto, las evaluaciones realizadas en el contexto de este proyecto regional, van a contribuir a llenar vacíos de información en la cobertura global de evaluaciones de la biodiversidad de agua dulce. Evaluaciones de la biodiversidad de agua dulce en otras regiones se han llevado a cabo en África (Darwall *et al*. 2011), varias regiones de Asia (p.ej. Allen *et al*. 2010, 2012, Molur *et al*. 2011), y Europa (Smith y Darwall 2006, Riservato *et al*. 2009, Cuttelod *et al*. 2011, Freyhof y Brooks 2011, Smith *et al*. 2014). Los reportes de estas evaluaciones están disponibles en línea para bajar desde el siguiente enlace: http://www.iucn.org/theme/species/our-work/our-work/freshwater-biodiversity/what-we-do. Las fichas de evaluación y los mapas de distribución de las especies se pueden ver en el sitio web de la Lista Roja de la UICN (www.iucnredlist.org).

1 IUCN-CI Biodiversity Assessment Unit. Global Species Programme. The Betty and Gordon Moore Center for Science. Conservation International. 2011 Crystal Dr., Suite 500. Arlington, VA 22202, USA. Email: marcelo.tognelli@iucn.org
2 IUCN Global Species Programme. The David Attenborough Building. Pembroke Street, Cambridge, CB2 3QZ UK

2.1.1 Peces

Sin lugar a dudas, los peces de agua dulce son el grupo más relevante dada su importancia para los humanos. Se estima que los peces de agua dulce proveen aproximadamente un 6% de la ingesta de proteína animal anual consumida por los humanos (FAO 2007). Esto es especialmente importante para la seguridad alimentaria en áreas rurales remotas, tal como lo indica el hecho de que ~38% de las pesquerías de aguas continentales proviene de los 71 países de menor ingreso y con déficits alimentarios (Welcomme 2011). Los peces ornamentales son también una importante fuente de ingreso para los pescadores locales. Por ejemplo, en el año 2010, Colombia exportó aproximadamente 19 millones de ejemplares por un valor de 8.5 millones de dólares estadounidenses (Ajiaco-Martínez *et al*. 2012).

A los fines de esta evaluación, se define como peces de agua dulce aquellas especies que pasan todo, o una parte crítica de su ciclo de vida en agua dulce. En esta evaluación se incluyen 666 especies de peces endémicos de los Andes Tropicales. Previo a esta evaluación, solamente había 17 especies endémicas incluidas en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN para la región.

2.1.2 Moluscos

Los moluscos son uno de los grupos más diversos y amenazados dentro de las especies de agua dulce (Darwall *et al*. 2011). En general, no son carismáticos y no son tenidos en cuenta, excepto cuando se mencionan a algunas especies como invasoras o vectores de parásitos de enfermedades para el ganado o las personas. En algunos casos, sin embargo, algunas especies son consumidas por las poblaciones locales y representan una importante fuente de ingesta de proteínas. El valor de los moluscos para los ecosistemas dulceacuícolas no es apreciado, pero juegan un papel esencial en el funcionamiento y mantenimiento de estos sistemas, principalmente por su contribución a la calidad del agua y reciclado de nutrientes a través de su alimentación por filtro, consumo de algas y en menor medida, como alimento para otras especies en el ecosistema (Vaughn *et al*. 2004, Vaughn 2010, Prather *et al*. 2013). Debido a que la mayoría de las especies en la región de estudio tienen distribuciones relativamente amplias, que van más allá de los Andes Tropicales, solo se evaluaron 34 especies endémicas de moluscos de agua dulce en este proyecto. Antes de esta evaluación, solo había 12 especies incluidas en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN para la región.

2.1.3 Libélulas

Las larvas de la mayoría de las especies de libélulas dependen de ecosistemas de agua dulce. Al desarrollarse en el agua, juegan un papel fundamental en lo que respecta a la calidad del agua, el ciclo de nutrientes y la estructura del hábitat acuático. Además, como son predadores voraces, suelen ser consideradas importantes en el control de especies de insectos plaga. A pesar de que su ciclo de vida no está estrictamente restringido a los ecosistemas dulceacuícolas, son susceptibles a modificaciones en

Macho de *Teinopodagrion temporale*, especie endémica de la Cordillera Central de Colombia. Foto: © Cornelio Bota-Sierra.

los ambientes acuáticos y a la pérdida y degradación de hábitats terrestres, pudiendo actuar como indicadores de la condición de ambientes de agua dulce y ribereños (Oliveira-Junior *et al*. 2015, Golfieri *et al*. 2016). En esta evaluación se consideraron 216 especies de libélulas endémicas de los Andes Tropicales. Previo a esta evaluación, solamente había 41 especies endémicas incluidas en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN para la región.

2.1.4 Plantas acuáticas

Las plantas acuáticas son componentes vitales de los ecosistemas de agua dulce, proporcionando alimento, oxígeno y hábitats para muchas otras especies. También son un recurso natural de gran importancia, suministrando beneficios directos para las personas a nivel global. Por ejemplo, muchas especies son muy apreciadas por su valor nutritivo, medicinal, cultural, propiedades estructurales o biológicas. Son además clave en la prestación de servicios ecosistémicos, tales como filtración de agua y reciclado de nutrientes (García-Llorente *et al*. 2011). Aquí se define una planta de agua dulce como una planta que depende de ambientes acuáticos, y que no ocurriría si no existieran estos humedales, ya sean permanentes o estacionales. Para la selección de las especies de plantas se consideró su endemismo y estado de conservación. En total, se evaluaron 51 especies de plantas acuáticas endémicas de la región de estudio, de las cuales solo una estaba previamente incluida en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN.

2.2 Delimitación de la región de los Andes Tropicales

El área de los Andes Tropicales, tal como está definida en este proyecto, responde a la delimitación del área de interés de conservación de la John D. and Catherine T. MacArthur Foundation, quien generosamente financió su realización. Así, la región de los Andes Tropicales incluye la región andino-amazónica de Bolivia, Perú, Ecuador y Colombia, además del Chocó colombiano y del noroeste ecuatoriano (Figura 2.1). Tal

Figura 2.1 Área de estudio del proyecto, incuyendo la división política de los países (en blanco) y las principales ciudades.

como se mencionó en el capítulo anterior, el área de estudio es casi equivalente a la superficie de Argentina y cubre un poco más del 50% de cada uno de dos de los "hotspots" de biodiversidad más importantes en la región Neotropical, el hotspot de los Andes Tropicales y el de Tumbes-Chocó-Magdalena. El área es uno de los lugares de mayor biodiversidad y endemismo del planeta. Por ejemplo, aproximadamente el 40% de las especies de peces de agua dulce en las montañas de los Andes tropicales son endémicas (Anderson y Maldonado-Ocampo 2011).

La región es también muy importante en la provisión de agua dulce, concentrando aproximadamente el 10% del agua dulce del planeta (Comunidad Andina 2011). Por encima de los 3500 m de altitud, los páramos, humedales y glaciares absorben y almacenan el agua, que se libera luego durante el año, y bajan desde los Andes para formar las cabeceras de los grandes ríos que alimentan la cuenca del Amazonas. Estos ríos abastecen de agua a las principales ciudades de la región y sustentan las actividades agropecuarias, industriales y de producción de energía de los aproximadamente 60 millones de personas que allí habitan. El mapa de la figura 2.2 muestra las cuencas de los principales ríos en el área de los Andes Tropicales, tal como se definen en este proyecto.

2.3 Recopilación de datos y control de calidad

La evaluación del estado de conservación de la biodiversidad de agua dulce requiere de la recopilación de datos e información de la mejor calidad disponible. Los datos fueron compilados por el personal de la Unidad de Evaluación de la Biodiversidad, a partir de información publicada en revistas científicas y reportes

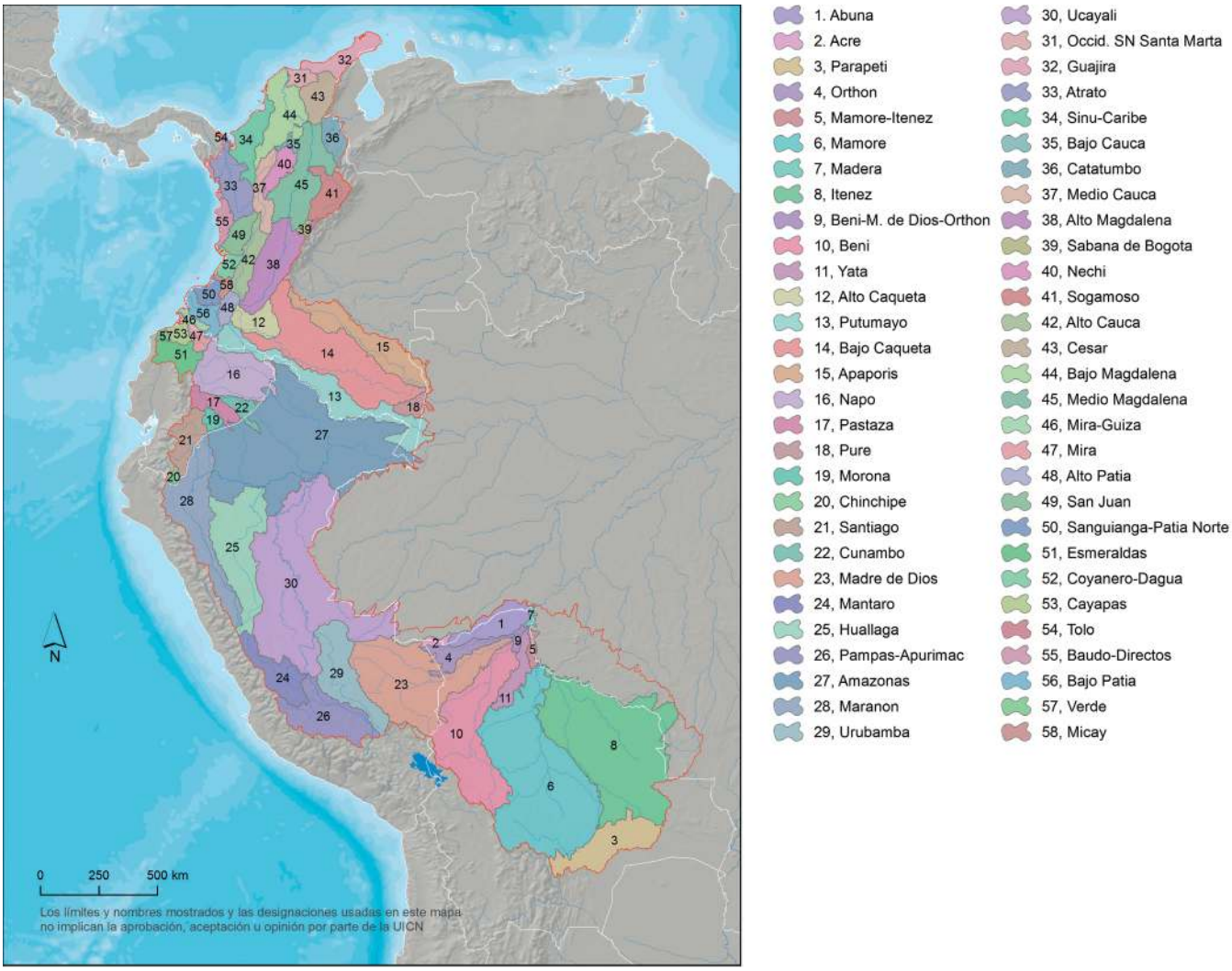


Figura 2.2 Mapa de los Andes Tropicales mostrando las principales cuencas.

Participantes del taller de expertos para evaluar la biodiversidad de agua dulce de los Andes Tropicales llevado a cabo en Lima, Perú en abril de 2014. Foto: © Nieves García.

técnicos. Para cada especie se genera una ficha de evaluación en el sistema de ingreso de datos en línea de la UICN, el Servicio de Información de Especies (SIS por sus siglas en inglés). En esa ficha se ingresan los datos y la información requerida para la evaluación (Tabla 2.1), incluyendo campos de texto (p. ej. descripción de la distribución geográfica de la especie, tendencia poblacional, hábitats y ecología) y campos donde se codifica la información con base en un esquema de clasificación predeterminado (p. ej. para los factores de amenazas se utiliza el estándar de clasificación del Consorcio para Medidas de Conservación basado en Salafsky *et al*. (2008)). Para mayor información sobre los esquemas de clasificación que se usan en la Lista Roja de la UICN, se puede ver el siguiente enlace: http://www.iucnredlist.org/technical-documents/classification-schemes.

Las fichas compiladas para cada especie, junto con los mapas generados (ver siguiente sección para mayor información), son revisadas por los expertos en cada grupo taxonómico en talleres de evaluación. Allí se editan, corrigen o agregan datos e información sobre las especies evaluadas y se procede a evaluar el riesgo de extinción de cada especie utilizando los Criterios y Categorías de la Lista Roja de la UICN. En el caso particular de este proyecto, se realizaron dos talleres de evaluación, uno en Lima, Perú en Abril de 2014 y el otro en Bogotá, Colombia en Octubre de 2014.

2.4 Mapeo de distribución de especies

Las distribuciones de las especies fueron mapeadas utilizando la capa digital HydroBASINS (Lehner y Grill 2013), una capa digital estandarizada a nivel global que delimita las cuencas hidrográficas de ríos y lagos en 12 niveles (anidados) de resolución. La mayoría de las distribuciones fueron mapeadas usando las sub-cuencas del nivel 8, mientras que para las especies con distribuciones más restringidas se usaron las sub-cuencas del nivel 10. El área de los Andes Tropicales incluye 3348 sub-cuencas de nivel 8 con un área promedio de 822 km^2, y 19 718 sub-cuencas del nivel 10 con un área promedio de 140 km^2. Todos los análisis presentados en este reporte se hicieron utilizando la capa del nivel 8, que se muestra en la figura 2.3.

Tabla 2.1 Campos de datos requeridos en el Servicio de Información de Especies (SIS) para compilar la evaluación del riesgo de extinción de una especie. (texto) = campo de texto; (EC) = Esquema de Clasificación predeterminado.

Campos	Información y datos requeridos			
Taxonomía	Niveles taxonómicos	Sinónimos	Nombres comunes	
Distribución geográfica	Información general (texto)	Países de ocurrencia (EC)	Región biogeográfica (EC)	
Población	Información general (texto)	Tendencia poblacional (EC)		
Hábitats y ecología	Información general (texto)	Tipos de hábitats (EC)	Sistema (EC)	Patrones de movimiento (EC)
Uso y comercialización	Información general (texto)	Utilización (EC)	Tendencia de colección/ extracción (EC)	
Amenazas	Información general (texto)	Amenazas (EC)		
Medidas de conservación	Información general (texto)	Acciones de conservación necesarias y existentes (EC)	Investigación necesaria y existente (EC)	
Evaluación de la Lista Roja	Criterios y categoría de la Lista Roja (EC)	Justificación de la categoría asignada (texto)	Nombres de revisores y evaluadores	Fecha de evaluación y revisión
Bibliografía	Referencias			

Participantes del taller de expertos para evaluar la biodiversidad de agua dulce de los Andes Tropicales llevado a cabo en Bogotá, Colombia en octubre de 2014.

Los mapas fueron generados a partir de puntos de colecta de las especies (localidades geo-referenciadas donde fueron colectadas), recopiladas de la bibliografía y a partir de bases de datos compartidas por los expertos. Los puntos de colecta fueron extrapolados a las sub-cuencas de HydroBASINS, donde se consideró a la especie como presente. Los mapas fueron luego revisados por los expertos durante los talleres de evaluación y, en muchos casos, se modificaron basados en su conocimiento y/o datos de campo no publicados. En algunos casos, no existen especímenes en colecciones o museos que puedan confirmar la presencia de una especie en una sub-cuenca, pero esta se puede inferir a partir de la opinión de los expertos y la especie se codifica como "posiblemente presente" en esa sub-cuenca.

A pesar de que se reconoce que la distribución de las especies no se extiende en toda la cuenca o sub-cuenca de un río o lago, las sub-cuencas fueron seleccionadas como las unidades espaciales para el mapeo porque, en general, se considera que son la unidad de manejo más adecuada en los sistemas de agua dulce (Watson 2004).

Los mapas de riqueza de especies (p. ej. especies endémicas, especies amenazadas), se realizaron superponiendo las distribuciones individuales de cada especie y computando el número de especies en cada sub-cuenca. En el caso de los mapas de riqueza de especies amenazadas, se computaron el número de especies en todas las categorías de amenaza (VU, EN y CR) por sub-cuenca.

En algunos casos, para evaluar el grado de restricción en la distribución de las especies, se presentan mapas de endemismo ponderado corregido. Para calcular el índice de endemismo

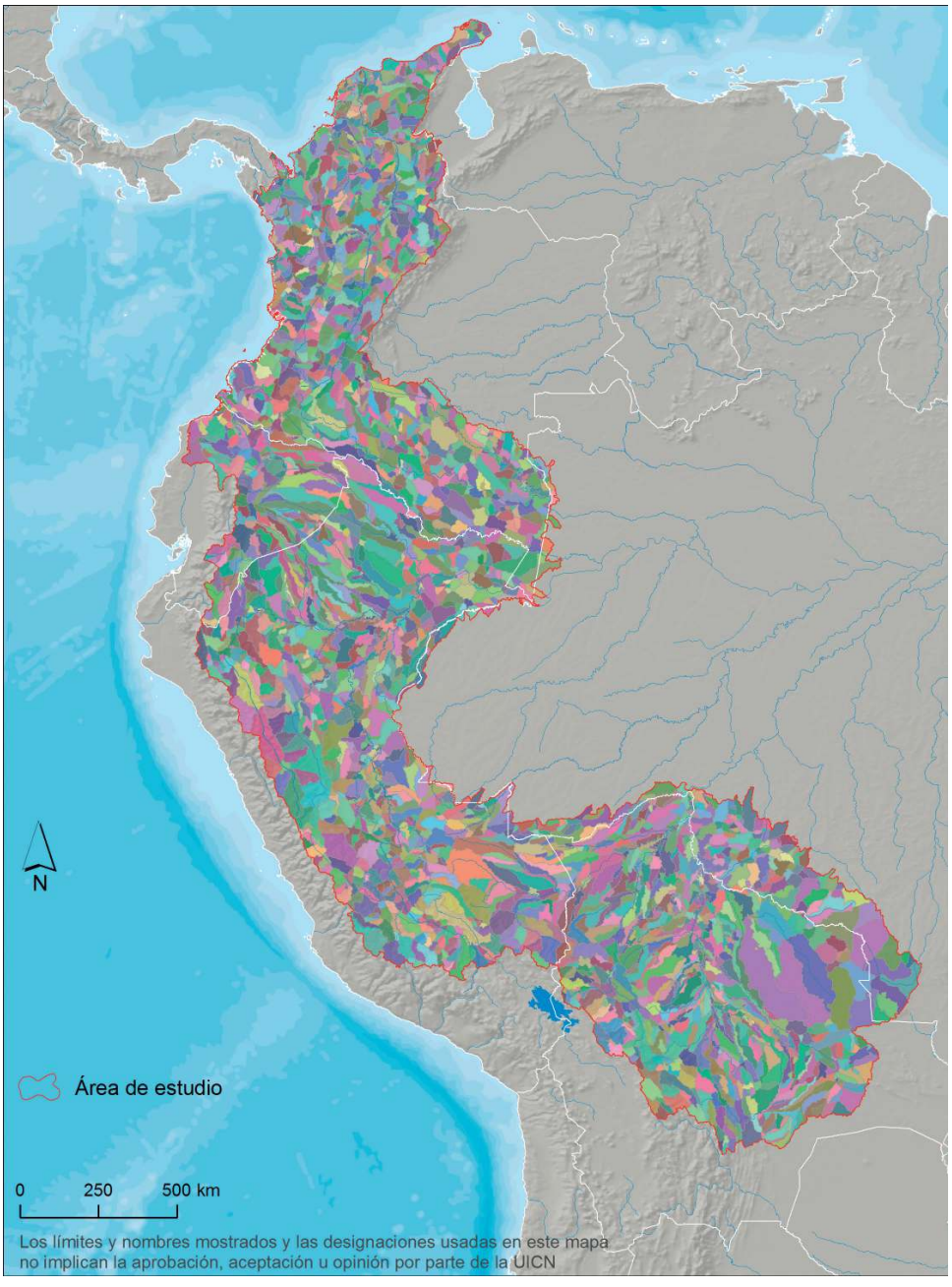


Figura 2.3 Sub-cuencas de la región de los Andes Tropicales del nivel 8 de la capa HydroBASINS (Lehner y Grill 2013).

ponderado (EP), cada especie fue ponderada por el inverso de su rango (1/nº de sub-cuencas donde ocurre), de tal manera que cada especie endémica de una sub-cuenca tiene un peso máximo de 1; si una especie está presente en tres sub-cuencas, tiene un peso de 0.33. Para calcular el valor para cada sub-cuenca se sumaron los valores de peso para todas las especies en la sub-cuenca, de modo que las sub-cuencas con un alto número de especies de distribución restringida tienen un valor más alto que las que tienen un número menor de especies de distribución restringida (Crisp *et al*. 2001). Luego, para corregir la correlación con la riqueza de especies y para generar el índice de endemismo ponderado corregido (EPC), el endemismo ponderado (EP) se divide por el número total de especies en la sub-cuenca (Crisp *et al*. 2001).

2.5 Evaluación del riesgo de extinción de las especies

El riesgo de extinción de las especies fue evaluado utilizando la versión 3.1 de los Criterios y Categorías de la Lista Roja de la UICN (UICN 2012). Las nueve categorías posibles para una especie se muestran en la figura 2.4. Para la estandarización con estudios internacionales y para evitar confusión con las especies que ya están evaluadas en la Lista Roja, se mantiene la sigla de la categoría en inglés (p. ej. CR para En Peligro Crítico). Como se observa en la figura, si el estado de conservación de una especie no ha sido evaluado, la categoría que le corresponde entonces es No Evaluada (NE). Cuando se procede a evaluar una especie, se determina si existe suficiente información para utilizar los Criterios y Categorías de la Lista Roja. Si no hay suficiente información, la especie se incluye en la categoría Datos Insuficientes (DD). Sin embargo, si existe suficiente información, se procede a usar los umbrales cuantitativos de los Criterios y Categorías de la Lista Roja de la UICN (resumidos en la tabla 2.2) y determinar la categoría correspondiente.

Una especie está En Peligro Critico cuando se considera que está enfrentando un riesgo de extinción extremadamente alto en estado silvestre. Una especie está En Peligro cuando se considera que está enfrentando un riesgo de extinción muy alto en estado silvestre. Finalmente, una especie está en la categoría Vulnerable cuando se considera que está enfrentando un riesgo de extinción alto en estado silvestre. A las especies que se encuentran en alguna de estas tres categorías (VU, EN, o CR), se las denomina como especies "amenazadas".

Para mayor información sobre la aplicación de los Criterios y Categorías de la Lista Roja de la UICN, dirigirse al siguiente enla-ce desde donde se pueden consultar varios documentos relacionados:http://www.iucnredlist.org/technical-documents/categories-and-criteria. Las fichas de las especies incluidas en este reporte pueden ser revisadas en formato pdf desde el sitio web de la Lista Roja de la UICN (www.iucnredlist.org). Los mapas de distribución también pueden ser vistos en línea o bajados en formato digital desde la página web. En el Apéndice 1 se presenta un ejemplo de la ficha de evaluación para una especie y el correspondiente mapa de distribución

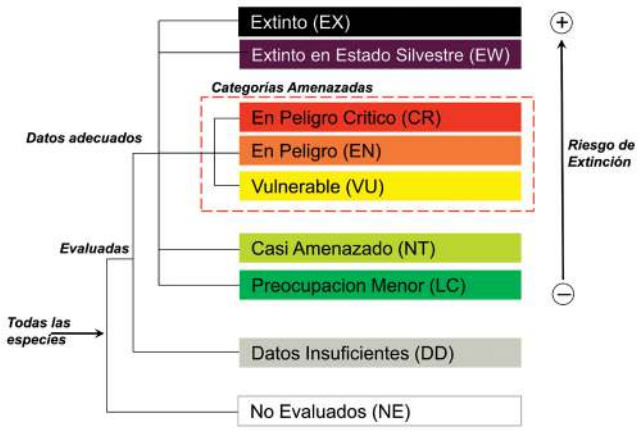


Figura 2.4 Categorías de la Lista Roja de la UICN a nivel global.

2.6 Nomenclatura

La taxonomía de algunos grupos es controvertida y puede cambiar constantemente debido a la aparición de nueva información o nuevas técnicas moleculares. En muchos casos, es difícil encontrar una jerarquía taxonómica consensuada para un grupo. En este proyecto se utilizó la taxonomía adoptada por la Lista Roja de la UICN que, en la medida de lo posible, utiliza listas de especies publicadas. Para el caso de los peces se sigue la clasificación del Catálogo de Peces, un catálogo en línea mantenido por la Academia de Ciencias de California (Eschmeyer 2016). Para las libélulas, generalmente se sigue la Lista Mundial de Odonatos mantenida en el sitio web de la University of Puget Sound (Schorr y Paulson 2016). Al momento, no hay una taxonomía única ampliamente aceptada para los moluscos, por lo tanto se consulta al Grupo de Especialistas de Moluscos de la UICN. Para las plantas, generalmente se sigue la Lista Mundial de Familias de Plantas Selectas del Jardín Botánico Kew (WCSP 2016), pero para casos más especializados se consulta la Lista de Helechos y Licófitas del Mundo (Hassler y Schmitt 2016) o Algaebase (Guiry y Guiry 2016). Para mayor información sobre los estándares taxonómicos de la Lista Roja de la UICN ver: http://www.iucnredlist.org/technical-documents/information-sources-and-quality#standards.

2.7 Áreas Clave para la Biodiversidad y vulnerabilidad de las especies al cambio climático

En el marco de este proyecto también se identificaron y delimitaron Áreas Clave para la Biodiversidad (ACB) de agua dulce de los Andes Tropicales. Las ACB son sitios de importancia para la persistencia global de la biodiversidad, que pueden ser

A. Reducción del tamaño poblacional. Reducción del tamaño de la población basada en cualquiera de los subcriterios A1 a A4. El nivel de reducción se mide considerando el período más largo, ya sea 10 años o 3 generaciones.

	En Peligro Crítico	En Peligro	Vulnerable
A1	≥ 90%	≥ 70%	≥ 50%
A2, A3 & A4	≥ 80%	≥ 50%	≥ 30%

A1 Reducción del tamaño de la población observada, estimada, inferida o sospechada, en el pasado donde las causas de la reducción son claramente reversibles Y entendidas y conocidas Y han cesado.

A2 Reducción del tamaño de la población observada, estimada, inferida o sospechada, en el pasado donde las causas de la reducción pudieron no haber cesado O no ser entendidas y conocidas O no ser reversibles.

A3 Reducción del tamaño de la población que se proyecta, se infiere o se sospecha será alcanzada en el futuro (hasta un máximo de 100 años) *[(a) no puede ser usado]*.

A4 Reducción del tamaño de la población observada, estimada, inferida, proyectada o sospechada donde el período de tiempo considerado debe incluir el pasado y el futuro (hasta un máx. de 100 años en el futuro), y donde las causas de la reducción pueden no haber cesado O pueden no ser entendidas y conocidas O pueden no ser reversibles.

Con base en y especificando cualquiera de los siguientes puntos:

(a) observación directa *[excepto A3]*

(b) un índice de abundancia apropiado para el taxón

(c) una reducción del área de ocupación (AOO), extensión de presencia (EOO) y/o calidad del hábitat

(d) niveles de explotación reales o potenciales

(e) como consecuencia de taxones introducidos, hibridación, patógenos, contaminantes, competidores o parásitos

B. Distribución geográfica representada como extensión de presencia (B1) Y/O área de ocupación (B2)

	En Peligro Crítico	En Peligro	Vulnerable
B1. Extensión de presencia (EOO)	< 100 km²	< 5.000 km²	< 20.000 km²
B2. Área de ocupación (AOO)	< 10 km²	< 500 km²	< 2.000 km²
Y por lo menos 2 de las siguientes 3 condiciones:			
(a) Severamente fragmentada, O Número de localidades	= 1	≤ 5	≤ 10
(b) Disminución continua observada, estimada, inferida o proyectada en cualesquiera de: **(i)** extensión de presencia; **(ii)** área de ocupación; **(iii)** área, extensión y/o calidad del hábitat; **(iv)** número de localidades o subpoblaciones; **(v)** número de individuos maduros			
(c) Fluctuaciones extremas en cualesquiera de: **(i)** extensión de presencia; **(ii)** área de ocupación; **(iii)** número de localidades o subpoblaciones; **(iv)** número de individuos maduros			

C. Pequeño tamaño de la población y disminución.

	En Peligro Crítico	En Peligro	Vulnerable
Número de individuos maduros	< 250	< 2.500	< 10.000
Y por lo menos uno de C1 o C2			
C1. Una disminución continua observada, estimada o proyectada (hasta un máximo de 100 años en el futuro) de al menos:	el 25% en 3 años o 1 generación (lo que fuese más largo)	el 20% en 5 años o 2 generaciones (lo que fuese más largo)	el 10% en 10 años o 3 generaciones (lo que fuese más largo)
C2. Una disminución continua observada, estimada, proyectada o inferida Y por lo menos 1 de las siguientes 3 condiciones:			
(a) (i) Número de individuos maduros en cada subpoblación	≤ 50	≤ 250	≤ 1.000
(ii) % de individuos en una sola subpoblación =	90–100%	95–100%	100%
(b) Fluctuaciones extremas en el número de individuos maduros			

D. Población muy pequeña o restringida

	En Peligro Crítico	En Peligro	Vulnerable
D. Número de individuos maduros	< 50	< 250	**D1.** < 1.000
D2. *Solo aplicable a la categoría VU* Área de ocupación restringida o bajo número de localidades con una posibilidad razonable de verse afectados por una amenaza futura que podría elevar al taxón a CR o EX en un tiempo muy corto.	-	-	**D2.** típicamente: AOO < 20 km² o número de localidades ≤ 5

E. Análisis Cuantitativo

	En Peligro Crítico	En Peligro	Vulnerable
Indica que la probabilidad de extinción en estado silvestre es:	≥ 50% dentro de 10 años o 3 generaciones, lo que fuese más largo (100 años max.)	≥ 20% dentro de 20 años o 5 generaciones, lo que fuese más largo (100 años max.)	≥ 10% dentro de 100 años

1 El uso de este resumen requiere la comprensión plena de las *Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN* y de las *Directrices para el uso de las Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN*. Por favor, consulte ambos documentos para obtener una explicación de los términos y conceptos usados aquí.

Tabla 2.2 Resumen de los cinco criterios (A-E) utilizados para determinar la categoría de amenaza de una especie

protegidos bajo distintas categorías de manejo y diferentes mecanismos de gobernanza. La metodología empleada y los resultados obtenidos se detallan en el capítulo siete de este reporte.

También dentro de este proyecto, se realizó una evaluación de la vulnerabilidad de la biodiversidad de agua dulce de los Andes Tropicales al cambio climático. Para ese análisis, se empleó la metodología desarrollada por la UICN donde se evalúa la susceptibilidad de las especies al cambio climático en función de los rasgos biológicos y ecológicos de las mismas. La metodología empleada y los resultados obtenidos se detallan en el capítulo ocho de este reporte.

2.8 Referencias

Ajiaco-Martínez, R.E., Ramírez-Gil, H., Sánchez-Duarte, P., Lasso, C.A. y Trujillo, F. 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.

Allen, D.J., Molur, S. yDaniel, B.A. 2010. *The Status and Distribution of Freshwater Biodiversity in the Eastern Himalaya*. IUCN, Cambridge, UK and Gland, Switzerland, and Zoo Outreach Organisation, Coimbatore, India.

Allen, D.J., Smith, K.G. and Darwall, W.R.T. 2012. *The Status and Distribution of Freshwater Biodiversity in Indo-Burma*. IUCN, Cambridge, UK and Gland, Switzerland.

Anderson, E.P. and Maldonado-Ocampo, J.A. 2011. A regional perspective on the diversity and conservation of tropical Andean fishes. *Conservation Biology*, 25(1): 30-39.

Comunidad Andina 2011. *El agua de los Andes. Un recurso clave para el desarrollo e integración de la región*. Secretaria General de la Comunidad Andina, Lima, Perú.

Crisp, M.D., Laffan, S., Linder, H.P. y Monro, A. 2001. Endemism in the Australian flora. *Journal of Biogeography*, 28(2): 183-198.

Cuttelod, A., Seddon, M. and Neubert, E. 2011. *European Red List of Non-marine Molluscs*. Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Darwall, W.R.T., Smith, K.G., Allen, D.J., Holland, R.A, Harrison, I.J., y Brooks, E.G.E. (eds.). 2011. *The Diversity of Life in African Freshwaters: Under Water, Under Threat. An analysis of the status and distribution of freshwater species throughout mainland Africa*. Cambridge, United Kingdom and Gland, Switzerland: IUCN.

Eschmeyer, W.N. (ed.). 2016. *Catalog of Fishes: Genera, species, references*. Disponible en: http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp.

Freyhof, J. y Brooks, E. 2011. *European Red List of Freshwater Fishes*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

García-Llorente, M., Martín-López, B., Díaz, S. y Montes, C. 2011. Can ecosystem properties be fully translated into service values? An economic valuation of aquatic plant services. *Ecological Applications*, 21(8): 3083-3103.

Golfieri, B., Hardersen, S., Maiolini, B. y Surian, N. 2016. Odonates as indicators of the ecological integrity of the river corridor: Development and application of the Odonate River Index (ORI) in northern Italy. *Ecological Indicators*, 61: 234-247.

Guiry, M.D. y Guiry, G.M. 2016. *AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway*. Disponible en: http://www.algaebase.org.

Hassler, M. y Schmitt, B. 2014. *Checklist of Ferns and Lycophytes of the World*. Disponible en: http://worldplants.webarchiv.kit.edu/ferns/index.php.

Juffe-Bignoli D. y Darwall W.R.T. 2012. *Assessment of the socio-economic value of freshwater species for the northern African region*. IUCN. Gland, Switzerland and Málaga, Spain.

Lehner, B. y Grill G. 2013. Global river hydrography and network routing: baseline data and new approaches to study the world's large river systems. *Hydrological Processes*, 27(15): 2171–2186. Dato disponibles en: www.hydrosheds.org.

Molur, S., Smith, K.G., Daniel, B.A. y Darwall, W.R.T. 2011. *The status and distribution of freshwater biodiversity in the Western Ghats, India*. IUCN, Cambridge, UK and Zoo Outreach Organisation, Coimbatore, India.

Oliveira-Junior, J.M.B., Shimano, Y., Gardner, T.A., Hughes, R.M., Marco Júnior, P. y Juen, L. 2015. Neotropical dragonflies (Insecta: Odonata) as indicators of ecological condition of small streams in the eastern Amazon. *Austral Ecology*, 40(6): 733-744.

Prather, C.M., Pelini, S.L., Laws, A., Rivest, E., Woltz, M., Bloch, C.P., Del Toro, I., Ho, C.K., Kominoski, J., Newbold, T.A. y Parsons, S. 2013. Invertebrates, ecosystem services and climate change. *Biological Reviews*, 88(2): 327-348.

Riservato, E., Boudot, J.-P., Ferreira, S., Jovic, M., Kalkman, V.J., Schneider, W., Samraoui, B. y Cuttelod, A. 2009. *The Status and Distribution of Dragonflies of the Mediterranean Basin*. IUCN, Gland, Switzerland and Malaga, Spain.

Salafsky, N., Salzer, D., Stattersfield, A.J., Hilton-Taylor, C., Neugarten, R., Butchart, S.H., Collen, B., Cox, N., Master, L.L., O'Connor, S. y Wilkie, D. 2008. A standard lexicon for biodiversity conservation: unified classifications of threats and actions. *Conservation Biology*, 22(4): 897-911.

Schorr, M. y Paulson, D. 2016. *World Odonata List. University of Puget Sound*. Disponible en: http://www.pugetsound.edu/academics/academic-resources/slater-museum/biodiversity-resources/dragonflies/world-odonata-list2/.

Smith, K.G. y Darwall, W.R.T. 2006. *The Status and Distribution of Freshwater Fish Endemic to the Mediterranean Basin*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

Smith, K.G., Barrios, V., Darwall, W.R.T. y Numa, C. 2014. *The Status and Distribution of Freshwater Biodiversity in the Eastern Mediterranean*. Cambridge, UK, Malaga, Spain and Gland, Switzerland: IUCN.

UICN. 2012. *Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1. Segunda edición*. UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. Originalmente publicado como IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. Second edition. 2012. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

Vaughn, C.C. 2010. Biodiversity losses and ecosystem function in freshwaters: emerging conclusions and research directions. *BioScience*, 60(1): 25-35.

Vaughn, C.C., Gido, K.B. y Spooner, D.E. 2004. Ecosystem processes performed by unionid mussels in stream mesocosms: species roles and effects of abundance. *Hydrobiologia*, 527(1): 35-47.

Watson, N. 2004. Integrated river basin management: a case for collaboration. *International Journal of River Basin Management*, 2(4): 243-257.

WCSP. 2016. *World Checklist of Selected Plant Families. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew*. Disponible en: http://apps.kew.org/wcsp/

Welcomme, R. 2011. *Review of the state of the world fishery resources: inland fisheries and Aquaculture*. Circular 942, Rev. 2. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Arroyo tributario de la parte alta de la cuenca del río Beni, Bolivia. Foto: © Fernando M. Carvajal-Vallejos.

Capítulo 3. Estado de conservación y distribución de los peces de agua dulce de los Andes Tropicales

Luz Fernanda Jiménez-Segura[1], Hernán Ortega[1], Junior Chuctaya[2], Pedro Jiménez Prado[3], Fernando M. Carvajal-Vallejos[4], Juan Francisco Rivadeneira[5], José Iván Mojica[6], Lina M. Mesa S.[7], Paula Sánchez-Duarte[7], Javier A. Maldonado-Ocampo[8], Vanessa Correa[2], Luisa Chocano[2], Miguel A. Velásquez[2], Max Hidalgo[2], José Saulo Usma[9], Carlos A. Lasso[7], Elizabeth P. Anderson[10], Francisco Villa-Navarro[11] y Marcelo F. Tognelli[12]

3.1 Generalidades de la ictiofauna regional....24
3.1.1 Diversidad de peces dulceacuícolas....24
3.1.2 Factores geográficos que afectan la distribución de los peces de agua dulce....25
3.1.3 Limitaciones en la disponibilidad y confiabilidad de la información....25
3.2 Estado de conservación de los peces de agua dulce....26
3.3 Patrones de riqueza de especies....28
3.3.1 Especies endémicas....28
3.3.2 Especies con distribuciones restringidas....29
3.3.3 Especies amenazadas....29
3.3.4 Especies con Datos Insuficientes....33
3.4 Principales amenazas para los peces de agua dulce....34
3.4.1 Agricultura y acuicultura....34
3.4.2 Cambio climático y clima severo....36
3.4.3 Contaminación....38
3.4.4 Corredores de transporte y servicios....39
3.4.5 Desarrollo residencial y comercial....39
3.4.6 Especies invasoras, genes y enfermedades....39
3.4.7 Modificación en los sistemas naturales....40
3.4.8 Producción de energía, hidrocarburos y minería....42
3.4.9 Uso de recursos biológicos....44
3.5 Acciones de conservación y recomendaciones....45
3.5.1 Colectas y estudios taxonómicos....45
3.5.2 Monitoreo y acciones *ex-situ*....46
3.5.3 Caudales ambientales....47
3.5.4 Áreas protegidas....48
3.5.5 Estrategias de los estados andinos para la conservación de la diversidad y sus hábitats....49
3.5.6 Recomendaciones....50
3.6 Referencias....51

1 Grupo de Ictiología. Instituto de Biología, Universidad de Antioquia. Medellín, Antioquia, Colombia. Email: luz.jimenez@udea.edu.co
2 Departamento de Ictiología, Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Av. Arenales 1256, Jesús María, Lima, Perú.
3 Pontiicia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas. Esmeraldas, Ecuador.
4 Asociación FAUNAGUA (Instituto de Investigaciones Aplicadas sobre Recursos del Agua). Cochabamba, Bolivia.
5 Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Central del Ecuador. Campus El Dorado; Iquique N14-121 y Sodiro, Quito, Ecuador.
6 Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
7 Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Calle 28A # 15-09, Bogotá D.C., Colombia.
8 Unidad de Ecologia y Sistemátca (UNESIS), Laboratorio de Ictiología, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
9 WWF-Colombia. Carrera 35 Nº 4A-25, Cali, Colombia.
10 School of Environment, Arts & Society. Florida International University. 11200 SW 8th St. Miami, FL 33199, USA.
11 Facultad de Ciencias. Universidad del Tolima. Ibagué, Colombia.
12 IUCN-CI Biodiversity Assessment Unit. Global Species Programme. he Betty and Gordon Moore Center for Science. Conservation International. 2011 Crystal Dr., Suite 500. Arlington, VA 22202, USA.

3.1 Generalidades de la ictiofauna regional

3.1.1 Diversidad de peces dulceacuícolas

Los cambios paleogeográficos y paleoambientales en el Neotrópico generaron un patrón biogeográfico complejo en la ictiofauna actual (Albert *et al.* 2006). Esta complejidad puede ser explicada por medio de varias hipótesis que involucran procesos a distintas escalas espacio-temporales: hipótesis del gradiente (gradiente de ambientes escarpados); hipótesis paleogeográfica (los cambios geológicos resultan de la orogenia andina durante el Terciario); hipótesis de ríos (fragmentación de la fauna terrestre como consecuencia del establecimiento del actual drenaje del Amazonas durante el Terciario tardío); hipótesis de disturbio–vicarianza (el enfriamiento climático llevó a hábitats ecológicamente insostenibles); hipótesis del refugio (fluctuaciones climáticas del Pleistoceno llevaron a fragmentaciones y coalescencia en los ecosistemas boscosos); hipótesis del río–refugio (refugios realzan la diferenciación alopátrica a través de los ríos) y la hipótesis del museo (las especies originadas por diferenciación alopátrica en el bosque de montaña durante la elevación de los mares y posterior acumulamiento por dispersión hacía las tierras bajas) (Hubert y Renno 2006).

La dinámica geológica de Suramérica tropical tuvo impactos significativos en la reorganización de los sistemas hidrográficos especialmente en el Cenozoico medio y tardío. Esta transformación hidrográfica a su vez tuvo efectos importantes sobre toda la fauna de peces presente en lo que hasta ese entonces se reconocía como la cuenca del Proto-Amazonas-Orinoco y La Plata, y que posteriormente se configuró en el sistema tri-partito de la cuenca del Amazonas, Orinoco y La Plata (Albert y Carvalho 2011). Producto de estos eventos y reorganización hidrográfica, y los respectivos procesos de especiación, extinción y dispersión a los que se vieron enfrentados los peces allí presentes, es que los peces dulceacuícolas neotropicales hoy en día representan una quinta parte de la ictiofauna mundial (Vari y Malabarba 1998).

Esta enorme riqueza de especies no se distribuye uniformemente en la región. La mayor riqueza está asociada a la cuenca del Amazonas con cerca de 2700 especies reconocidas; una ictiofauna dominada por especies del superorden Characiphysae y sus órdenes Siluriformes, Characiformes y Gymnotiformes.

Imagen del río Magdalena, el más importante de Colombia, con el Parque Nacional Los Nevados de fondo. Foto: © Lina Mesa.

En la región de los Andes se estiman entre 400 y 600 especies (Maldonado *et al*. 2012) y, de estas, 311 especies están por encima de los 1000 m (Schaefer 2011).

3.1.2 Factores geográficos que afectan la distribución de los peces de agua dulce

La orogenia de los Andes es de gran importancia para comprender la evolución de las cuencas y sus patrones biogeográficos, debido a que gran parte de la diversificación de los peces dulceacuícolas ocurrió durante la dinámica hidrológica, que generó nuevas divisorias de aguas en Suramérica durante el Cretáceo tardío y el Cenozoico (65 Ma) (Lundberg *et al.* 1998, Montoya-Burgos 2003). La distribución geográfica actual de la ictiofauna andina está definida tanto por procesos históricos (p. ej. barreras geográficas) como ecológicos, principalmente los relacionados con la aparición de nuevos sistemas acuáticos así como tipos de aguas de origen cordillerano con gradientes de productividad biológica. En la actualidad, la ictiofauna está limitada por factores geológicos y climáticos que condicionan su ecología, como son la geomorfología de la cuenca, el clima, el tipo de hábitat y la química del agua (Albert *et al*. 2012).

Si bien la región andina representa el 9% del área total de Suramérica (Schaeffer 2011), dentro de ella hay una elevada diversidad de paisajes definidos por montañas con alturas que van desde los 200 hasta los 6500 m s.n.m. y amplios valles interandinos que reciben los aportes de las cuencas de ríos que fluyen por sus vertientes. En la actualidad el paisaje andino está representado por cordilleras que corren paralelas en dirección sur-norte, y dependiendo de su conformación puede dividirse en tres regiones: región sur, región centro y región norte (Hungerbühler *et al*. 2002).

En los Andes el número de especies de peces cambia a lo largo del gradiente de elevación (Jaramillo-Villa *et al*. 2010, Jiménez-Segura *et al.* 2013, Carvajal-Quintero *et al*. 2015, De La Barra *et al*. 2016, Jiménez-Segura *et al.* 2016). El mayor número se encuentra en las zonas bajas y el menor en las altas y, aunque el número de especies es menor en las zonas altas, la diversidad beta y el endemismo son mayores en estas elevaciones (Carvajal-Quintero *et al*. 2015, De La Barra *et al*. 2016). La distribución de la ictiofauna a lo largo de los cauces de ríos andinos está influenciada por la pendiente longitudinal del cauce, por la temperatura y la velocidad del agua asociadas con la elevación (Jaramillo-Villa *et al.* 2010, Carvajal-Quintero *et al*. 2015, De La Barra *et al*. 2016) y por la altura de la columna de agua asociada con los ciclos de lluvia (Jiménez-Segura *et al*. 2016 *en prensa*). Estas características físicas de los sistemas acuáticos inducen a la conformación de ensamblajes de especies propios en elevaciones particulares, configurando una zonificación en la estructura y un marcado reemplazamiento de especies (Carvajal-Quintero *et al*. 2015, De La Barra *et al*. 2016, Jiménez-Segura *et al*. 2016).

Aunque el número de especies está relacionado negativamente con la elevación, este patrón se rompe en algunos rangos de altura (De La Barra *et al*. 2016, Jiménez-Segura *et al*. 2016). Los sectores de los ríos entre los 100 y los 300 m de altura son los más ricos en especies, posiblemente debido a que en estas altitudes las cuencas tienen una alta heterogeneidad de sistemas acuáticos como pequeños ríos, quebradas, lagos de inundación amplios y rasos, canales de conexión, cauces meandricos profundos y amplios, todos ellos conectados estacionalmente durante los periodos de lluvia.

3.1.3 Limitaciones en la disponibilidad y confiabilidad de la información

La composición de especies de la ictiofauna andina y su uso como recurso pesquero han sido los temas más recurrentes dentro de las publicaciones realizadas en las diferentes regiones de los Andes Tropicales. Aún persisten grandes vacíos de información en temas como la filogeografía, taxonomía y sistemática de grupos complejos (ej. géneros *Astyanax*, *Astroblepus*, *Trichomycterus*) principalmente por sus problemas de definición taxonómica (Schaefer *et al.* 2011), ecología de las especies, respuestas fisiológicas al ambiente, respuestas a condiciones de estrés, así como también respecto al papel funcional de las especies dentro de los sistemas acuáticos.

Existen revisiones que incluyen el estudio de los peces de las cuencas andinas (Fowler 1911, Eigenmann 1914, Eigenmann 1918, Eigenmann 1921, Eigenmann 1922, Pearson 1924, Fowler 1940, Fowler 1941, Fowler 1943, Böhlke 1958, Ovchynnyk 1967, Cope 1869, Dahl 1971, Lauzanne y Loubens 1985, Miles 1971, Barriga 1994, Schaefer 2011, Barriga 2012, Jiménez-Prado *et al.* 2015, Jiménez *et al.* 2016) y que han servido de referente para el avance en el conocimiento de los peces de la región. En los Andes nor-occidentales existen listados de especies para cuencas específicas, Magdalena-Cauca (Villa-Navarro *et al*. 2006, Ortega-Lara *et al.* 2006a, Maldonado-Ocampo *et al*. 2008, Jaramillo-Villa *et al*. 2010, Castellanos-Morales *et al.* 2011), San Juan y Mira en la vertiente al océano Pacífico (Ortega-Lara *et al*. 2006b, Maldonado-Ocampo *et al*. 2012), ríos en el piedemonte orinoquense (Urbano-Bonilla *et al*. 2009, Urbano-Bonilla y Maldonado-Ocampo 2013), Río Putumayo y sus afluentes en Colombia, Ecuador y Perú (Barriga *et al.* 2016). En Ecuador se destacan el listado de especies de Barriga (2012) que determina las especies de peces del territorio ecuatoriano, así como la Guía de peces para aguas continentales en la vertiente occidental del Ecuador (Jiménez-Prado *et al.* 2015) que revisa las especies que ocurren en la vertiente del océano Pacífico y brinda información de algunos aspectos ecológicos y uso de las especies. En Perú se destaca el listado de especies de los ríos de la Cordillera del Cóndor, afluentes del río Marañón (Ortega 1997, Ortega *et al*. 2007); en la zona centro de los afluentes Cordillera Azul, río Pachitea (Alverson *et al*. 2001, Palacios *et al.* 2008) y en la zona sur de los ríos Urubamba, Inambari y del arco de Fitzcarrald (Ortega *et al.* 2001, Hidalgo y Quispe 2004, Palacios y Ortega 2009, Carvalho *et al.* 2011, Albert *et al.* 2012). En el contexto boliviano, los trabajos de Pearson (1924) y Fowler (1940, 1943) marcaron un hito sobre el conocimiento inicial de los peces en

Cauce principal del río Santiago a la altura de Concepción en el noroeste de Ecuador. La cuenca Santiago-Cayapas vierte sus aguas al Océano Pacífico y tiene una alta densidad de peces. Foto: © Pedro Jiménez Prado.

La cuenca del río Beni en Bolivia alberga numerosas especies de peces; muchas de ellas endémicas y amenazadas. Foto: © Fernando M. Carvajal-Vallejos.

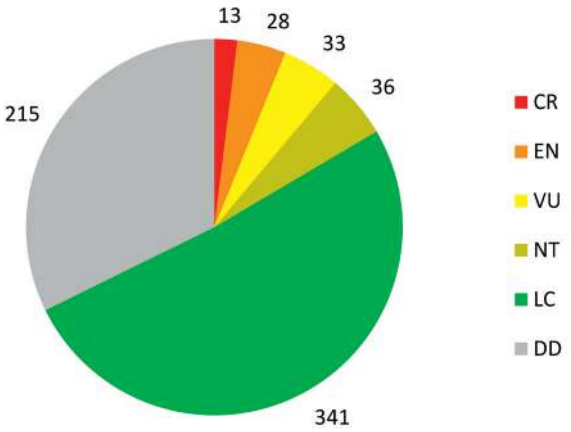
las cuencas de los ríos Beni y Mamoré, y más tarde Lauzanne y Loubens (1985), Lauzanne *et al*. (1991), Sarmiento y Barrera (1997), Carvajal-Vallejos y Zeballos-Fernández (2011), y Carvajal-Vallejos *et al*. (2014a) completaron el panorama para estas mismas cuencas mencionadas y otras como el Abuna, Madera, Orthon, Madre de Dios e Iténez o Guaporé.

Igualmente, existen recopilaciones importantes sobre composición de especies y su autoecología en las cuencas dentro de los tres ramales andinos noroccidentales arriba de los 500 m de altitud (Maldonado-Ocampo *et al.* 2005) así como en la cuencas del Chocó Biogeográfico (Maldonado-Ocampo *et al*. 2012) y en la vertiente andina hacía el Catatumbo (Galvis *et al.* 1997). En el Perú destaca la lista de especies de los Andes, con especial referencia a especies registradas a altitudes superiores a los 1000 m de elevación (Ortega 1992) e ictiofauna endémica (Chocano 2005). En Bolivia los trabajos más completos que se conocen son los de Carvajal-Vallejos y Zeballos-Fernández (2011) y Carvajal-Vallejos *et al*. (2014) para las cuencas principales de la cuenca amazónica boliviana, desde sus partes más altas hasta las porciones más bajas. En Ecuador el listado reciente de especies dulceacuícolas define la distribución geográfica de especies andinas y de las estribaciones de la cordillera (Barriga 2012). En la vertiente del Océano Pacífico Jiménez-Prado *et al.* (2015) recopilan información del estado de conservación de las especies registradas en las cuencas andinas ecuatorianas y, en la cuenca alta del río Pastaza Rivadeneira *et al.* (2010) reportan información sobre las especies endémicas y la distribución de especies comunes. A pesar de estos esfuerzos en Ecuador, aún es escasa la información sobre varios afluentes, en particular en sectores arriba de los 1500 m de elevación en las vertientes del río Amazonas y en las cuencas del Pacífico (ríos Mira-Mataje, Santiago-Cayapas y Esmeraldas). En Perú, se requiere la exploración de las cuencas del río Marañón y Huallaga así como de los ríos de la vertiente del Pacífico y de los lagos altoandinos de los Andes Centrales. En Bolivia, las áreas que requieren más muestreos son las partes altas de los ríos Kaka, Alto Beni, en la cuenca del río Beni, Grande e Ichilo en la cuenca del río Mamoré y Parapetí en la cuenca del río Iténez.

3.2. Estado de conservación de los peces de agua dulce

De las 666 especies de peces endémicas de la región de los Andes Tropicales evaluadas, 13 se categorizaron como En Peligro Crítico (CR), 28 En Peligro (EN), 33 Vulnerable (VU), 36 Casi Amenazada (NT), 341 Preocupación Menor (LC) y 215 Datos Insuficientes (DD) (Figura 3.1). Estos resultados muestran que el 16.4% del total de especies para las cuales existe información suficiente para evaluar su estado de conservación (i.

Figura 3.1 Número de especies de peces de agua dulce endémicos de los Andes Tropicales en cada categoría de la Lista Roja.



e. excluyendo las categorizadas como DD), están amenazadas (i. e. en las categorías VU, EN o CR), mientras que el 8.0% están Casi Amenazadas (NT) y el 75.6% fueron evaluadas como Preocupación Menor (Figura 3.1). El 32% del total de especies evaluadas fueron consideradas como Datos Insuficientes (i. e. no existe suficiente información disponible para evaluar su riesgo de extinción), resaltando el inadecuado conocimiento de la distribución, hábitats y ecología, población y amenazas de los peces de la región.

Todos los órdenes taxonómicos de la región andina tropical tienen especies dentro de alguna categoría de amenaza; los Siluriformes y Characiformes son los órdenes con mayor número de especies amenazadas con 37 y 18 especies, respectivamente. Las familias con mayor número de especies amenazadas son Loricariidae, Characidae, Rivulidae, Astroblepidae, Trichomycteridae y Heptapteridae (Tabla 3.1). Una lista de todas las especies por orden y familia, incluyendo la categoría asignada se presenta en el Apéndice 2.

Tabla 3.1. Número de especies de peces de agua dulce endémicos de los Andes Tropicales por Orden y Familia en cada una de las categorías de la Lista Roja. CR: En Peligro Crítico, EN: En Peligro, VU: Vulnerables, NT: Casi Amenazadas, LC: Preocupación menor, DD: Datos Insuficientes.

Orden	Familia	DD	LC	NT	VU	EN	CR	Total
RAJIFORMES	POTAMOTRYGONIDAE		1			1		2
CHARACIFORMES	ANOSTOMIDAE	2	7		1			10
	BRYCONIDAE	2	7	2	2	1		14
	CHARACIDAE	63	110	7	7	3	1	191
	CRENUCHIDAE	3	6					9
	CURIMATIDAE	1	4	2		1		8
	CYNODONTIDAE		2					2
	IGUANODECTIDAE		1					1
	LEBIASINIDAE	2	9				1	12
	PARODONTIDAE	1	2			1		4
	PROCHILODONTIDAE				1			1
	SERRASALMIDAE		2					2
	TRIPORTHEIDAE		1					1
SILURIFORMES	ASPREDINIDAE	2	1					3
	ASTROBLEPIDAE	24	12	5	4		2	47
	AUCHENIPTERIDAE	2	5					7
	CALLICHTHYIDAE	12	21	2	1			36
	CETOPSIDAE	2	4	2				8
	DORADIDAE	1	4					5
	HEPTAPTERIDAE	15	9	1	1	1	3	30
	LORICARIIDAE	37	54	4	5	11	2	113
	PIMELODIDAE		1			1	1	3
	PSEUDOPIMELODIDAE		4					4
	TRICHOMYCTERIDAE	6	22	4	2	3	1	38
GYMNOTIFORMES	APTERONOTIDAE	3	7		1			11
	GYMNOTIDAE		2	1	1	1		5
	HYPOPOMIDAE		1					1
BATRACHOIDIFORMES	BATRACHOIDIDAE	2						2
CYPRINODONTIFORMES	CYPRINODONTIDAE			1		2		3
	POECILIIDAE	6	2					8
	RIVULIDAE	13	8	3	4	1	2	31
PERCIFORMES	CICHLIDAE	15	32	1	3	1		52
	GOBIIDAE			1				1
PLEURONECTIFORMES	ACHIRIDAE	1						1

3.3 Patrones de riqueza de especies

3.3.1 Especies endémicas

De las 666 especies de peces de agua dulce endémicos de los Andes Tropicales, se pudieron generar mapas de distribución confiables para 656 especies. Los análisis de riqueza de especies están basados en las distribuciones por sub-cuencas (usando la capa de HydroBASINS) de estas especies. En función de esto, vemos que la mayor concentración de especies de peces se da en las cuencas de los ríos Magdalena y Cauca en Colombia, particularmente en las partes altas y medias de estos ríos, incluyendo algunos de sus tributarios (Nechí, Sogamoso, La Miel, Porce, Opón y La Vieja) y el altiplano de la Sabana de Bogotá, además del río Dagua en la vertiente Pacífica (Figura 3.2). Le siguen las cuencas de los ríos Ucayali (y sus tributarios Huallaga, Aguaytía y Pachitea), Urubamba y Madre de Dios (y los tributarios Inambari y Tambopata) en Perú, las cuencas de los ríos Beni y Mamoré en Bolivia, y las cuencas de los ríos Cayapas, Esmeraldas y Napo en Ecuador (Figura 3.2).

El patrón de riqueza de especies endémicas varía cuando se evalúa a nivel de cuencas (tal como fueron definidas en la figura 2.2 del capítulo 2). La región con mayor número de especies endémicas es la vertiente andina amazónica, en particular las cuencas de los ríos Ucayali y Amazonas en Perú. Siguiendo el orden de magnitud, se encuentran las cuencas alta y media de los ríos Magdalena y Cauca y, la cuenca del río Atrato, en Colombia. En Ecuador, la cuenca con mayor número de especies evaluadas es la del río Napo y en Bolivia la del río Mamoré (Figura 3.3). Sin embargo, cabe resaltar que estas cuencas tienen tamaños muy dispares y esta diferencia en área influencia los patrones a esta escala.

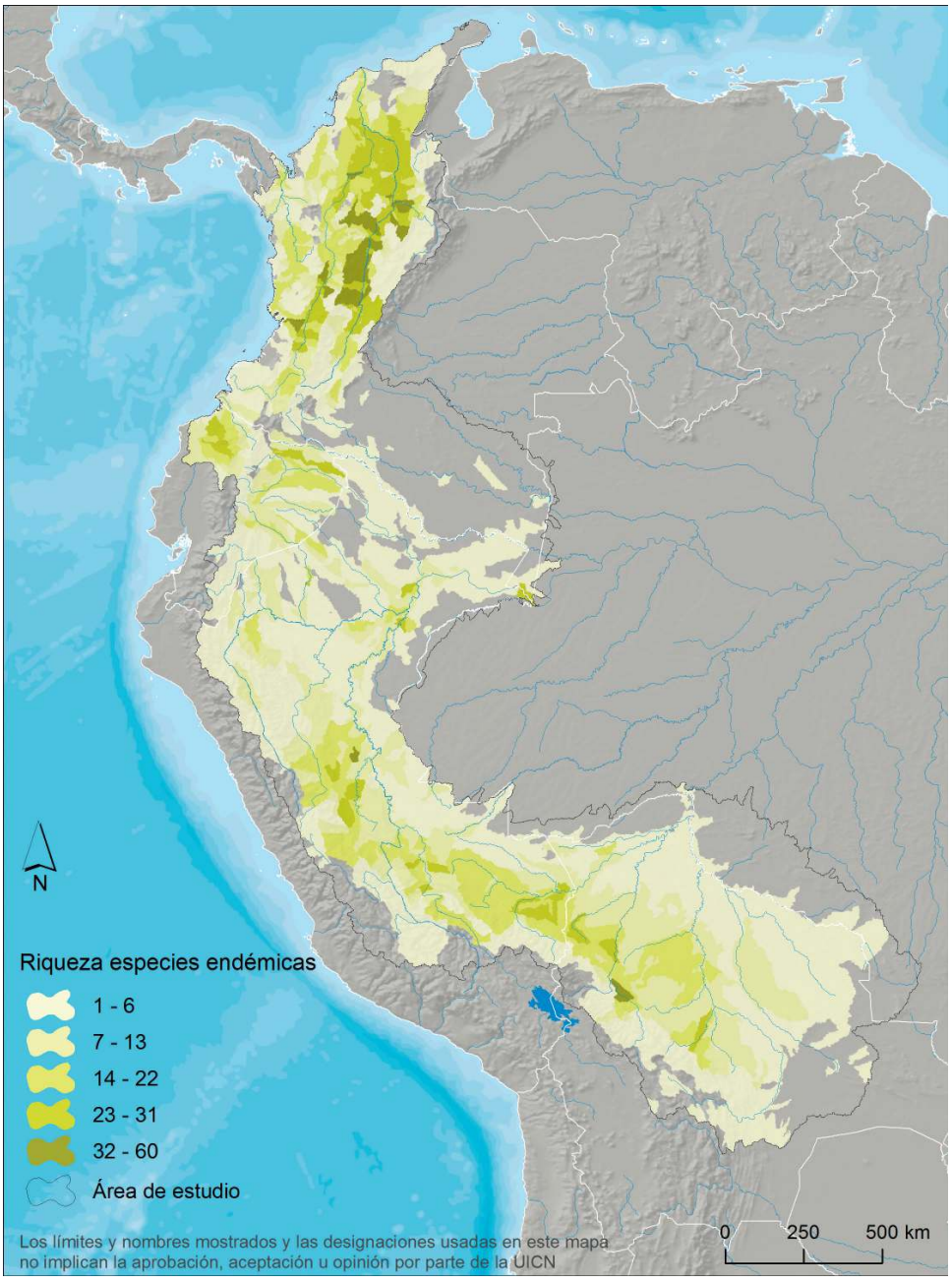


Figura 3.2 Patrón de riqueza de especies endémicas de peces de agua dulce (número de especies por sub-cuenca) en los Andes Tropicales.

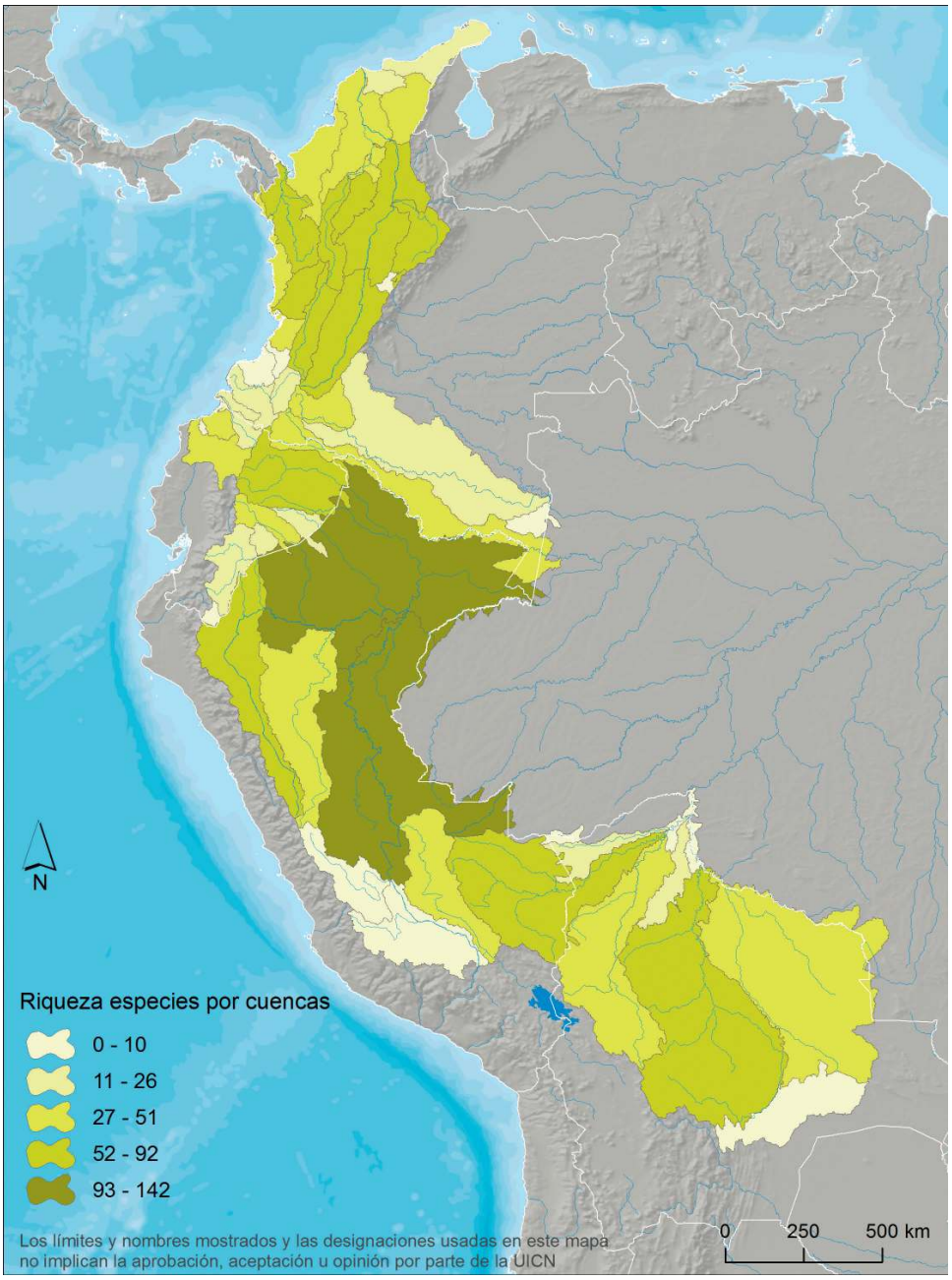


Figura 3.3 Patrón de riqueza de especies endémicas de peces de agua dulce (número de especies por cuenca) en los Andes Tropicales.

3.3.2 Especies con distribuciones restringidas

Para distinguir entre las sub-cuencas que albergan un gran número de especies con distribuciones amplias de las que albergan especies con distribuciones restringidas, se usó el análisis de endemismo ponderado corregido (ver Capítulo 2 para una explicación de su cálculo). Este índice le da importancia a las especies con distribuciones restringidas y las pondera por la riqueza de especies en cada sub-cuenca. En función de esto, se observa que los índices altos de endemismo ponderado por riqueza se presentan en la parte alta de la cuenca del río Iténez en Bolivia, en las partes altas de los ríos Pachitea, Huallaga y Marañón y en los ríos Nanay e Itaya en Perú, en la cuenca del río Santiago y las partes altas de los ríos Napo y Pastaza en Ecuador y en las cuencas de los ríos Putumayo, Caquetá, Mira, bajo Patía, Baudó y Sogamoso en Colombia (Figura 3.4). Ejemplos de especies con distribuciones restringidas se dan en los géneros *Anablepsoides*, *Ancistrus*, *Apistogramma*, *Astroblepus*, *Bryconamericus*, *Corydoras*, *Hemibrycon*, *Hyphessobrycon* y *Trichomycterus*, entre otros.

3.3.3 Especies amenazadas

El mayor número de especies amenazadas se observa en la región noroccidental, en las cuencas de los ríos Magdalena y Cauca, en particular los sectores medios y altos, también en las cuencas del río Atrato (región Caribe) y San Juan y Patía (región Pacífica) de Colombia y en la cuenca del río Esmeraldas (región Pacífica) de Ecuador (Figura 3.5). Para la región central de los Andes, las cuencas de los ríos Marañón, Amazonas, Huallaga, Ucayali y Madre de Dios en Perú, y Madre de Dios, Mamoré, Beni e Iténez en Bolivia presentan entre una y cuatro especies bajo amenaza.

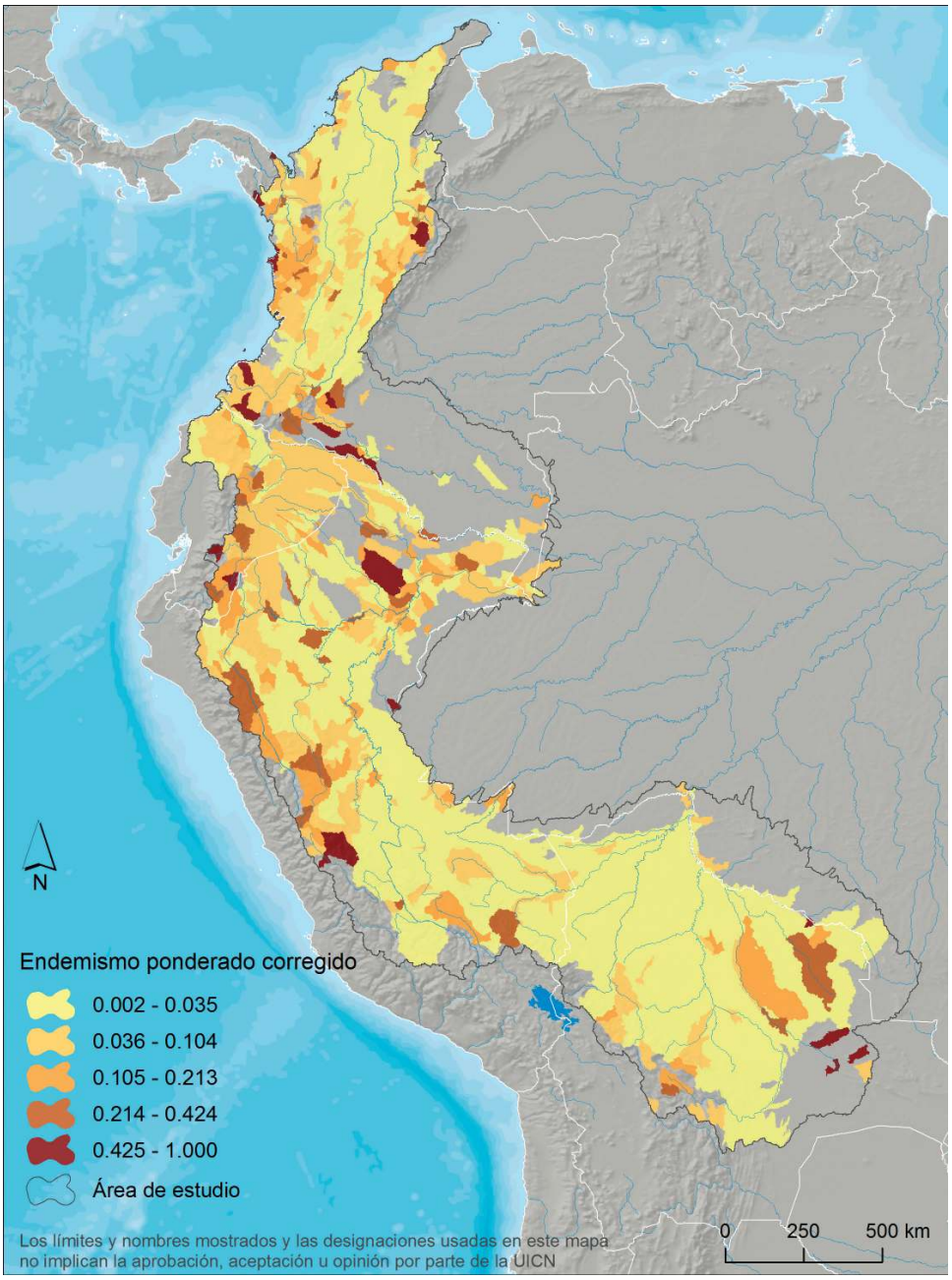


Figura 3.4 Distribución de endemismo ponderado corregido de peces de agua dulce en los Andes Tropicales.

El río Lebrija en Santander (Colombia) es un importante afluente de la cuenca media del río Magdalena. Foto: © Lina Mesa.

Se resalta que el sector alto del río Ucayali presenta la mayor riqueza, entre seis y siete especies amenazadas. En la región del alto Amazonas colombiano y ecuatoriano no se identificaron especies andinas dentro de alguna categoría de amenaza.

La marcada diferencia en el porcentaje de especies amenazadas en Colombia respecto a las cuencas de otros países, puede deberse a dos condiciones: a) la ictiofauna es la mejor conocida de la región y b) en la región andina de Colombia se concentra la mayor parte de la población humana, en territorios ocupados históricamente y las diferentes actividades de este poblamiento, principalmente la deforestación y contaminación deben haber contribuido fuertemente al deterioro de los sistemas acuáticos presentes, provocando fuertes amenazas a la conservación de las especies.

De las especies categorizadas En Peligro Crítico (CR), algunas son trasandinas como *Pimelodus grosskopfii* que se distribuye en las cuencas de los ríos Sinú, Magdalena y Cauca (vertiente Caribe) y *Sturisomatichthys frenatum* y *Astroblepus ubidiai* en los ríos de la vertiente Pacífico (ríos Mira y Cayapas) de Ecuador. Ocho especies se localizan en las cuencas altas de la vertiente amazónica de los Andes. Dentro de esta región *Aphyolebias claudiae*, *Knodus shinahota* y *Phreatobius sanguijuela* se distribuyen en el Amazonas boliviano (ríos Mamoré e Iténez) y, en la región de la Amazonia peruana, *Anablepsoides speciosus*, *Aposturisoma myriodon*, *Astroblepus formosus*, *Nannostomus mortenthaleri* y *Rhamdella montana*.

La etiqueta "Posiblemente Extinta" se usa para identificar aquellas especies en la categoría En Peligro Crítico que podrían

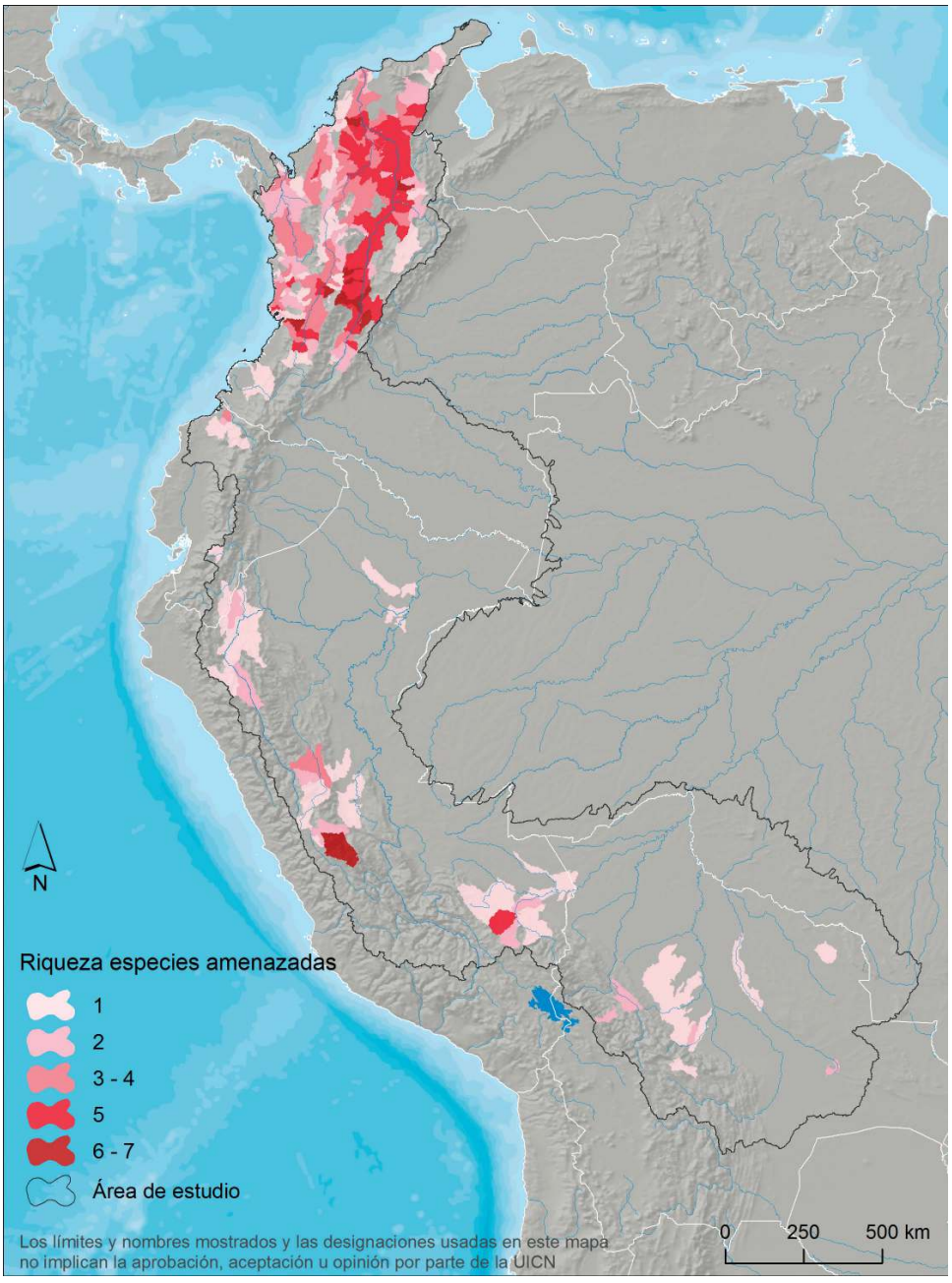


Figura 3.5 Patrón de riqueza de especies amenazadas de peces de agua dulce (número de especies por sub-cuenca) en los Andes Tropicales.

Orestias polonorum (EN) es conocida solamente de dos lagos en los Andes peruanos entre 4000 y 4200 m s.n.m. Foto: © Mikael Lundberg.

Brycon alburnus, especie Casi Amenazada (NT) endémica de la vertiente occidental de Ecuador. Foto: © Ronald Navarrete.

El bagre rayado (*Pseudoplatystoma magdaleniatum*) es una de la especies amenazadas (EN) por la sobrepesca en la cuenca del Magdalena en Colombia. Foto: © Luz Fernanda Jiménez-Segura.

Pez graso de la Laguna de Tota (*Rhizosomichthys totae)*. Esta especie no ha sido colectada desde 1958, por lo que se cree que podría estar extinta. Foto: © Colección de peces Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.

estar extintas, pero que es necesario confirmar su extinción (i. e. se necesitan muestreos exhaustivos en el área de su distribución, en el hábitat adecuado y durante las horas/temporadas adecuadas). En la región de los Andes noroccidentales se considera como Posiblemente Extinto al pez graso de Tota (*Rhizosomichthys totae*), especie conocida únicamente en el Lago de Tota en los Andes de Colombia (a 3000 m de altitud, con sólo dos registros comprobados: colectada y descrita en 1942, y un ejemplar capturado en 1958 y depositado en el ICN). Aunque en 1999 se hizo una búsqueda de la especie en el lago sin resultados positivos (Mojica *et al.* 2012a), por comentarios de habitantes de la zona existen sospechas de que aún podría habitar en las profundidades de este lago.

Las especies categorizadas En Peligro (EN) se concentran principalmente en la Amazonia, particularmente en la región peruana y boliviana: *Ancistrus marcapatae*, *Chaetostoma changae*, *C. daidalmatos, C. loborhynchos*, *C. stroumpoulos*, *Oligosarcus schindleri*, *Otocinclus cocama, Orestias gymnota*, *O. polonorum*, *Panaqolus albivermis, Potamotrygon tigrina, Trichomycterus taeniops* y *T. weyrauchi*; en la Amazonia ecuatoriana y colombiana no se registran especies dentro de ésta categoría de amenaza. En las cuencas del Caribe en la región norte de los Andes, se incluyeron en esta categoría ocho especies: *Ancistrus tolima*, *A. vericaucanus*, *Austrofundulus myersi*, *Brycon labiatus*, *Creagrutus nigrostigmatus*, *Gymnotus ardilai*, *Parodon alfonsoi* y *Pseudoplatystoma magdaleniatum*. Para la vertiente del

Océano Pacífico siete especies: *Astyanax daguae*, *Chaetostoma lepturum*, *C. palmeri*, *Cichlasoma gephyrum*, *Imparfinis spurrellii*, *Pseudocurimata patiae* y *Trichomycterus unicolor*.

Como especies Vulnerables (VU) se categorizaron: *Andinoacara biseriatus*, *Brycon fowleri*, *B. moorei*, *Bryconamericus tolimae*, *Cynopotamus atratoensis*, *Ichthyoelephas longirostris*, *Leporinus muyscorum*, *Hypostomus wilsoni*, *Genycharax tarpon*, *Pimelodella macrocephala* y *Trichomycterus transandianus* en las cuencas del Caribe. En la vertiente Pacífico diez especies: *Andinoacara biseriatus*, *Apteronotus spurrellii*, *Astroblepus heterodon*, *A. ventralis*, *Genycharax tarpon, Gymnotus henni*, *Hypostomus annectens*, *Pseudochalceus longianalis* y *Trichomycterus regani*. En la vertiente andina del Amazonas, 17 especies se asignaron a ésta categoría: *Anablepsoides lineasoppilatae*, *A. parlettei*, *Ancistrus bolivianus*, *Aphyolebias obliquus*, *Apistogramma cinilabra*, *Astroblepus latidens*, *A. supramollis*, *Attonitus bounites*, *Chaetostoma branickii*, *C. marmorescens*, *Hyphessobrycon nigricinctus*, *Knodus longus*, *Spectrolebias pilleti* y *Tahuantinsuyoa chipi*. El bocachico (*Prochilodus magdalenae*) no fue evaluado en este reporte, pero en el Libro Rojo de los Peces de Colombia figura como Vulnerable (Mojica *et al.* 2012).

3.3.4 Especies con Datos Insuficientes

Las especies con Datos Insuficientes (DD) en general corresponden a especies raras dentro de la ictiofauna, es decir, con baja frecuencia de captura, que habitan en cuencas poco exploradas, o que han sido recientemente descritas. Esto hace que sean especies con información limitada sobre su distribución, ecología, tendencia poblacional y las amenazas que podrían estar experimentando. El número de especies con Datos Insuficientes

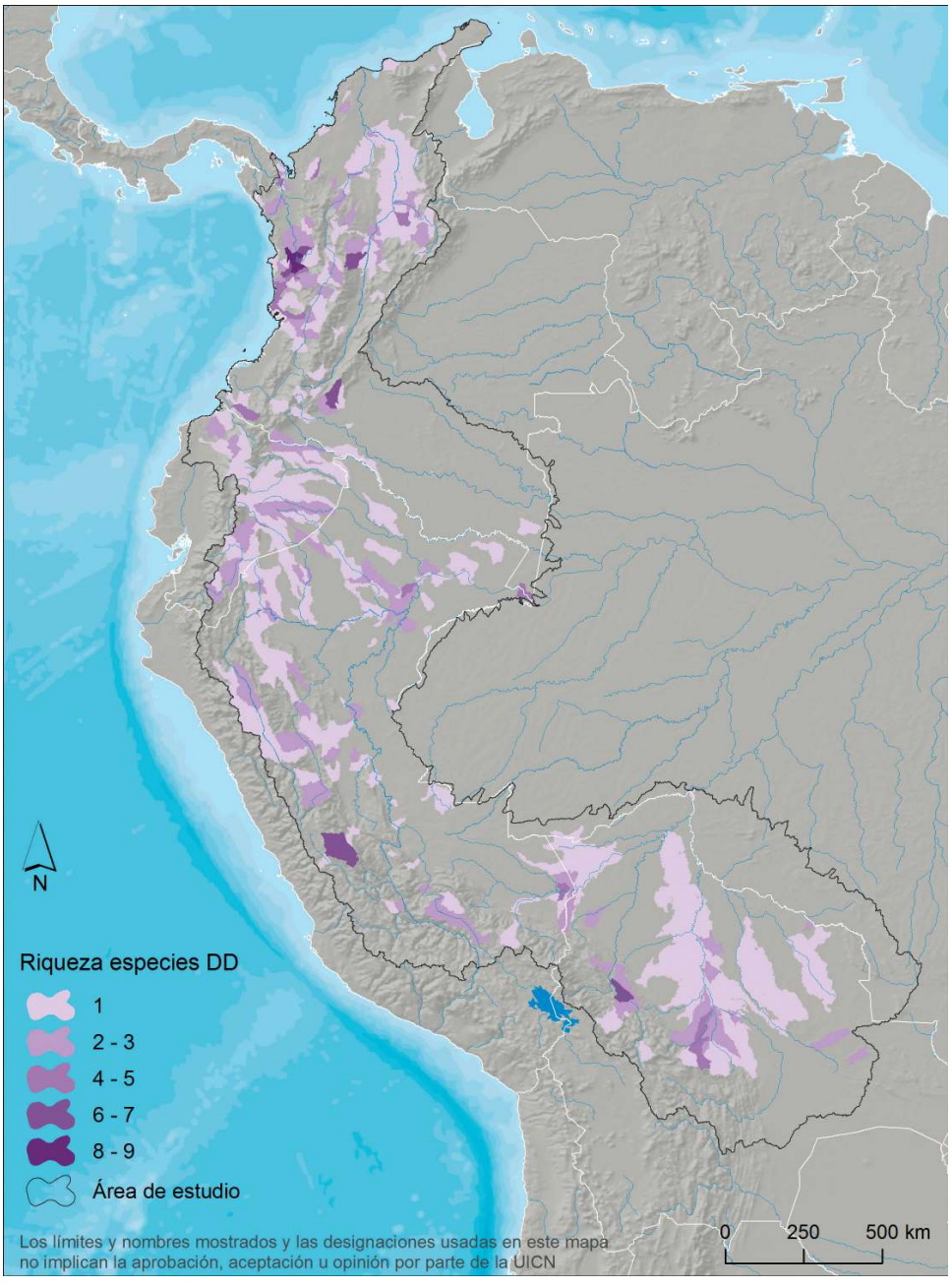


Figura 3.6 Patrón de riqueza de especies de peces de agua dulce con Datos Insuficientes (número de especies por sub-cuenca) en los Andes Tropicales.

representa cerca de un tercio del número de especies endémicas aquí analizadas. En Colombia, la mayor cantidad de especies con Datos Insuficientes se encontraron en las cuencas de la vertiente del Pacífico, los ríos Mira, Patía, Anchicayá, Dagua, Baudó, Juradó y San Juan; y en la vertiente Caribe, la cuenca alta del Sinú, Ranchería, ríos de la Sierra Nevada de Santa Marta, cuenca del río Atrato, así como la cuenca media del río Cauca y Magdalena, en particular en los ríos La Miel y Sogamoso.

En la vertiente amazónica, existe poca información (o está incompleta) de aquellas especies presentes en las cuencas altas de los ríos Caquetá, Morona, Pastaza, Santiago, Napo, Guayas y drenajes menores de la vertiente Pacífico, Marañón, Huallaga, Ucayalí, Urubamba, Orthon, Beni y Mamoré. La mayor concentración de especies con Datos Insuficientes se encuentra en la cuenca alta de los ríos San Juan, Atrato, Caquetá, cuenca alta de Ucayali, Beni, Iténez y Mamoré y río La Miel (cuenca media del Magdalena) (Figura 3.6).

Casi un tercio del total de especies analizadas no tienen datos suficientes para definir su categoría de amenaza. La ausencia de información es más evidente dentro del grupo de los Batrachoidiformes y Pleuronectiformes (100% de las especies sin información), Cyprinodontiformes (45%), Siluriformes (34% de las especies) y Characiformes (29%). Cerca del 75% de las especies de la familia Poeciliidae no tienen información, así como tampoco el 67% de las especies de Aspredinidae y el 50% de las especies de Astroblepidae y Heptapteridae (Tabla 3.1).

3.4 Principales amenazas para los peces de agua dulce

Las poblaciones humanas en los Andes han aprovechado los ríos para satisfacer las demandas de agua y energía. Históricamente el impacto humano ha sido más fuerte en las zonas más altas, sin embargo un aumento en la colonización de áreas más bajas (500-2500 m s.n.m.) ha extendido la influencia humana sobre los ecosistemas acuáticos (Anderson *et al*. 2011). En general, la deforestación, contaminación y las demás actividades que se desarrollan alrededor de economías basadas en ganaderías extensivas y la agricultura, la extracción de minerales sin regulaciones o estudios técnicos apropiados de su compatibilidad ambiental, la generación de energía hidroeléctrica, así como el uso de los peces como recurso proteico (incluyendo el cultivo de especies introducidas), son las principales fuentes de amenaza a la conservación de la ictiofauna andina tropical (Galvis y Mojica 2007, Jiménez-Segura *et al*. 2016).

En función de la evaluación de la Lista Roja de las 666 especies de peces endémicos de los Andes Tropicales, se encontró que la contaminación es el principal factor de amenaza, afectando al 55.4% de las especies amenazadas y Casi Amenazadas (NT) (Figura 3.7). Los otros factores importantes de amenaza para los peces de agua dulce son la agricultura y acuicultura, modificaciones de los sistemas naturales y uso de los recursos biológicos (cada uno con 28%) y producción de energía y minería (26%).

3.4.1 Agricultura y acuicultura

Agricultura. El desarrollo de la industria agropecuaria conlleva deforestación, cambio en la estructura y en las características físico-químicas del suelo, aporte por escorrentía de agroquímicos y pesticidas a los cuerpos de agua, reducción en el caudal debido a captación para distritos de riego y, a la pérdida de lagos dentro del plano lateral por desecación y relleno. En Ecuador, el uso principal del agua de los ríos está dirigida hacía el riego de cultivos. Se estima que más del 80% de las captaciones del agua en Ecuador tienen esta finalidad (Anderson *et al*. 2011) así que muchos ríos andinos en Ecuador dejan de fluir durante periodos de lluvias escasas (Buytaert *et al*. 2006). En Colombia, se estima que el sector agrícola usa el 46.6% del volumen total de agua que se utiliza en el país, el sector pecuario 8.5 %, para generación de energía 21.5%, para uso doméstico 8.3%, en la industria 5.9% y 4.6% con fines acuícolas (IDEAM 2014). Además, en ciertas regiones de Colombia, los extensos cultivos de palma africana (*Elaeis guineensis*) y de plátano (*Musa paradisiaca*) vienen desviando buena parte del caudal de los ríos León (cuenca del río Atrato), San Jorge y Cesar para regar

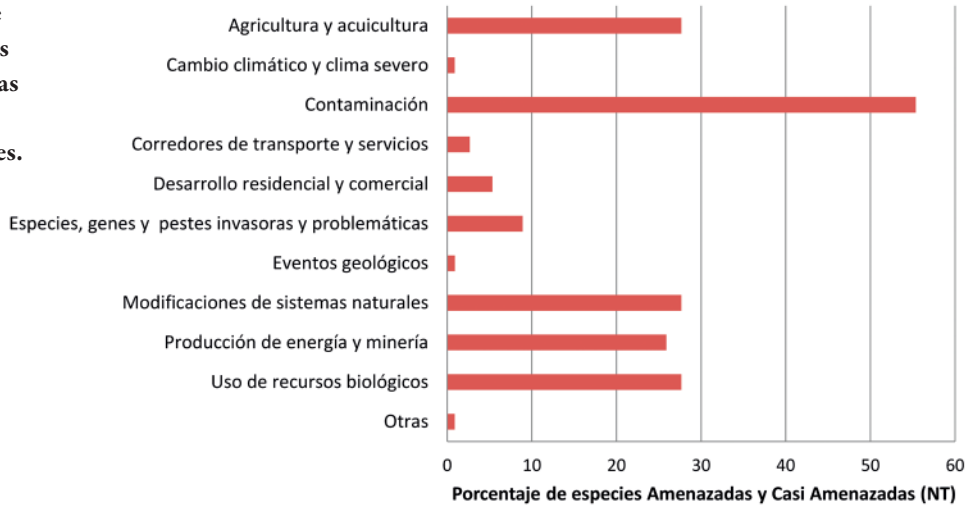


Figura 3.7 Principales factores de amenaza que afectan a las especies de peces de agua dulce amenazadas y Casi Amenazadas (NT) endémicas de los Andes Tropicales.

Contaminación de cauce por desechos urbanos e industriales en afluente del río Bogotá. Foto: © José Iván Mojica.

sus suelos. Adicionalmente, éstos agricultores y los ganaderos han secado extensas áreas de ciénagas en las zonas inundables en las cuencas de los ríos Magdalena-Cauca, Cesar y San Jorge para ganar terreno para sus cultivos y animales.

En las zonas norte y sur de Perú se desarrolla una agroindustria importante, los cultivos son productos de exportación que requieren de grandes cantidades de agua (como por ejemplo los espárragos en Ica y el arroz en todo el norte peruano) y son en parte los responsables de la drástica reducción del nivel freático de los ríos más importantes en el sur y de la salinización de los suelos en el norte. En el caso de las zonas agrícolas que en su mayoría se encuentran en la macro-región norte, la extracción se realiza a través de la construcción de canales de derivación de los flujos superficiales, desviando un gran porcentaje del caudal hacia los diferentes cultivos (Proyecto Olmos, trasvase del río Huancabamba, tributario del río Marañón; Banco Central de Reserva del Perú 2013). Las empresas extractivas e industriales emplean camiones cisterna que cargan con el agua del río a los centros de operación o bombean el agua directamente del río; así mismo, algunos proyectos mineros utilizan aguas subterráneas para sus operaciones, mientras que otras complementan su abastecimiento mediante la extracción de aguas subterráneas desde el subsuelo local (Tovar *et al*. 2006). Las cuencas de los ríos Madre de Dios y de la costa norte de Lima son de las que se extrae la mayor cantidad de agua para las actividades agrícolas.

Las ciénagas en las zonas inundables de las cuencas que drenan al Caribe colombiano suelen ser desecadas para agricultura y ganadería.
Foto: © Luz Fernanda Jiménez-Segura.

Deforestación para agricultura y sedimentación en la región de Natagaima, en la cuenca alta del río Magdalena, Colombia. Las actividades agrícolas en las cercanías del río producen sedimentación por erosión y también contaminación con agroquímicos. Foto: © José Iván Mojica.

Acuicultura. La presión pesquera en interacción con las varias otras amenazas previamente descritas ha llevado a que los "stocks" pesqueros de especies endémicas del Neotrópico sean cada vez menores y a que la sociedad busque en la cría de peces una alternativa para suplir sus necesidades de proteína y de ingresos económicos. Sin embargo, la escasa inversión de los Estados en investigaciones dirigidas a construir paquetes de producción de éstas especies, ha conllevado al uso de especies foráneas como base de la piscicultura regional. En los años 50 del siglo pasado se dio comienzo al cultivo de ciprínidos provenientes del Asia en particular de la carpa (*Cyprinus carpio*), luego se promocionó el cultivo de salmónidos norteamericanos (*Oncorhynchus mykiss, Salmo gairdneri*), desde hace unas cuatro décadas ingresaron cíclidos africanos (Tilapias) de los géneros *Coptodon* y *Oreochromis* y, otro recientemente traído a Colombia desde el Asia, el silúrido carnívoro conocido como Basa (*Pangasius* spp).

Actualmente la tilapia (*Coptodon rendalli*) y la trucha (*Oncorhynchus mykiss*) son las especies con mayor producción en los países andinos; la producción de Tilapia ha logrado que Colombia y Ecuador se encuentren entre los principales productores a nivel mundial (FAOSTAT; http://faostat3.fao.org). En Colombia el cultivo en cautiverio de ésta especie ha ocupado extensas áreas de tierra y de agua dentro de los embalses (ej. el embalse de Betania reportó una productividad de cerca de 50 000 t/año) llevando a que la producción se haya triplicado en los últimos 20 años. Adicionalmente, es la especie por excelencia en la pesquería artesanal que se desarrolla en buena parte de los embalses colombianos por debajo de los 1000 m de elevación (Jiménez-Segura *et al*. 2011). Los cultivos intensivos de estas especies bien sea en estanques en tierra o dentro de los embalses provocan cambios en la calidad del agua debido a los aportes de fósforo y nitrógeno que son liberados en la descomposición de aquella comida (concentrado) que no fue consumida por los peces confinados. Estas nuevas condiciones ocasionan escenarios de hipereutrofia y crecimientos masivos de algas que pueden ocasionar reducción en la concentración de oxígeno y la proliferación de hongos y bacterias que afectan la epidermis de los peces.

3.4.2 Cambio climático y clima severo

La modificación en la distribución de la temperatura en el planeta resultado de diversos factores de origen antrópico (acumulación de gases con efecto invernadero, perforación de la capa de ozono), ha llevado a que se modifique la distribución de las lluvias en el tiempo y en el espacio. Cambios en la distribución de lluvias hacen particularmente vulnerables a los sistemas andinos tropicales dado que en ellos la temporalidad de las lluvias influye fuertemente en el caudal y en el régimen de flujo de los ríos (Vuille 2013). Pero no solo es el cambio en la distribución de las lluvias debido a la modificación en la distribución de la

temperatura lo que genera afectaciones, es la interacción con las otras múltiples modificaciones que se hacen directamente en las cuencas (deforestación, gases liberados por las extensas áreas de los embalses, entre otras), las que generan que ciclos como el ENSO (Ciclo del Niño) sean más intensos y tengan mayores repercusiones en la biota acuática y, en la población humana que depende de ella y que habita en áreas ribereñas.

En el norte de los Andes se consideran vulnerables a las condiciones generadas por el cambio climático global, a las cuencas de la vertiente al Océano Pacífico y al mar Caribe así como también la mayoría de las cuencas de la vertiente amazónica, con excepción de las de los ríos Pastaza, Napo, Morona, Parapetí, Yata, Orthon y Acre, por el estado de conservación de sus bosques. En la Amazonia andina, la vulnerabilidad se asocia con la predicción de mayores precipitaciones en lapsos menores de tiempo; esto puede generar fuertes crecientes en tiempos de transito cortos y potenciar procesos erosivos (Fundación Bustamante De La Fuente 2010).

En las zonas bajas de los Andes (altitudes menores a 1000 m) la reducción en el caudal durante las fuertes temporadas secas y el cambio en su régimen hace que los tiempos requeridos para que las poblaciones de las especies de peces se renueven (temporalidad en las migraciones, estímulo al desove, tiempo de incubación de embriones, oferta de alimento y condiciones de hábitat para larvas, juveniles y adultos) se modifiquen generando cambios en el reclutamiento de las poblaciones. Las condiciones asociadas con la reducción en el caudal también hacen que los peces migratorios sean más vulnerables a la extracción por pesca debido a que los métodos se hacen más efectivos.

Los ecosistemas montañosos arriba de los 1000 m de altitud son particularmente frágiles al cambio climático. Sus suelos son los receptores y acumuladores de agua. Dentro de estas zonas se encuentran los humedales, lagos y lagunas que son las nacientes de los principales ríos (Maldonado *et al.* 2011). La ictiofauna "de montaña", presenta adaptaciones para resistir condiciones extremas como bajas temperaturas, fuerte velocidad del agua, pendiente pronunciada, baja productividad (Jaramillo-Villa *et al.* 2010), pero no está preparada para la reducción drástica del volumen de agua y a un posible aislamiento de sectores de los cauces debido a la reducción del flujo de agua. En estas regiones se encuentra el mayor número de endemismos de las diferentes cuencas hidrográficas a las que pertenecen. Las especies de los géneros *Astroblepus, Orestias* y *Trichomycterus* reúnen la mayoría de las especies registradas por encima de los 1000 m s.n.m. (Chocano *et al.* 2011, Ortega *et al.* 2012), por lo tanto, serían vulnerables al cambio climático.

Laguna a más de 3000 m s.n.m. con frailejones y vista del Paramillo de Santa Rosa en Colombia. Estas lagunas de altura son muy vulnerables al cambio climático. Foto: © Cornelio Bota-Sierra.

El retroceso de los glaciares debido a la elevación de la temperatura global puede afectar directamente la composición de especies de los ecosistemas acuáticos debido a cambios en el suministro de agua. Así sucede, por ejemplo, con los humedales que dependen y se alimentan directamente del agua procedente del deshielo de glaciares (p. ej. los bofedales en el Perú). Las especies acuáticas adaptadas a estas condiciones son extremadamente vulnerables a la extinción ya que, a diferencia de las especies terrestres, su distribución altitudinal no les permite desplazarse a mayores altitudes en busca de un hábitat de corriente glaciar inexistente, lo que hace a las especies que habitan este tipo de hábitats especialmente vulnerables a los efectos del cambio climático.

3.4.3 Contaminación

Las condiciones de la masa de agua en términos de sus características químicas y físicas son frecuentemente modificadas por la descarga de vertimientos residuales sin tratamiento previo, provenientes de diversas industrias (incluyendo la minería legal e ilegal), del procesamiento de coca (Dourojeanni 1992), descargas domésticas (residuos orgánicos) de las ciudades y poblados (McClain *et al.* 2001), contaminación por piscicultura intensiva (Mariano *et al.* 2010) y pesticidas usados para el control de plagas en cultivos agrícolas así como en fumigaciones aéreas de glifosato para reducir los cultivos de coca. Estos ingresan a los cuerpos de agua por escorrentía. Otros eventos que aportan a esta contaminación son los derrames de combustibles (gasolina y petróleo) que se suceden a lo largo de la red de transporte.

Los cambios en la calidad del agua que son generados por algunas de estas causas o por la interacción de todas, generan cambios importantes en la proporción de sales (nitratos, fosfatos) y en el balance ácido-alcalino, que generan procesos de óxido-reducción que consumen el oxígeno disuelto en el agua, causando condiciones de anoxia (Dourojeanni 1992, McClain *et al.* 2001, Mariano *et al.* 2010). La presencia de xenobióticos (hidrocarburos, mercurio, arsénico, compuestos de pesticidas y herbicidas) dentro del agua afectan a su vez, la tasa respiratoria de los peces, y en el caso de algunos compuestos que no pueden ser degradados, se depositan en el tejido provocando bioacumulación y bioconcentración (en los organismos) y biomagnificación (en la red trófica), con efectos importantes en las condiciones de salud de los peces y finalmente de la población humana que los consume (Palacio 2007, Barry *et al.* 2007).

Contaminación por minería y desechos en río andino de Bolivia. Foto: © Mabel Maldonado.

Debido a que buena parte de la población humana se ha asentado sobre la cordillera andina y sus actividades económicas las realiza allí, son pocas las cuencas andinas ajenas a estas fuentes de contaminación. Sobre la vertiente amazónica en Bolivia, las cuencas de Parapeti, Yata, Orthon, Mamoré, Iténez y Acre tienen pocas amenazas a la calidad de agua, en particular por vertimientos de algún tipo. En las otras cuencas andinas se observan varias fuentes de amenaza a la calidad del agua. La contaminación por derrames de hidrocarburos, lavado de pesticidas y liberación de xenobióticos es común en ríos andinos en la vertiente amazónica del Perú (Pastaza, Apurímac, Marañón, Napo, Morona, Urubamba y Madre de Dios) (Tapia 2008, Ashe 2012, Asner *et al.* 2013, Roach *et al.* 2013, Rodbell *et al.* 2014), en la región norte (ríos Catatumbo, Cesar, Cauca, Magdalena), en los ríos Mira y Dagua en la vertiente colombiana al Pacífico, y en los ríos Santiago-Cayapas y Esmeraldas en el Ecuador. Los residuos vertidos a pequeños cuerpos de agua luego del procesamiento de la coca afecta todas las cuencas a lo largo de los Andes colombianos (exceptuando los ríos Cesar y Ranchería) y peruanos, especialmente en los valles de los ríos Apurímac, Ene, Mantaro y Pachitea (Dourojeanni 1992); así como afluentes del río Huallaga, en especial, el río Monzón (cercano a la ciudad de Tingo María). Los vertimientos orgánicos afectan todas aquellas cuencas andinas que tienen desarrollo de centros poblados del norte de los Andes, de la Amazonia ecuatoriana y peruana.

3.4.4 Corredores de transporte y servicios

La construcción de vías de transporte terrestre o la adecuación de vías fluviales para promover transporte de carga irrumpe en la conformación del sustrato de los cauces de ríos y quebradas, en el balance hidrológico del cauce con su plano lateral y en algunos casos, en el aislamiento de los sistemas debido a la construcción de diques que interrumpen el continuo. Adicionalmente, en los países andinos, el desarrollo de la industria (petróleo, carbón, energía eléctrica), ha influido en la construcción de vías de transporte terrestre, abriendo camino a procesos de colonización, deforestación y modificación de sistemas acuáticos.

En Colombia, la Ciénaga Grande de Santa Marta, declarada en 1977 como Santuario de Flora y Fauna dentro del Sistema de Parques Nacionales y como sitio Ramsar en 1998, ha sido afectada por la construcción de la Troncal del Caribe en 1974. Esta vía interrumpió el flujo Ciénaga Grande de Santa Marta con el mar Caribe eliminando la población de manglares presente en este sector y de paso su función como área de cría para la biota acuática. Recientemente, el gobierno busca ampliar esta vía, incrementando la afectación sobre el sistema. Actualmente en Colombia se vienen desarrollando obras y dragados para habilitar cerca de 500 km del cauce principal del río Magdalena entre la ciudad de Barrancabermeja y Puerto Salgar para la navegación de grandes embarcaciones para el transporte de carga. Aun no se ha definido el impacto de estas obras de profundización del canal pero es factible que la relación hidrológica río-lagos del plano lateral pueda verse modificada por algunas de las actividades para encauzar el río y esto repercutir en el ingreso de larvas de especies migratorias durante las temporadas de crecidas.

3.4.5 Desarrollo residencial y comercial

El crecimiento de la población y su concentración en urbes es evidente en la región andina. La construcción de vivienda urbana ha venido en aumento y está asociada al crecimiento de la población. La deforestación, la cobertura del suelo con asfalto y el uso de los cauces de los ríos como redes de drenaje de desechos, son las principales consecuencias del crecimiento de las ciudades sobre los sistemas acuáticos naturales y de su biota asociada. La deforestación y las capas de asfalto reducen la capacidad del suelo para retener el agua precipitada durante las lluvias, lo que repercute en mayor escorrentía y menor recarga de acuíferos.

En Colombia, las dos principales ciudades (Bogotá y Medellín) reúnen el 36% de la población colombiana. Éstas ciudades se encuentran arriba de los 1000 m y su expansión se ha dado hacía las laderas de cadenas montañosas irrumpiendo sobre pequeños cursos de agua y humedales, fundamentales para la conservación de pequeñas especies de peces (*Astroblepus* spp, *Chaestostoma* spp, *Trichomycterus* spp, *Grundulus bogotensis*) endémicos de la región. La protección de estos ambientes corresponde a las autoridades locales y regionales (CAR, Corporaciones Autónomas Regionales), pero ha sido deficiente y los constructores avanzan sin control. En territorio peruano, se deriva agua de las zonas de las cabeceras (lagos y lagunas) y de las cuencas altas de los ríos considerados en este análisis (algunos de los cuales son represados). La totalidad de las aguas de desagüe de la región costera peruana no son reutilizadas, sólo en algunos sectores cuentan con tratamientos antes de desembocar en el mar. La extracción de agua se realiza de manera importante en las cuencas de los ríos Madre de Dios y de la costa norte de Lima, donde también ocurre la construcción de diques y reservorios de captación de agua.

3.4.6 Especies invasoras, genes y enfermedades

La amenaza de las especies introducidas para la piscicultura en los países andinos no está en que estas especies se hayan convertido en base de la alimentación humana, sino en que cada vez es más recurrente su presencia en los sistemas naturales debido a escapes de las estaciones de piscicultura, provocando desequilibrio en la red trófica de los ambientes acuáticos.

Las malas prácticas de manejo por parte de los piscicultores han llevado a su presencia en los sistemas naturales y en algunos casos a la dispersión de organismos que generan enfermedades en los peces nativos (Castro *et al.* 2014). La invasión de la trucha es un ejemplo de como una especie carnívora puede ser una amenaza real a la ictiofauna por depredación directa o indirecta. El hábitat de la trucha son aquellos ríos por encima de los 1200 m de elevación. En estos sistemas, la trucha tiene como fuente de alimento a individuos de peces endémicos (p. ej. géneros *Trychomycterus* y *Astroblepus*, y la especie *Grundulus bogotensis*),

así como también a la fuente de alimento para estos peces (i. e. invertebrados acuáticos). Recientemente ejemplares del pez carnívoro Basa (*Pangasius pangasius*), nativo de India, Myanmar, Bangladesh y Pakistán, han sido capturados por pescadores en la cuenca del río Magdalena. Las especies de *Coptodon*, nativas de África, son particularmente abundantes en los embalses del trópico andino, y vienen presentando una afección bacteriana conocida como estreptococosis, que no sólo genera elevadas mortalidades de ejemplares de tilapia sino también dermatitis en las personas que están en contacto con ejemplares enfermos dentro de las piscícolas. Aún no hay evidencias de la afectación de ésta bacteria en las especies nativas.

No solo las especies provenientes de África, Asia y Europa han sido importantes en la piscicultura de los países andinos. Existen otras especies amazónicas y de la Orinoquia como la cachama negra (*Colossoma macropomum*) y la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), que han sido trasplantadas a otras cuencas y ya se encuentran dentro de las capturas de pescadores en los ríos Atrato, Magdalena-Cauca y San Jorge, debido a escapes de ejemplares provenientes de pisciculturas.

La presencia de especies foráneas invasoras en los sistemas naturales no se ha originado únicamente en el interés como recurso proteínico, la acuariofilia, el control biológico y la pesca deportiva han sido también importantes. Es por esto que no es extraño encontrar dentro de las capturas de monitoreos ictiofaunísticos o, dentro de las mismas capturas de los pescadores, ejemplares del guppy (*Poecilia reticulata*), pejerrey argentino (*Odontesthes bonariensis*), tucunare o pavón *Cichla* spp y de mojarra barbona (*Trichogaster pectoralis*). La presencia de estas especies ornamentales es recurrente en todas las cuencas andinas tropicales; aunque aún no se registran estas especies en las cuencas de los ríos Parapetí, Acre, Orthon, Iténez, Morona, Napo, Santiago, Putumayo, Caquetá, San Juan, Ranchería, Sinú, Catatumbo, San Jorge y Cesar, es posible que ejemplares de éstas especies ya se encuentren dentro de éstos sistemas.

Si bien existen varios documentos que definen la presencia y distribución de las especies introducidas (exóticas y/o trasplantadas) en la región andina (Ortega *et al.* 2007, Van Damme *et al.* 2009, Carvajal-Vallejos *et al.* 2009, Gutiérrez *et al.* 2012), no hay evidencias contundentes de la influencia que tienen sobre el estado de conservación de las especies nativas, salvo que, la presencia de algunas de estas especies se asocia con la reducción en las poblaciones de ciertas especies nativas (Caraballo 2009). Es posible que las estrategias de vida (cuidadoras de prole, dieta detritívora y carnívora, formadoras de nido) de muchas de estas especies foráneas les permitan colonizar eficientemente sistemas lacustres como lagos y embalses, pudiendo llegar a competir por fuentes de alimento o también por hábitat para la reproducción.

En Colombia, durante la década pasada, se construyó una normativa interesante para el control y manejo de éstas especies; sin embargo, a finales del año 2015, el Ministerio de Agricultura a través de su agencia para la Pesca (Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca) decidió declarar a *Coptodon rendalli*, *Oreochromis niloticus* y *Onchorhynchus mykiss* como especies "domésticas" y promociona su cultivo en embalses y lagos de inundación. Esto se contrapone con la política nacional para la conservación de la diversidad biológica y para el manejo de las especies introducidas definidas por el Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible y sus institutos asociados.

En Bolivia, la introducción de *Colossoma macropomum* (proveniente de piscicultura de Brasil), *Poecilia reticulata*, *Brachyplatystoma juruense*, *Arapaima gigas*, *Cichla* spp y *Semaprochilodus* sp. en las tierras bajas de la cuenca amazónica, son una amenaza a la conservación de la ictiofauna nativa. De manera similar, en la porción andina de la cuenca amazónica boliviana, la presencia de las truchas (*Onchorhynchus mykiss, Salmo trutta*), la carpa común (*Cyprinus carpio*) y el pejerrey (*Odonthestes bonariensis*), representan una amenaza a las poblaciones de especies del género *Orestias* y a *Oligosarcus schindleri* (Van Damme *et al.* 2009; Carvajal-Vallejos *et al*. 2009; Carvajal-Vallejos *et al*. 2014b).

Los repoblamientos con especies nativas promovidos por la autoridad ambiental en los países andinos para compensar impactos generados por los embalses que generan energía eléctrica son fuente de preocupación debido a las prácticas asociadas con la endogamia (el entrecruzamiento de padres con hijos) y al origen geográfico de los parentales usados para producir los juveniles. La reducción en la variabilidad génica, producto del cruzamiento de padres con hijos (endogamia), potencia la generación de juveniles homocigotos en los que pueden hacerse evidente rasgos recesivos o deterioros genéticos. Los repoblamientos con ejemplares de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) realizados en la cuenca del río Magdalena a finales del siglo pasado con juveniles obtenidos de parentales provenientes de la población del río Sinú y viceversa, son una fuente de contaminación genética (introgresión génica debido a hibridización) que puede estar conformando una subpoblación de la especie dentro de la cuenca (Lamprea *et al*. 2004).

3.4.7 Modificación en los sistemas naturales

Las cuencas andinas tropicales tienen varias afectaciones a la conectividad longitudinal, lateral y vertical en la red hídrica. El incremento en la carga de sedimentos en el agua, la remoción del sustrato en los cauces, la reducción en el volumen de agua, el encauzamiento de quebradas y ríos, y la fragmentación del continuo por instalación de diques y presas son resultado de la construcción de vías fluviales y terrestres, de la extracción de minerales preciosos, de la tala del bosque, de la ampliación de la frontera agropecuaria y la generación de energía eléctrica. Estas afectaciones modifican la estructura y conexión de los sistemas acuáticos dentro de la red hídrica ocasionando el aislamiento de las poblaciones de especies de peces e interrumpiendo el flujo génico, así como también las condiciones para la oferta de alimento, para el desove y el desarrollo de larvas y juveniles.

La modificación de las condiciones de las redes hidrográficas tiene importantes repercusiones en el reclutamiento de las poblaciones de especies de peces y en todas las cuencas andinas tropicales la conservación de la red hidrológica está amenazada. Una de las evidencias más conspicuas es la reducción en la captura de los pescadores de la cuenca del río Magdalena-Cauca. Las especies reclutadas en la pesca en esta cuenca son migratorias y, bajo condiciones hidrológicas particulares, estos individuos utilizan cada uno de los diferentes nodos dentro de la red (lagunas, caños de conexión, cauces principales y cauces de tributarios) para la migración, la maduración de gónadas, el desove, la incubación de embriones y la sobrevivencia de la prole. Si estos nodos pierden su conexión y sus características se afectan, la red que garantiza el reclutamiento de las poblaciones se debilita. Las cuencas dentro de la vertiente amazónica en la región de Bolivia son las que menor afectación tienen. Allí, aunque el área de los lagos dentro del plano lateral inundable se ha reducido, la red permanece conectada (salvo en el río Mamoré) y la estructura de los nodos se mantiene.

En Perú, la construcción de embalses para la producción de energía y los represamientos para el abastecimiento de agua son una fuerte preocupación en relación a la conservación de los peces de aguas continentales, ya que conducen a impactos ecológicos y sociales negativos severos, tanto aguas arriba como aguas abajo de la ubicación de cada represamiento. Dependiendo del tiempo de vida y de la dimensión de cada proyecto, se convierten en una amenaza, tanto para el ecosistema terrestre como para el acuático, y por ende para las poblaciones de peces del río y la cuenca, ya que generan modificaciones diversas de los hábitats físicos y químicos, produciendo a su vez cambios en las comunidades biológicas existentes y en el funcionamiento ecológico de los ríos, llevando incluso a la desaparición de especies sensibles y perjuicios para las poblaciones humanas (Aguilera y Pouilly 2012).

El encauzamiento de los ríos no es una práctica común en los Andes, sin embargo, se observa en las cuencas de los ríos Magdalena, Cauca, y en todas las cuencas dentro de la región amazónica del Perú (excepto los ríos Morona, Napo/Coca). En Colombia, hay sectores de los ríos que han sido encauzados (cuenca alta del río Porce, río Bogotá, río Cañaveralejo) en aquellos sectores que atraviesan las ciudades de Medellín, Bogotá y Cali. Estos encauzamientos buscan reducir el desborde del río durante las crecientes y el movimiento del cauce sobre su plano lateral pero generan una barrera a la dispersión longitudinal y lateral de los individuos.

La represa de Santo Antonio en el río Madera en Brasil podría tener efectos negativos en Bolivia ya que es una cuenca transfronteriza.
Foto: © Fernando M. Carvajal-Vallejos.

3.4.8 Producción de energía, hidrocarburos y minería

Generación de energía eléctrica. El uso de agua como fuente de energía eléctrica es común a toda la franja andino-amazónica, desde Colombia hasta Bolivia. En la región se listan 113 embalses (24 en Bolivia, 39 en Colombia, 50 entre Ecuador y Perú) con diferentes capacidades de generación de energía eléctrica. Si bien este número es bajo a nivel mundial, su localización dentro de la red hidrológica ha conllevado a diversos cambios en la dinámica de los sistemas acuáticos ribereños (Finer y Jenkins 2012, Jiménez-Segura *et al.* 2014a). La planificación del desarrollo hidro-energético que los países localizados sobre los Andes Tropicales vienen haciendo para la construcción de embalses futuros es una alerta importante en términos del impacto que generarán a la biodiversidad, no solo en la conectividad de la red hidrológica, sino en las consecuencias en el largo plazo en la distribución de nutrientes y sedimentos en las zonas bajas de los ríos. También en la conservación de peces con condiciones de hábitat muy específicas a las zonas de montaña y en la sostenibilidad de los recursos pesqueros basados en especies migratorias.

En Colombia se planea duplicar la capacidad instalada hacía el año 2027 con la construcción de cerca de 200 nuevos embalses (Jiménez-Segura *et al.* 2014a), en Ecuador se están analizando 60 futuros embalses, en Perú 152 proyectos (Finer y Jenkins 2012, Arana 2012) y en Bolivia, diez. Con excepción de Colombia, buena parte de éstas iniciativas se concentran en las cuencas del piedemonte amazónico. A pesar de las consecuencias que tiene construir un embalse dentro de una red hidrográfica tropical andina, los gobiernos encuentran en el desarrollo hidroeléctrico una forma de mantener la economía de sus países buscando en los bancos internacionales posibles apoyos de financiamiento en detrimento de la diversidad biológica dentro de sus sistemas naturales. Para mayor detalle sobre las implicaciones del desarrollo hidro-energético en Colombia consultar Jiménez-Segura *et al.* (2014a).

Las futuras represas romperán el flujo unidireccional de cinco de los seis principales tributarios andinos del río Amazonas (Caquetá, Madeira, Napo, Marañón, Putumayo y Ucayali). Los ríos que se ven más amenazados son los que nacen en Ecuador y el norte de los Andes peruanos. Más de la mitad (81) de todas las represas planificadas se encuentran en el río Marañón y sus tributarios (incluyendo los ríos Huallaga, Pastaza y Zamora) en Ecuador y Perú. Gran parte de la energía hidroeléctrica existente para Ecuador proviene de cuatro grandes represas en dos afluentes del norte del Marañón, pero el resto del sistema del río es de flujo libre (Finer y Jenkis 2012).

En Perú, la declaración del Estado peruano 020-2011-EM del 26 de abril de 2011 declara de interés nacional y social la construcción de 20 Centrales Hidroeléctricas en la cuenca del río Marañón que generarán un potencial aproximado de 12 430 MW y generarían una inversión de hasta 15 000 millones de dólares estadounidenses; éstos embalses cubren el 27% de los territorios titulados por el Estado a las comunidades indígenas. El proyecto Inambari también fue concebido en el marco de promoción del Acuerdo Energético Binacional Perú-Brasil. El embalse proyectado tiene una extensión aproximada de 400 km^2, cubriendo principalmente bosques primarios e inundaría cerca de 100 km de la carretera interoceánica sur, generando pérdidas de recursos ya invertidos cercanos a los 360 millones de dólares estadounidenses. Este embalse afectará a 8000 personas, los territorios de comunidades nativas y al Parque Nacional Natural Bahuaja-Sonene. Ráez-Luna y Dammert Bello (2012) afirman que los impactos que se producirán son dramáticos en términos de la hidrología, geomorfología, ciclos biogeoquímicos y biológicos en las cuencas afectadas.

En el 2005 el estado boliviano promulgó un decreto supremo en el cual declara de interés y prioridad nacional la definición de una política nacional en materia de aprovechamiento integral de las cuencas hidrográficas del país. Actualmente, hay prioridad para impulsar el aprovechamiento hidroeléctrico de la cuenca del río Beni y están siendo evaluados dos grandes proyectos que se construirían en la cuenca alta (sector Angosto del Bala) y en la cuenca baja (sector Cachuela Esperanza) y, en la cuenca del río Mamoré, se viene impulsando el proyecto de Rositas sobre el río Grande.

Hidrocarburos. La industria petrolera en los países andinos está próxima a cumplir un siglo. Actualmente, Colombia y Ecuador son los países andinos que más producen petróleo en Suramérica. Las malas prácticas en operaciones relacionadas con la exploración (p. ej. uso del "fracking"), explotación y daños accidentales o intencionales a oleoductos, conducen inevitablemente a la modificación en el nivel freático y a la contaminación de suelos y cursos de agua debido al derrame de petróleo. La presencia de petróleo dentro del agua modifica la tasa respiratoria de la ictiofauna, genera daños en su epidermis y, afecta la producción de perifiton, macroinvertebrados y sedimentos que son alimento para los peces. En Colombia, Avellaneda (1998) contabilizó 646 000 km^2 el área de producción de petróleo, siendo la cuenca del río Magdalena la que tiene mayor representatividad (40%). La red de transporte de petróleo atraviesa la cuenca del Magdalena-Cauca desde tres nodos (región del Caquetá y Putumayo y dos desde el oriente -piedemonte del río Meta y del río Catatumbo) en dirección al mar Caribe, involucrando a lo largo de su recorrido las cuencas de los ríos Cauca, Carare, Opón, San Jorge, y Cesar. En Ecuador existen tres áreas de producción: Esmeraldas (nor-occidente), la Libertad (sur-occidente) y Shushufindi (nor-oriente), que involucran las cuencas de los ríos Santiago-Cayapas, Esmeraldas y Napo, respectivamente. Adicionalmente, el oleoducto Transecuatoriano a lo largo de sus 500 km atraviesa las cuencas del piedemonte amazónico, Napo y Esmeraldas. En Perú existen dos regiones de explotación de hidrocarburos, la primera al oriente sobre las cuencas de los ríos Madre de Dios, Ucayali, Urubamba y Ene. La segunda que comprende el oleoducto Norperuano que viaja atravesando las cuencas de ríos del piedemonte amazónico, entre ellos los ríos Santiago, Pastaza,

Corrientes y Marañón. En Bolivia las regiones de exploración se concentran sobre las cuencas de los ríos Beni y Mamoré.

Minería. Las actividades de extracción de minerales ocasionan deforestación, cambios en la estructura del suelo y en la conformación del sustrato de los ríos. Así mismo, vierte xenobióticos a los cursos de agua (ej. mercurio, arsénico, plomo, zinc, etc.), aumenta la carga de sedimentos producto de la deforestación, afecta el nivel freático y reduce el caudal por captación de agua. En Colombia la cuenca Magdalena-Cauca produce el 93% de la producción nacional de minerales metálicos y el 90% de minerales no metálicos (Departamento Administrativo Nacional de Estadística). La extracción de oro en el período 2003-2014 de la cuenca del nor-occidente de los Andes fue de alrededor de 846 t (UPME 2016). Esta actividad económica ha sido responsable de la disposición no adecuada de muchos desechos contaminantes en los sistemas acuáticos. Como ejemplo de su magnitud, en 1996, para producir 17.7 t de oro se vertieron a ríos y quebradas 108 t de mercurio, 253 t de cianuro, 3485 t de plomo, 12 119 t de zinc y 310 t de cobre (Uribe y Escobar 2001).

El mercurio ha sido objeto de estudio debido a su impacto en la salud de poblaciones de mineros que lo usan para amalgamar el oro y que inhalan sus vapores o vierten directamente a los cursos de agua durante el proceso. Las personas expuestas a bajas concentraciones han desarrollado alteraciones en las funciones del sistema nervioso, particularmente en el desarrollo de los fetos y en los niños pequeños (Lebel *et al.*, 1996). En Colombia existen diversas investigaciones sobre la bio-acumulación de metales pesados en los peces (Mosquera-Lozano *et al.* 2005, Mancera-Rodríguez y Álvarez-León 2006, Marrugo *et al.* 2007, Trujillo *et al*. 2010, Álvarez *et al.* 2012, Lozano y Rivas 2015) y su impacto en las poblaciones humanas expuestas (Olivero-Verbel *et al.* 2011; Marrugo-Negrete *et al.* 2013), particularmente en las cuencas del río Sinú, San Jorge y Magdalena-Cauca. Estos estudios muestran dos resultados importantes: a) la concentración del metal pesado dentro del tejido está asociada con la dieta del pez; especies carnívoras (p. ej. *Hoplias malabaricus*, *Pseudoplatystoma magdaleniatum*, *Sorubim cuspicaudus*, *Salminus affinis*) son las que tienen las mayores concentraciones, seguidas por las omnívoras (p. ej. *Leporinus muyscorum*, *Pimelodus* spp.) y en último lugar, las detritívoras (p. ej. *Prochilodus magdalenae*, *Curimata mivartii*, *Cyphocharax magdalenae*) y, b) los peces carnívoros presentan concentraciones muy por encima del límite permisible para peces de consumo humano (0.5 µg/g según la Norma 1443 del ICONTEC).

En Bolivia, la contaminación del agua por mercurio no solo proviene de la actividad minera sino también de la composición del suelo amazónico (Pouilly *et al.* 2004). Por actividad minera, la cuenca con mayor afectación es la del río Pilcomayo (Van Damme *et al.* 2009). En el Perú y particularmente en Madre de Dios, se calcula que hay más de 30 000 mineros operando con equipos cada vez más pesados y sofisticados, como cargadores frontales, camiones y dragas de diverso tipo. Esto genera conflictos de índole ambiental y social; el 99% de las operaciones mineras son informales, y numerosas áreas

Alteración de cauce, extracción de material para construcción y deforestación en el Río Cucuana, afluente del río Magdalena, en el departamento del Tolima, Colombia. Foto: © José Iván Mojica.

mineras se superponen con áreas naturales protegidas, sus zonas de amortiguamiento o con tierras de pueblos indígenas. Se calcula que estas operaciones han destruido más de 32 000 ha de bosques y han contaminado varios ríos de la región con mercurio y otros residuos contaminantes. La contaminación afecta a las comunidades nativas debido a que el pescado es la fuente más importante de proteína. Se estima que un indígena que consume 2 kg semanales (cantidad promedio de consumo de pescado en selva baja en comunidades nativas) del pez mota *Calophysus macropterus*, estaría superando en 2347.9% (más de 24 veces) la concentración máxima de mercurio en sus tejidos permitida por la Organización Mundial de la Salud (Brack *et al*. 2011).

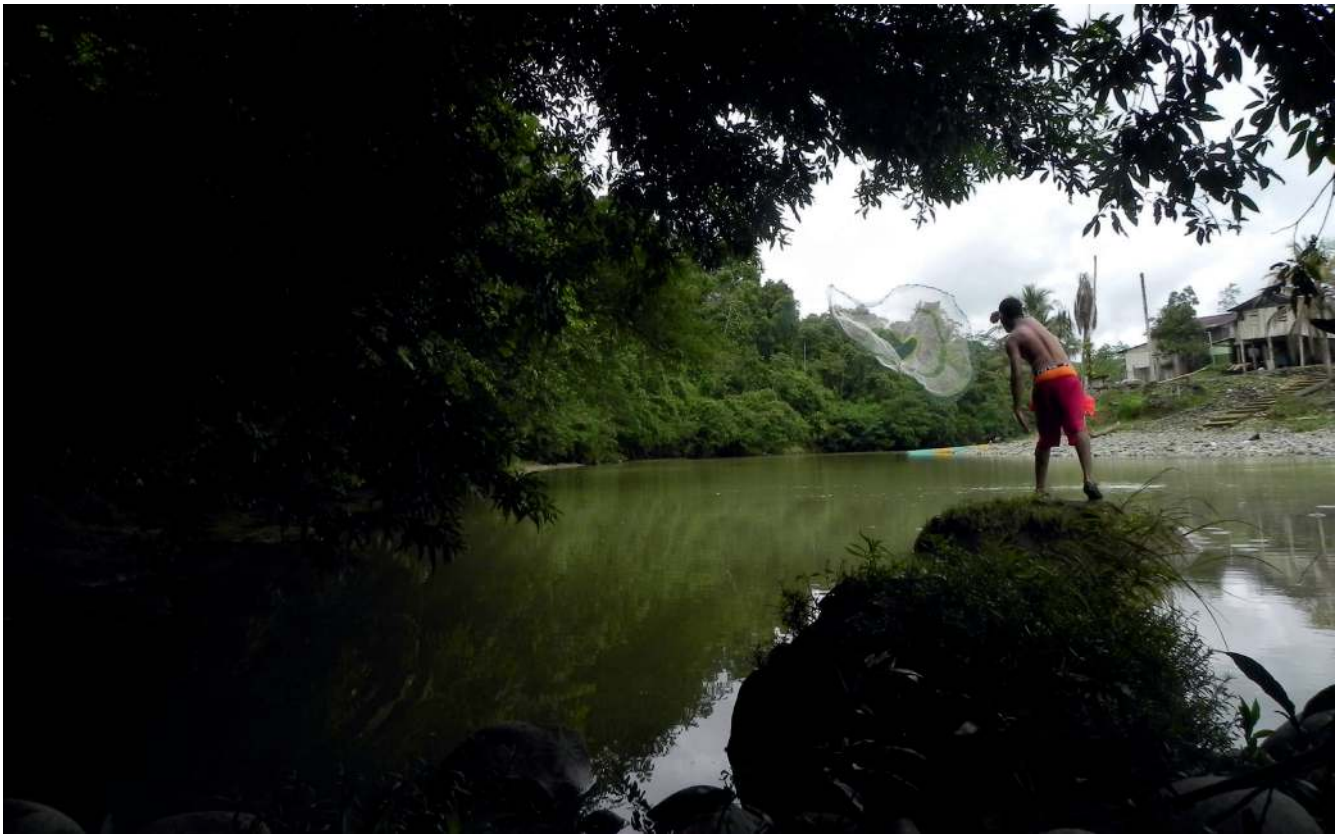
3.4.9 Uso de recursos biológicos

La población humana ha utilizado a los peces como fuente de proteína en su dieta desde sus comienzos, así que la explotación de este recurso está directamente relacionada con la demanda, y ésta con el crecimiento de la población. Aunque la población humana que habita los Andes Tropicales no es consumidora asidua de peces, el consumo *per capita* de pescado se ha triplicado en los últimos años en la región (FAO 2014) y ha ocasionado mayor presión sobre la ictiofauna. Cada vez son más especializados los métodos de captura; la pesca se realiza en ambientes y en momentos del año donde los peces son vulnerables y no existe una aplicación efectiva de la normatividad pesquera, ni dentro de los países ni entre ellos, como es el caso de especies migratorias que transitan por diferentes países (Usma *et al*. 2013). En ríos andinos trasnacionales como el Madera, Mamoré e Iténez, la legislación entre ellos no es coherente y ocasiona problemas en la gestión internacional para la protección de éstos recursos trasfronterizos.

Los métodos inapropiados de pesca como son el uso de barbasco (planta tóxica), dinamita y redes de mallas con tamaños pequeños, son prácticas comunes en las cuencas de la región andina tropical, con algunas excepciones en las cuencas de los ríos Mamoré, Iténez, Acre, Pastaza y Catatumbo. A las malas prácticas de pesca se le suman condiciones sanitarias precarias para su preservación, generando problemas en la conservación del producto y la pérdida de buena parte de la producción. Un ejemplo del deterioro en la producción se encuentra en las cuencas andinas de la región norte (ríos Magdalena-Cauca, Atrato). En ellas la producción pesquera ha caído a más de una décima parte en los últimos cincuenta años (Galvis y Mojica 2007, Lasso *et al*. 2011b).

El uso de los peces como ornamento es también un asunto de preocupación para la conservación. En Colombia se identifican cerca de 430 especies de peces usadas como peces ornamentales y un 12% provienen de cuencas andinas (Ajiaco-Martínez *et al*. 2012). Si bien el número de especies extraídas de esta región no es alto, la regulación a esta actividad pesquera es incipiente y el desconocimiento de la biología de estas especies y el impacto de la extracción de sus ejemplares es desconocido.

Pesca con atarraya en la cuenca del río Santiago en Ecuador. Foto: © Pedro Jiménez Prado.



3.5 Acciones de conservación y recomendaciones

Los análisis de riesgo de extinción, categorización o re-categorización, tienen como objetivo llamar la atención de los gestores sobre las especies que se encuentran amenazadas y, apoyar la definición de prioridades y áreas clave para la conservación, tanto de las especies como de los ecosistemas. De los países andinos considerados en este documento (Colombia, Bolivia, Ecuador y Perú), Colombia ha publicado dos libros sobre las especies de peces dulceacuícolas amenazadas del país (Mojica *et al.* 2002, 2012b). En 1996, investigadores bolivianos realizaron el primer acercamiento a la definición de animales amenazados (Sarmiento y Barrera 1996). Posteriormente, en colaboración con la UICN generaron la lista de Fauna Amenazada y definieron acciones de protección, conservación y uso (Flores y Miranda 2003) y, en el año 2009, se elaboró el Libro Rojo de la Fauna Silvestre de Vertebrados de Bolivia, generando una lista de las especies de peces bajo amenaza (Van Damme *et al.* 2009). En el caso de Perú, se encuentra actualmente en proceso de validación la primera lista de categorización de especies amenazadas (Ministerio de Medio Ambiente, *en preparación*).

Definir la lista de las especies amenazadas es un primer paso, pero lo más importante es tomar acciones en pro de la conservación de dichas especies y su hábitat, buscando disminuir las amenazas que sobre ellas existen. En Colombia en la mayoría de los casos, una vez que las especies son categorizadas, las listas y su análisis se transforman en instrumentos de política pública, que desafortunadamente aún no tienen un efecto real para su conservación. Los mecanismos para que estos sean efectivos deben ser acordados e implementados de manera articulada entre la autoridad ambiental (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Corporaciones Autónomas Regionales y la autoridad pesquera) y la sociedad civil, que es la usuaria del recurso natural. La participación de la academia, de los institutos de investigación y de las organizaciones no gubernamentales podría ser fundamental como proveedoras de información estratégica en la toma de decisiones y veedoras de su éxito.

La publicación de los libros de peces dulceacuícolas amenazados en Colombia ha sido de bajo impacto para el desarrollo de algunas medidas de conservación y uso sostenible incorporadas en la gestión de éste recurso natural (Sánchez-Duarte y Lasso 2013). En general, estas medidas se dirigieron a algunas pocas especies, hacía algún hábitat particular y se generaron pocas investigaciones aplicadas en pro de la conservación y gestión del recurso. Al final, las acciones de manejo y conservación recaen nuevamente en la libre voluntad del pescador, así como en la efectividad de las acciones de la Autoridad de Pesca en Colombia (AUNAP).

Las *Resoluciones de Especies Amenazadas* listan las especies con preocupación en su conservación pero no queda clara la influencia de éstas resoluciones hacia la conservación de las especies y se generan conflictos de competencia de las autoridades. El caso de las especies ornamentales es uno de ellos: la autoridad ambiental define unas especies como amenazadas y la autoridad pesquera determina la cuota de explotación de algunas de esas especies sin información poblacional que sustente dichas cuotas. La definición del bagre rayado del Magdalena (*Pseudoplatystoma magdaleniatum*) y del capitán de La Sabana (*Eremophilus mutisii*) como especies amenazadas es tal vez, una de las pocas resoluciones que han generado impacto en la gestión para su protección. En el primer caso, las autoridades nacionales, empresa privada, universidades y ONGs se han unido para gestionar la ordenación de su pesca en la cuenca Magdalena-Cauca y, en el segundo, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible ha diseñado el "Programa nacional para la conservación de *Eremophilus mutisii* en Colombia".

En términos de conservación de hábitat, en Colombia el Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) identificó como área andina de interés especial a la cuenca del Lago de Tota y recientemente el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible propuso al río Bita (vertiente del río Orinoco) como un río "protegido" (Andrade 2011) y se aguarda la aprobación de esta figura. También existen Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA) que promueven el manejo integral de las cuencas del país y un Portafolio de Conservación para la Cuenca del río Magdalena (Téllez *et al*. 2012). Adicionalmente, existen acciones de compensación definidas en las licencias ambientales aprobadas dentro del sector minero-energético, en las que se obliga a las empresas a destinar presupuesto para el estudio y conservación de la biodiversidad. Un primer resultado conocido de estas acciones de compensación es el plan para la protección de la población de *Lebiasina multimaculata* en la región de Santander. Así, en Colombia, aunque existen muchas iniciativas, normas y planes para conservar la diversidad de peces y sus hábitats, éstas no son exitosas en la mayoría de los casos debido a que los peces habitan sistemas de interés para diversos sectores de la economía nacional. Esto hace necesario que las diversas estrategias dirigidas a la conservación de la ictiofauna vayan de la mano con el desarrollo económico y social de la región, no solo en Colombia sino en todos los países dentro de los Andes Tropicales.

3.5.1 Colectas y estudios taxonómicos

En varios de los países andinos, los datos de desembarques pesqueros constituyen la única fuente de información sobre "*stocks*" y tendencias poblacionales de las especies de peces de consumo. Aunque es una información valiosa para el conocimiento de la dinámica de la población de algunas especies de interés económico y de seguridad alimentaria, el número de especies de interés pesquero solo representa un pequeño porcentaje de la riqueza de especies real. Es por esto que las expediciones científicas que realizan diferentes instituciones para hacer inventarios son vitales para el conocimiento y protección de las especies y de sus hábitats.

La creación, el crecimiento y el mantenimiento de las colecciones biológicas (museos de historia natural) es uno de los primeros pasos para la conservación de especies amenazadas. Las colecciones biológicas son el acervo de la diversidad biológica, son las bibliotecas de la vida. En su mayoría, las colecciones persisten gracias a la perseverancia de los investigadores, más que al apoyo de sus instituciones. Los museos se alimentan de las exploraciones en áreas donde el estado de conocimiento es mínimo o nulo y en regiones particulares por su geología y riqueza de ecosistemas. Estas exploraciones han revelado la presencia de especies nuevas y/o endémicas (de los distintos grupos biológicos) y han proporcionado sustento para la designación de áreas protegidas o de manejo especial.

En la región andina se cuenta con 32 colecciones de peces (20 en Colombia, dos en Perú, cinco en Bolivia y cinco en Ecuador). En Colombia, destacan las del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia (ICN), la del Museo del Instituto Alexander von Humboldt (IAvH) y las de las Universidades del Tolima y Javeriana. En la ciudad de Quito (Ecuador) se encuentran la colección del Museo de Zoología de la Escuela Politécnica Nacional, el Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales el Museo de la Zoología de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. En Guayaquil, está la colección de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil y en Cuenca, la Colección Zoológica de la Universidad del Azuay. En Perú hay dos colecciones de peces: la del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y, a nivel regional, la colección del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP). En Bolivia existen colecciones de peces en el Museo Nacional de Historia Natural en La Paz, en el Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado en Santa Cruz, en el Centro de Investigaciones de Recursos Acuáticos de la Universidad Autónoma del Beni en Trinidad, en el Museo de Historia Natural Pedro Villalobos del Centro de Investigaciones y Producción para la Amazonía (Universidad Amazónica de Pando) y en el Museo de Historia Natural Alcides D'Orbigny (MHNAD) en Cochabamba; el MHNAD posee la colección más grande de peces andinos bolivianos.

Existen vastas regiones en los Andes Tropicales aún inexploradas. En la vertiente andina occidental en el Ecuador, hay numerosos tributarios dentro de la Reserva Cotacachi Cayapas que cuenta con bosques aún en buen estado de conservación pero de difícil acceso. Adicionalmente se requiere de mayor atención a la gestión en el manejo de la Reserva por parte del Estado (central y local) ya que la deforestación y la colonización a estas áreas sigue avanzando (Jiménez-Prado y Rebolledo-Monsalve 2015). Aunque en Colombia se ha hecho un gran esfuerzo por conocer la ictiofauna, recientemente Pelayo (2016), basada en la revisión de los datos disponibles en el sistema global de información biológica GBIF, afirma que apenas se ha caracterizado la ictiofauna en el 17% de las cuencas en la región andina dentro del país. En la cuenca del río Magdalena-Cauca, los inventarios se han concentrado en algunos ríos que han sido modificados por el desarrollo de infraestructura o para la generación de energía, así que el conocimiento que se tiene de la gran riqueza de pequeños ríos en las vertientes de los ramales andinos es aún limitado. También el sector alto de la cuenca del río Sinú esta inexplorado así como las vastas planicies de la cuenca del río Atrato y los pequeños ríos dentro de la vertiente al Pacífico.

El Museo Field de Chicago ha auspiciado y desarrollado numerosos inventarios rápidos biológicos y sociales en áreas propuestas para conservación en el Perú, considerando las necesidades de protección que serían importantes de implementar para las comunidades locales. Una de estas evaluaciones se realizó en las cercanías al río Putumayo (límite peruano-colombiano), en el área propuesta Ampiyacu, Apayacu, Yaguas, Medio Putumayo durante la estación seca (Hidalgo y Olivera 2004), la cual permitió la creación del Área de Conservación Regional Ampiyacu-Apayacu (2007). El inventario realizado en Megantoni en el año 2004 permitió la creación del Santuario Nacional Megantoni, reportándose una especie nueva de bagre descrita por Fernández y Quispe (2007) que fue dedicada al área de estudio (*Trichomycterus megantoni*). Ese mismo año se evaluaron los ríos Yaquerana y tributarios del Gálvez (cuenca alta del río Yavarí) y se realizó un muestreo puntual en el río Blanco (cuenca Ucayali), cuyos resultados permitieron la creación de la Reserva Nacional Matsés. Adicionalmente, con base en los resultados obtenidos de inventarios desde el 2005 en los que se describieron especies nuevas como *Hemibrycon divisorensis* (Bertaco *et al*. 2007), se decretó en 2015 la creación del Parque Nacional de Sierra del Divisor.

Los esfuerzos de investigación de estas áreas andinas se han centrado en un trabajo regional cooperativo que involucra biólogos del Perú, Bolivia, Colombia, Brasil y los EE.UU. A pesar de que existen esfuerzos importantes (muchos de ellos con recursos de países de otras latitudes) para hacer inventarios y que aún existen extensas áreas inexploradas y vulnerables a la acción del desarrollo económico, la falta de investigaciones que ayuden a resolver los problemas taxonómicos asociados con la identificación correcta de los taxones es una preocupación real para los planes de conservación. Debido al poco conocimiento pre-existente de estas regiones y los tiempos involucrados en describir nuevas especies, la precisión en la identificación es baja y en la mayoría de los casos se toman decisiones basadas en identificaciones erróneas. Existen grupos que por su compleja sistemática y poca investigación de campo, requieren de una dedicación particular en conservación y estudios específicos. Las familias Astroblepidae y Characidae (géneros *Astyanax*, *Bryconamericus* y *Rhoadsia*) requieren revisiones. Así que es necesaria la unión de esfuerzos nacionales e internacionales para fortalecer las herramientas de identificación, incluso vinculando las nuevas técnicas moleculares a las que utilizan la morfología tradicional.

3.5.2 Monitoreo y acciones *ex-situ*

Los recursos definidos para la inversión en ciencia y tecnología en estos países andinos son muy bajos, por esto han delegado el

conocimiento y monitoreo de la diversidad a los proyectos de infraestructura y, la innovación tecnológica a las empresas del sector privado. En Colombia, el monitoreo a los desembarcos pesqueros que realiza la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), es tal vez el único esfuerzo que se ha mantenido desde el año 1970 y que permite definir la tendencia en la producción pesquera del país.

Las licencias ambientales otorgadas a los sectores de vías y minero-energético por las autoridades competentes en cada uno de los países andinos, vinculan la caracterización y monitoreo de la diversidad de las regiones intervenidas, como acciones de obligatorio cumplimiento. Hasta ahora y con pocas excepciones, los resultados de estos monitoreos son pobres, pues utilizan variables respuesta y diseños de muestreo que no dimensionan el cambio del sistema acuático en función de la intervención realizada. Los métodos y el diseño muestral son definidos por la autoridad ambiental y, debido a que ésta no siempre cuenta con profesionales especializados en estudios sobre la ictiofauna, las orientaciones resultan ser poco efectivas. Adicionalmente, las empresas del sector de infraestructura y minero-energético no tienen la capacidad técnica requerida, así que se ha creado un mercado dominado por empresas de consultoría cuyos servicios buscan apoyar la gestión de los requisitos contenidos en las licencias ambientales. Con pocas excepciones, estos servicios carecen de calidad y rigurosidad científica debido a que reducen costos para ganar los contratos, vinculando a profesionales con experiencia mínima en el tema o incluso, a estudiantes de nivel de pregrado. El resultado se refleja en que no se monitorea adecuadamente la diversidad y no se cuantifica el cambio real de los sistemas acuáticos; pero sí se cumple con la licencia. En algunas ocasiones, las empresas vinculan a institutos de investigación del estado o a universidades a estos programas de monitoreo y, además de conocer y cuantificar el cambio, se obtienen otros productos (escritos científicos, libros de divulgación, fortalecimiento de los laboratorios).

En Colombia, el sector hidroeléctrico en colaboración con diversas universidades y ONGs lleva monitoreando el cambio de la ictiofauna en varios de sus embalses en los ríos Porce, Sogamoso, La Miel, Guarinó, alto Magdalena y Cauca, mostrando resultados interesantes sobre el cambio en la dinámica de la ictiofauna y de la pesca artesanal; algunos de ellos ya publicados en revistas científicas (López-Casas *et al*. 2016, Barletta *et al*. 2016, Jiménez-Segura *et al.* 2014a, Jiménez-Segura *et al*. 2014b, Pareja-Carmona *et al*. 2014). En Ecuador, la Universidad Católica de Esmeraldas y el PRAS-MAE (Programa de Remediación Ambiental del Ministerio del Ambiente del Ecuador) están realizando un monitoreo de la actividad minera fluvial y su efecto en la ictiofauna dentro de la cuenca Santiago-Cayapas y, se ha encontrado importante información que permitirá procesos de regulación y en algunos casos de reparación de zonas degradadas. En el Perú, el desarrollo del gasoducto de Camisea con el Museo de la Universidad San Marcos (MUSM) ha permitido estudiar la ictiofauna del río Urubamba desde el año 1996; adicionalmente se han valorado los posibles efectos del gasoducto sobre las características biológicas y en relación a la distribución de especies en zonas altoandinas del proyecto (Hidalgo *et al.* 2013). En los diseños de la carretera Interoceánica entre Brasil y Perú se registraron más de 250 especies de peces, y mediante un monitoreo periódico, se podrá definir si la construcción de esta carretera ha modificado la diversidad biológica de esta zona. Monitoreos a la actividad minera en los departamentos de Cajamarca y Ancash han permitido obtener valiosa información para la conservación de ecosistemas acuáticos. También existe un programa de monitoreo para conocer la presencia y abundancia de especies invasoras importantes como la "tilapia" y la "trucha arco iris", el cual debería ser implementado en áreas naturales con alto riesgo tales como en la parte baja del río Huallaga para la primera, y en zonas de cabecera de cuenca (como en el lago Junín) para la segunda. En Bolivia no se hacen monitoreos a la ictiofauna andina, sin embargo, en los últimos años ha crecido el interés por conocer la composición y estructura de las comunidades de peces en cuencas con potencial para el aprovechamiento hidroeléctrico, para así tener un escenario previo a la intervención y tener criterios para monitorear su cambio.

3.5.3 Caudales ambientales

El tema de caudales ecológicos y ambientales ha recibido atención a nivel mundial desde el año 2000. A la fecha se conocen cerca de 200 métodos que buscan estimar la cantidad de agua que debe mantener un río para sostener los diferentes usos (Izquierdo y Madroñedo 2013). En la región de los Andes Tropicales tomó gran relevancia desde que se conoció el plan de expansión hidro-energético de los países andinos. El caudal ambiental supone que existe un régimen hidrológico único (frecuencia, duración y magnitud) y de calidad del flujo del agua esencial para sostener a los ecosistemas acuáticos y su biota asociada así como para mantener los servicios ecosistémicos que proveen a los humanos. Es un concepto que surge de la necesidad de manejar ríos alterados o con planes para su alteración, en particular hacia la regulación de sus caudales, bien sea para generación de energía eléctrica, acueductos o distritos de riego. Debe ser considerado dentro de un contexto de manejo integrado de una cuenca hidrográfica, y como parte de una estrategia holística de protección de ecosistemas acuáticos y su biota.

La complejidad de los ecosistemas acuáticos andinos y su dependencia de eventos climáticos regionales y globales, hace indispensable que los países andinos conozcan de la mano de profesionales calificados y en escalas temporales de un mínimo de seis años (vinculando al menos un ciclo "El Niño"), la diversidad biológica, los procesos ecológicos así como los servicios ambientales que se suceden en la cuenca antes de analizar la viabilidad de propuestas de infraestructura y, en caso tal, definir las condiciones de uso del caudal que permitan mantener la integridad física y biológica de los sistemas acuáticos involucrados.

En Colombia, las directrices para fijar los Regímenes de Caudales Ecológicos (RCE) se concretan en el Artículo 21 del proyecto

de Ley del Agua 365 del año 2006, que designa al Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) para supervisar su diseño. Es así como los Planes de Manejo y Ordenamiento de Cuencas deben involucrar las estimaciones de la cantidad máxima de agua que se puede utilizar para otros servicios sin afectar las características del cauce y de la biota presente en los cuerpos de agua. Desde el año 2008 se viene diseñando un método único para la estimación de un caudal mínimo aceptable para mantener la dinámica de los sistemas acuáticos andinos colombianos. La Universidad Nacional de Colombia comenzó la tarea de diseñar un método único para sistemas andinos y que sirva para todos aquellos proyectos que requieran el uso del agua. En el año 2010 el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Rural incorporó estos lineamientos para la estimación en la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Se conocen de estimaciones de caudales ambientales para el río Palace (Diez Hernández y Ruiz Cobo 2007), para pequeñas centrales para la generación de energía eléctrica en el departamento de Antioquia (Diez Hernández y Olmeda Sanz 2008), en ríos del departamento del Quindío (Bustamante-Toro *et al.* 2007), río Chuza (Tellez com. pers., citado en Anderson *et al*. 2011) y en el río La Miel con curvas de preferencia de *Ichthyoelephas longirostris* y la aplicación de caudales ambientales para la sobrevivencia de la población (Parra Rodríguez 2012).

En Ecuador el tema de caudales ambientales se menciona en el Acuerdo Ministerial No 155 del 2007 pero no define normas para estimarlo; en este país la Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA) gestiona la estimación de los caudales. El artículo 318 del capítulo V de la Constitución Política delega en la autoridad del estado la obligación de la estimación de éste caudal. En ese territorio se conocen experiencias en ríos del sistema Papallacta (Fossati y Calvez 2006), río Pastaza (Moreno 2008, citado en Anderson *et al.* 2011) y el río Topo (ENTRIX no publicado, citado en Anderson *et al.* 2011). En Perú, el artículo 53 de la Ley 29338 de 2009 define que para entregar una licencia para la captación de agua se requiere la estimación del caudal ecológico. Ochoa (2010) realizó un análisis de sistematización de métodos para la estimación de caudales en esta región. En Bolivia, el concepto de caudales está siendo introducido progresivamente a la legislación boliviana y estudios de evaluación de impacto ambiental, sin embargo, todavía existen pocos estudios que incluyan a los peces; algunas iniciativas se están desarrollando para los ríos Ñancahuazú (tributario al río Mamoré) y Parapetí (tributario al Iténez) pero aún no se conocen resultados.

3.5.4 Áreas protegidas

Las áreas protegidas como están concebidas en la actualidad han sido diseñadas para proteger fauna de vertebrados "visibles" a la sociedad (aves, mamíferos, reptiles), pero no asegura que los ecosistemas acuáticos entendidos como un continuo sean efectivamente salvaguardados. En general, los límites regionales de estas áreas no se establecen con un criterio biológico e hidrológico en conjunto que responda a la conservación de la ictiofauna, que se dispersa continuamente a lo largo de los cauces de los ríos. Generalmente estas áreas responden a intereses de divisiones políticas y administrativas pero no biogeográficas; incluso es posible afirmar que en los países andinos aún no existe la concepción de un Parque Nacional que involucre la cuenca completa de un río.

En Colombia, el total de hectáreas protegidas inscritas en el Registro Único Nacional de Áreas Protegidas (RUNAP) representa el 8.2% de la superficie continental y marítima del país (Vásquez y Matallana 2014). De las 59 áreas protegidas con que cuenta actualmente el país, cerca de 35 se encuentran dentro del área andina. A pesar de la enorme diversidad íctica, el país no cuenta con un parque nacional natural que incluya a los peces dulceacuícolas entre sus objetos de conservación, así como tampoco existen áreas protegidas dedicadas específicamente a su protección y aprovechamiento sostenible (Mojica *et al*. 2012b); de hecho, la ictiofauna en estas áreas es desconocida. Aunque la mayoría de los parques naturales tienen sistemas fluviales

La Laguna del Otún es un embalse natural a 3950 m de altura en el Parque Nacional Los Nevados, Colombia. Las aguas de deshielo del Nevado de Santa Isabel (al fondo) alimentan la laguna. Foto: © Cornelio Bota-Sierra.

como límites, estos ríos no forman parte de sus objetivos de conservación (Hurtado *et al*. 2013). Sánchez-Duarte y Lasso (2013) indican que la figura de Parques Nacionales Naturales no son las más adecuadas para la protección de grandes peces. Por un lado son insuficientes en cobertura, y por otro incluyen un área muy limitada de la distribución de las especies, que por lo general son los grandes ríos que forman parte de los límites de los parques. De igual forma, la extensión de los afluentes o tributarios interiores no son suficientes para garantizar su protección. Estas figuras podrían beneficiar a aquellas especies que no presentan comportamientos migratorios (p. ej. Potamotrygonidae, Arapaimidae, Osteoglossidae) pero no aquellas especies migratorias y de amplia distribución (Pimelodidae, Prochilodontidae, Curimatidae).

En el Ecuador existen aproximadamente 50 áreas naturales protegidas (20% del área del país; http://www.ambiente.gob.ec/areas-protegidas-3/), dentro de varias categorías de conservación y que contemplan una gran representatividad de ecosistemas continentales; sin embargo, todos ellos están aislados y casi todos con influencia directa de grandes asentamientos humanos. En la Amazonia, existen varias áreas protegidas, algunos ejemplos: Parque Nacional Yasuni, Reserva de Producción de Fauna Cuyabeno, Parque Nacional Cayambe Coca, Reserva Ecológica Antisana, Parque Nacional Sumaco Napo Galeras, Parque Nacional Sangay, Parque Nacional Llanganates, y Parque Nacional Podocarpus. Sin embargo, estas áreas no tienen un enfoque específico en ambientes acuáticos, y muchos de los ríos que las recorren están sujetos a alteraciones e influencias humanas al exterior de las áreas protegidas.

En Perú existen 77 áreas protegidas que abarcan cerca de 200 000 km^2 dentro de ocho categorías y representan cerca del 10% del área continental del país. En las cuencas de los ríos Ucayali y Madre de Dios hay Parques Nacionales, Reservas Comunales, Zonas Reservadas y Reservas Nacionales y, en el piedemonte de la cuenca del Amazonas, se encuentra un área de Reserva Nacional. Los ecosistemas acuáticos de casi todas las áreas naturales protegidas de la Amazonia han sido estudiados a nivel de inventario de especies, lo mismo que en algunas áreas de los Andes tales como los lagos Junín y Titicaca. En la Amazonia, los listados de especies de peces y el buen estado de conservación de los cuerpos de agua han sido usados como argumento que respalda los objetos de conservación. La Reserva Nacional Pacaya–Samiria es un excelente ejemplo de conservación de la biota acuática, el cual comprende extensas áreas de humedales y gran número de hábitats acuáticos encontrados en selva baja. Esta área protegida fue creada para proteger al "paiche" (*Arapaima* spp.), tortugas y caimanes, los cuales eran fuertemente cazados por la población local. El Parque Nacional Cordillera Azul, que presume uno de los más grandes esfuerzos interregionales, contiene una biota muy diversa, numerosos hábitats acuáticos y probablemente numerosas especies endémicas (Alverson *et al.* 2001). Una nueva especie de pez, *Hypostomus fonchii* fue descrita a partir de su hallazgo en el Parque Nacional Cordillera Azul y se cuenta con la descripción de *Panaque schaeferi* "carachama gigante" (Lujan *et al*. 2010), cuyo holotipo proviene de este parque y habita las cuencas del Ucayali, Amazonas y Alto Purús.

En Bolivia hay 60 áreas protegidas y 22 Parques Nacionales; éstos últimos representan el 16.4% (183 000 km^2) del territorio boliviano. Dentro de la zona andina se encuentran el Parque Nacional y Área de Manejo Integrado Madidi, la Reserva de La Biósfera y Tierra Comunitaria de Origen Pilón Lajas, Área Natural de Manejo Integrado Apolobamba, el Parque Nacional Carrasco, Parque Nacional y Territorio Indígena Isiboro-Sécure y, el Parque Nacional y Área de Manejo Integrado Amboró. Aunque estas áreas protegidas fueron creadas basándose en los sistemas terrestres, los cuerpos de agua que se encuentran dentro de ellas juegan un rol importante para la conservación de las especies de peces presentes y de sus hábitats. Las reservas presentes en la cuenca alta del río Beni (p. ej. Parques Nacionales Cotapata, Altamachi y Madidi), son estratégicas para la conservación de las especies de peces endémicas que albergan.

3.5.5 Estrategias de los estados andinos para la conservación de la diversidad y de sus hábitats

En Colombia el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible publicó en 2012 la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE) que tiene como objetivo promover la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos de manera que se mantenga y mejore la resiliencia de los sistemas socioecológicos a escalas nacional, regional, local y transfronteriza, considerando escenarios de cambio y a través de la acción conjunta, coordinada y concertada del estado, el sector productivo y la sociedad civil. Esta política enmarca y orienta conceptual y estratégicamente todos los demás instrumentos ambientales de gestión (políticas, normas, planes, programas y proyectos), existentes o que se desarrollen para la conservación de la biodiversidad en sus diferentes niveles de organización; además de ser base de articulación intersectorial y parte fundamental en el desarrollo del país. Adicionalmente, se encuentra en revisión del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible la Política Nacional de Cambio Climático que se presentará al Senado de la República para su aprobación. El país alberga algunos complejos designados como áreas Ramsar tales como el Delta del río Baudó y Delta río del San Juan, Laguna de la Cocha, Lagunas del páramo Chingaza, Laguna del Otún, la Ciénaga Grande de Santa Marta y la Estrella Fluvial Inírida.

En Ecuador, bajo los principios de conservación de la naturaleza promovidos a nivel mundial y a nivel latinoamericano, desde 1970 se han emitido varias normas legales. La Ley para la Protección de la Fauna y Recursos ictiológicos estuvo orientada exclusivamente a su aprovechamiento como recurso extractivo. En 1973, se crea el departamento de Áreas Naturales y Recursos Silvestres dentro del Ministerio de Agricultura y Ganadería, con la finalidad de manejar áreas protegidas. Después de la firma de varios acuerdos internacionales, en temas de conservación

y manejo de la biodiversidad, y tras la creación del Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE-Ecuador), en 1996 se empieza a reconocer a la ictiofauna como un recurso natural parte de la biodiversidad y no solo como un recurso extraíble. En la actualidad, la legislación ambiental regula todo tipo de actividad extractiva y dados los innumerables trámites, a veces es más expeditivo hacer investigación en recursos pesqueros que en diversidad. Este país se adhirió a la Convención Ramsar en 1991 y a la fecha alberga dieciocho sitios. En las zonas bajas se encuentran las Reservas Ecológicas Limoncocha y El Ángel y, varios complejos de Manglares. Arriba de los 3000 m s.n.m. el complejo de humedales Ñu Canchi Turu, Llanganti, el sistema de Lagunas del Compadre y el Parque Nacional Cajas, entre otros.

En Perú, por Decreto Supremo No 009-2014-MINAM se aprobó la Estrategia Nacional de Diversidad Biológica al 2021 y su Plan de Acción 2014-2018, principal instrumento para la gestión de la biodiversidad del país. Esta estrategia tiene entre sus objetivos estratégicos (OE) mejorar el estado de la biodiversidad y mantener la integridad de los servicios ecosistémicos (OE1) promoviendo y priorizando las estrategias de conservación *in situ* de ecosistemas naturales, la recuperación y manejo adecuado de especies amenazadas así como la conservación de la diversidad genética *in situ*, estableciendo como metas que para el 2021 se hayan elaborado e implementado al menos 15 planes de conservación de especies amenazadas y que se hayan desarrollado al menos 10 programas de conservación *in situ* y *ex situ* (Ministerio del Ambiente del Perú, 2014). La Estrategia Nacional ante el cambio climático (Ministerio del Ambiente del Perú, 2015) es otro de los documentos que refleja el interés del estado peruano en atender al cambio climático a partir de la preocupación por sus efectos adversos en el ámbito nacional que se observan en el retroceso glaciar y en el acceso a los recursos hídricos asociados. La disponibilidad de agua también ha sido asociada con el recurso para generación de energía hidroeléctrica, así que deben realizarse estudios sobre las fuentes de agua y considerar los efectos colaterales negativos para así generar energía de forma eficiente y sostenible ambientalmente. Perú alberga dentro de su territorio once sitios Ramsar, algunos de ellos en las zonas bajas (Humedales del abanico del río Pastaza y la reserva Nacional Pacaya-Samiria) y otros arriba de los 3000 m s.n.m. (Lagunas de Arreviatas, Reserva Nacional de Junín, Humedal Lucre, Bofedales y laguna de Salinas, la laguna del Indio y el Lago Titicaca).

En Bolivia, la autoridad responsable de la formulación de las políticas ambientales y de su gestión, es el Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad y Cambios Climáticos, el cual depende del Ministerio de Medio Ambiente y Aguas. La Ley de Medio Ambiente No. 1333 de 1992 en su Artículo 1 establece *"La presente Ley tiene por objeto la protección y conservación del medio ambiente y los recursos naturales, regulando las acciones del hombre con relación a la naturaleza y promoviendo el desarrollo sostenible con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población".* El gobierno ratificó el *C*onvenio sobre la Diversidad Biológica mediante la Ley 1580 de 1994. Adicionalmente es signataria de la Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES) y la ratificó mediante Ley No. 1255 de 1991 y se adhirió a la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional (Ramsar) mediante la Ley No. 2357 de 2002; ese mismo año se aprobó la Estrategia Nacional de Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad. Éste país alberga el mayor número de sitios Ramsar del mundo, protegiendo bajo esa iniciativa cerca del 14% de su territorio. En las zonas bajas se encuentran sitios Ramsar como los ríos Matos, Yata, Blanco y Parapetí, los bañados de Izozog, la laguna de Concepción y el Pantanal boliviano. Arriba de los 3000 m de elevación se encuentran los lagos de Poopo y Uru Uru, la cuenca endorréica del Tajzara y la laguna Colorada o de los Lípez.

3.5.6 Recomendaciones

El desarrollo económico no debe ir en contravía de la protección y la conservación de los sistemas acuáticos. La participación de los diversos sectores que conforman la sociedad en los procesos de decisión y de la gestión de planes de exploración y explotación de los recursos naturales, es vital para llegar a acuerdos para el desarrollo económico y social. Así las cosas y en coherencia con lo expresado en los anteriores párrafos, se hacen las siguientes recomendaciones:

- Aplicar las políticas nacionales de conservación y cumplir con los compromisos internacionales para el manejo de las áreas naturales y la conservación de la biodiversidad; debe ser una prioridad para los países andinos. La mayor riqueza con la que cuentan son sus recursos naturales.
- Apoyar económica e institucionalmente el desarrollo de investigaciones de amplia cobertura, en el tiempo y en el espacio, dirigidas a conocer la composición de la ictiofauna y las condiciones del medio acuático en el que habitan dentro de las cuencas andinas. No delegar el conocimiento de la ictiofauna a los reportes realizados por estudios puntuales en el tiempo y en el espacio desarrollados por empresas promotoras de los proyectos de infraestructura. Este conocimiento es estratégico en la toma de decisiones para lograr el desarrollo económico del país en consenso con la conservación de los cuerpos de agua, fuente de vida para la población humana.
- Las políticas de los diferentes ministerios de los Gobiernos deben estar articuladas de manera que se logre el desarrollo de la sociedad en los países andinos, sin menoscabar la conservación de los sistemas naturales y su biota.
- Conformar una red andina de profesionales que promueva el conocimiento y la conservación de la ictiofauna. Involucrar dentro de esta red de conocimiento a los pescadores artesanales, dueños de un saber obtenido desde el ejercicio diario de su actividad pesquera. Esta red puede ser un grupo de apoyo para las autoridades ambientales de los países andinos que permita avanzar en la ordenación de las cuencas y las decisiones de licenciamiento ambiental.

- Utilizar la información sobre Áreas Clave para la Biodiversidad de agua dulce provistas en este reporte (Capítulo 7), para delimitar áreas de protección y manejo, que incluyan dentro de su territorio la totalidad del área de algunas cuencas estratégicas para la conservación de la diversidad acuática. También, identificar y delimitar áreas para la producción de biomasa para los pescadores artesanales e involucrar a la comunidad local dentro del diseño e implementación de estas estrategias de conservación.
- Incorporar nuevos métodos de análisis para definir la efectividad de las áreas de conservación en términos de la conservación de la ictiofauna.
- Reconocer como bibliotecas de la diversidad íctica a las áreas protegidas y sitios Ramsar actuales que involucren redes hidrológicas y, delimitar nuevas áreas protegidas y de conservación que incorporen en su totalidad a cuencas de ríos que sean representativos de la diversidad de peces andinos. Esto permitiría que, con el apoyo de instituciones que realizan investigaciones y museos de historia natural, se salvaguarde la diversidad genética de la transformación inherente al modelo actual de desarrollo económico de la sociedad humana.
- Reconocer a los Museos de Historia Natural como una fuente importante de información y como el acervo de la riqueza de peces y, en consecuencia, fortalecerlos en términos financieros e institucionales, en el corto y largo plazo, tanto para sus funciones de conservación *ex situ* como para sus labores de investigación (más inventarios, resoluciones taxonómicas de especies problemáticas).
- Apoyar institucional y financieramente iniciativas para avanzar en el conocimiento de las condiciones de hábitat (p. ej. condiciones de flujo y caudal) involucradas en las diferentes estrategias de vida de la ictiofauna andina y su respuesta ante los cambios en éstas condiciones. Esto permitirá tener elementos para diseñar planes de compensación, mitigación y restauración apropiadas y efectivas.
- Aplicar las políticas ambientales nacionales y transnacionales destinadas a la protección de sistemas acuáticos importantes para los peces migratorios, así como destinar recursos para recuperarlos y protegerlos.
- Destinar recursos financieros e institucionales para apoyar las iniciativas de ordenación trasnacional para el uso de especies altamente migratorias en procesos de gestión de largo plazo.

Agradecimientos

A los ictiólogos Mabel Maldonado, Carla Valverde, América Zeballos, Paul Van Damme, Jaime Sarmiento, Pablo Argüello y Juan Carlos Alonso por sus aportes a la construcción de las áreas de distribución e identificación de amenazas.

3.6 Referencias

Aguilera, G. y Pouilly, M. 2012. Caudal ecológico: definiciones, metodologías y adaptación a la región andina. *Acta Zoológica Lilloana*, 56: 15-30.

Ajiaco-Martínez, R.E., Ramírez-Gil, H., Sánchez-Duarte, P., Lasso, C.A. y Trujillo, F. 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.

Albert, J.S., Lovejoy, N.R. y Crampton, W.G. 2006. Miocene tectonism and the separation of cis-and trans-Andean river basins: Evidence from Neotropical fishes. *Journal of South American Earth Sciences*, 21(1): 14-27.

Albert, J.S. y Carvalho, T.P. 2011. Neogene assembly of modern faunas. En. J. Albert, y R. Reis (eds.), *Historical Biogeography of Neotropical Freshwater Fishes*, pp. 119-136. University of California Press, Berkeley.

Albert, J.S., Carvalho, T.P. Chuctaya, J.A., Petry, P., Reis, R.E., Rengifo, B. y Ortega, H. 2012. *Fishes of the Fitzcarrald, Peruvian Amazon*. Lulu Press, Perú.

Álvarez A., Kolok A.S., Jiménez L.F., Granados C. y Palacio J.A. 2012. Mercury concentrations in muscle and liver tissue of fish from marshes along the Magdalena River, Colombia. *Bulletin Environmental Contamination Toxicology,* 89(4): 836-840.

Alverson, W., Rodríguez, L. y Moskovits, D. (eds.). 2001. *Perú: Biabo Cordillera Azul. Rapid Biological Inventories. Report 02*. The Field Museum, Chicago, IL.

Anderson, E.P., Encalada, A., Maldonado-Ocampo, J.A., McClain, M.E. Ortega, H. y Wilcox, B.P. 2011. Environmental flows: A tool for addressing effects of river alterations and climate change in the Andes. En: S.K. Herzog, R. Martínez, P.M. Jørgensen y H. Tiessen, (eds.), *Cambio Climático y Biodiversidad en los Andes Tropicales*, pp. 387-400. Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), Paris.

Andrade, G.I. 2011. Río Protegido. Nuevo concepto para la gestión de conservación de sistemas fluviales en Colombia. *Gestión y Ambiente*, 13: 65-72.

Arana, M. 2012. Proyectos Hidroeléctricos en la cuenca del Marañón. *Serie Cuadernos de integración, 3*. 50 pp.

Ashe, K. 2012. Elevated mercury concentrations in humans of Madre de Dios, Peru. *PLoS ONE,* 7(3).

Asner, G.P., Llactayo, W., Tupayachi, R. y Luna, E.R. 2013. Elevated Rates of Gold Mining in the Amazon Revealed through High-Resolution Monitoring. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(46): 18454–18459.

Autoridad Nacional del Agua. 2009. *Unidades Hidrográficas del Perú* - R. M. N° 033-2009-AG.

Avellaneda Cusaría, A. 1998. *Petróleo, colonización y medio ambiente en Colombia. De la Tora a Cusiana*. Ecoe Ediciones, Santafé de Bogotá (Colombia).

Banco Central de Reserva del Perú. 2013. *Informe Económico y Social Región La Libertad. Banco Central de Reserva del Perú 2013*: 1-150.

Barletta, M., Cussac, V.E., Agostinho, A.A., Baigún, C., Okada, E.D., Catella, A.C., Fontoura, N.F., Pompeu, P.S., Jiménez-Segura, L.F., Batista, V.S., Lasso, C.A., Taphorn, D. y Fabré, N.N. 2016. Fisheries ecology in South American river basins. En: J.F. Craig (ed.), *Freshwater fisheries ecology*, pp. 311-348. John Wiley & Sons, Ltd.

Barriga, R. 1994. Peces del Noroeste del Ecuador. *Politécnica*, 19(2): 43-154.

Barriga, R. 2012. Lista de peces de agua dulce e intermareales del Ecuador. *Politécnica*, 30(3): 83-119.

Barriga, R., Ortega, H., Usma, J.S., Vanessa-Correa, E., Villa-Navarro, F., Taphorn, D., Hernández, E., Gómez, L. y Macanilla, D. 2016. Peces del Corredor Trinacional La Paya-Cuyabeno-Güeppí Sekime. En: J.S. Usma, C. Ortega, S. Valenzuela, J. Deza y J. Rivas (eds.), *Diversidad biológica y cultural del Corredor Trinacional de áreas protegidas La Paya - Cuyabeno - Güeppí Sekime. Colombia - Ecuador- Perú*, pp. 236-261. WWF, Bogotá D.C., Colombia.

Barry, C.K., Ikonomou, M., Blair, J., Morin, A. y Gobas, F. 2007. Food Web–Specific Biomagnification of Persistent Organic Pollutants. *Science*, 317 (5835): 236-239.

Bertaco, V.A., Malabarba, L.R., Hidalgo, M. y Ortega, H. 2007. A new species of *Hemibrycon* (Teleostei: Characiformes: Characidae) from the río Ucayali drainage, Sierra del Divisor, Peru. *Neotropical Ichthyology*, 5(3): 251-257.

Böhlke, J.E. 1958. Studies on fishes on the family Characidae.--no. 14. A report on several extensive recent collections from Ecuador. *Proceedings of the Academy of Natural sciences of Philadelphia*, 110: 1-121.

Brack, A., Ipenza, C., Alvarez, J., Sotero, V. 2011. *Minería Aurífera en Madre de Dios y Contaminación con Mercurio – Una Bomba de Tiempo*. Ministerio del Ambiente, Lima, Perú.

Bustamante-Toro, C.A., Monsalvo Durango, E.A. y García Reynoso, P.L. 2007. Los caudales ecológicos: herramienta fundamental en la gestión integral de las fuentes hídricas del Quindío. *Revista de Investigaciones Universidad del Quindío*, 17: 205-221.

Buytaert, W., Célleri, R., De Bièvre, B., Cisneros, F., Wyseure, G., Deckers, J. y Hofstede, R., 2006. Human impact on the hydrology of the Andean páramos. *Earth-Science Reviews*, *79*(1): 53-72.

Caraballo, P. 2009. Efecto de tilapia *Oreochromis niloticus* sobre la producción pesquera del embalse el Guájaro, Atlántico - Colombia. *Revista MVZ Córdoba,* 14 (3): 1796-1802.

Carvajal-Quintero, J.D., Escobar, F., Alvarado, F., Villa-Navarro, F.A., Jaramillo-Villa, Ú. y Maldonado-Ocampo, J.A. 2015. Variation in freshwater fish assemblages along a regional elevation gradient in the northern Andes, Colombia. *Ecology and Evolution*, 5(13): 2608-2620.

Carvajal-Vallejos, F.M., Muñoz, H., De La Barra, E. y Argote, A. 2009. Threatened fishes of the world: *Oligosarcus schindleri* Menezes & Géry 1983 (Characidae). *Environmental biology of fishes*, 85(1): 39-40.

Carvajal-Vallejos, F.M. y Zeballos Fernández, A.J. 2011. Diversidad y distribución de los peces de la Amazonía boliviana. En: P.A. Van Damme, F.M. Carvajal-Vallejos, y J. Molina Carpio (eds.), *Los Peces y delfines de la Amazonía boliviana: hábitats, potencialidades y amenazas*, pp. 101-148. Editorial INIA, Cochabamba, Bolivia.

Carvajal-Vallejos, F.M., Bigorne, R., Zeballos Fernández, A.J., Sarmiento, J., Barrera, S., Yunoki, T., Pouilly, M., Zubieta, J., De La Barra, E., Jegu, M., Maldonado, M., Van Damme, P., Céspedes, R. y Oberdorff, T. 2014a. Fish-AMAZBOL: A database on freshwater fishes of the Bolivian Amazon. *Hydrobiologia*, 732(1): 19-27.

Carvajal-Vallejos, F.M., Zeballos Fernández, A.J. y Van Damme, P.A. 2014b. Peces introducidos en la Amazonía boliviana: distribución y evaluación del estado de conocimiento. En: Ministerio de Relaciones Exteriores, Ministerio de Medio Ambiente y Agua (eds.), *Sistema de Monitoreo de los Impactos de las Represas Hidroeléctricas Jiraú y Santo Antonio en Territorio Boliviano: Línea de Base Sobre Ecosistemas y Recursos Acuáticos en la Amazonía Boliviana*, pp. 179-195. Editorial INIA, Cochabamba, Estado Plurinacional de Bolivia.

Carvalho, T.P., Espino, J., Maxime, E.L., Quispe, R., Rengifo, B., Ortega, H. y Albert, J.S. 2011. Fishes from the Lower Urubamba river near Sepahua, Amazon Basin, Peru. *Checklist*, 7: 413-442.

Castellanos-Morales, C.A., Marino-Zamudio, L.L. y Maldonado-Ocampo, J.A. 2011. Peces del departamento de Santander, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 35(135): 189-212.

Castro, T., Peña, C., y Mateo. E. 2014. Primer reporte de enfermedades virales en la Trucha arco Iris *Oncorhynchus mykiss* en el Perú. *The Biologist*, 12(1): 67-75.

Chocano Arévalo, L. 2005. Las zonas altoandinas peruanas y su ictiofauna endémica. *Revista Digital Universitaria*, UNMA 6 (8).

Chocano, L., Quispe, R y Ortega, H. 2011. Distribución de los géneros *Orestias* (Pisces: Cyprinodontiformes), *Trichomycterus* y *Astroblepus* (Siluriformes) en ambientes acuáticos Altoandinos del Perú. En: XIX Encontro Brasileiro de Ictiologia, Manaos.

Cope, E.D. 1869. Contribution to the Ichthyology of the Maranon. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 11(81): 559-570.

Dahl G. 1971. *Los peces del norte de Colombia. Ministerio de Agricultura, Instituto de Desarrollo de los Recursos Naturales Renovables (INDERENA)*. Talleres Litografía Arco. Bogotá D.C., Colombia.

De La Barra, E., Zubieta, J., Aguilera, G., Maldonado, M., Pouilly, M. y Oberdorff, T. 2016. ¿Qué factores determinan la distribución altitudinal de los peces de ríos tropicales andinos? *Revista de Biología Tropical*, 64: 157-176.

Diez Hernández, J.M. y Ruiz Cobo, D.H. 2007. Determinación de caudales ambientales confiables en Colombia: el ejemplo del río Palacé (Cauca). *Gestión y Ambiente*, 10(4): 153-166.

Diez Hernández, J.M. y Olmeda Sanz, S. 2008. Diseño eco-hidrológico de pequeñas centrales hidroeléctricas: evaluación de caudales ecológicos. *Energética*, 39: 65-76.

Dourojeanni, M. 1992. Environmental impact of coca cultivation and cocaine production in the Amazon region of Peru. *Bulletin on Narcotics*, 2:37–53.

Eigenmann, C.H. 1914. On new species of fishes from Rio Meta basin of Eastern of Colombia and on albino or blind fishes near to Bogotá. Indiana. *Univ. Studies*, 23: 229-230.

Eigenmann C.H. 1918. The Pygidiidae, a family of South American catfishes. *Memoirs of the Carnegie Museum*, 7(5): 259-399.

Eigenmann, C.H. 1921. The nature and origin of the fishes of the Pacific slope of Ecuador, Peru and Chili. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 51: 503-523.

Eigenmann, C.H. 1922. The fishes of western South America, Part I. The Fresh-water fishes of northwestern South America, including Colombia, Panama, and the Pacific slopes of Ecuador and Peru, together with an appendix upon the fishes of the Rio Meta in Colombia. *Memoirs of the Carnegie Museum,* 9(1): 1-347.

FAO. 2014. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2014*. Rome.

Fernandez, L. y Quispe, R.C. 2007. A new species of Trichomycterus (Siluriformes: Trichomycteridae) from the Andean Cordillera of Perú, with comments on relationships within the genus. *Zootaxa*, 1545: 49-57.

Finer, M. y Jenkins, C. 2012. Proliferation of Hydroelectric Dams in the Andean Amazon and Implications for Andes-Amazon Connectivity. *PLoS ONE,* 7(4).

Flores E. y Miranda, C. 2003. *Fauna amenazada de Bolivia ¿Animales sin futuro?* Ministerio de Desarrollo Sostenible. La Paz, Bolivia.

Fossati, O. y Calvez, R. 2006. *Requerimientos científicos para caudales ecológicos en ríos del sistema Papallacta, Ecuador*. EMAAG-Quito, FONAG, IRD, Quito, Ecuador.

Fowler, H.W. 1911. New fresh-water fishes from western Ecuador. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 1911: 493-520.

Fowler, H.W. 1940. Zoological results of the second Bolivian expedition for the Academy of Natural Sciences of Philadelphia 1936-1937. Part I. - The fishes. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 92: 43-103.

Fowler, H.W. 1941. Notes on Colombian fresh-water fishes with descriptions of four new species. *Notulae Naturae (Philadelphia)*, 73: 1-10.

Fowler, H.W. 1943. Zoological results of the second Bolivian expedition for the Academy of Natural Sciences of Philadelphia 1936-1937. Part II – Additional new fishes. *Notulae Naturae of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 120: 1-7.

Fundación Bustamante De La Fuente. 2010. *Cambio climático en el Perú – Amazonia*. Apus Graph Ediciones. Lima, Perú.

Galvis G., I. Mojica, M. Camargo. 1997. Peces del río Catatumbo. Asociación Cravo Norte. (ECOPETROL, OXY, SHELL), Bogota, 118pp. Galvis, G. y Mojica, J.I. 2007. The Magdalena River fresh water fishes and fisheries. *Aquatic Ecosystem Health y Management*, 10(2): 127–139..

Gutiérrez, F. de P., Lasso, C.A., Baptiste, M.P., Sánchez-Duarte, P. y Díaz, A.M. (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 (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.

Hidalgo, M. y Olivera, R. 2004 Peces. En: N. Pitman, R.C. Smith, C. Vriesendorp, D. Moskovits, R. Plana, G. Knell y T. Watcher (eds.), Perú: *Amplyacu, Apayacu, Yaguas, Medio Putumayo*. Rapid Biological Inventories Report 12. The Field Museum of Natural History, Chicago. IL:

Hidalgo, M., Chocano, L., Figueroa, L., Corahua, I., Mendoza, A. y Olivera, R. 2013. *Orestias* cf. *agassizii* (Pisces: Cyprinodontidae) en el área de influencia del Gaseoducto de PERU LNG. En: A. Alonso, F. Dallmeier y G.P. Servat (eds.), *Monitoreo de Biodiversidad. Lecciones de un Megaproyecto Transandino*, pp. 165-171. Smithonian Institution Scholarly Press, Washington D.C.

Hidalgo, M. y Quispe R. 2004. Peces de Megantoni - Urubamba, CUSCO, Perú. En: C. Vriesendrops, L. Rivera, D. Moskovits, y J. Shopland (eds.), *Perú: Megantoni*. Rapid Biological Inventories 15. The Field Museum, Chicago, IL.

Hubert, N. y Renno, J.F. 2006.Historical biogeography of South American freshwater fishes. *Journal of Biogeography*, 33(8): 1414-1436.

Hungerbühler, D., Steinmann, M., Winkler, W., Seward, D., Egüez, A., Peterson, D.E., Helg, U. y Hammer, C. 2002. Neogene stratigraphy and Andean geodynamics of southern Ecuador. *Earth-Science Reviews*, 57(1): 75-124.

Hurtado Guerra A., Santamaría Gómez, M. y Matallana, C.L. 2013. *Plan de investigación y monitoreo del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP): avances construidos desde la Mesa de Investigación y Monitoreo entre 2009 y 2012*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Parques Nacionales Naturales de Colombia. Bogotá, D. C., Colombia.

IDEAM. 2014. *Estudio Nacional del Agua 2014*. Bogotá, D. C.

Izquierdo S., M.L. y Madroñero P., S.M. 2013. Régimen de caudal ecológico, herramienta de gestión para conservar la biota acuática. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 23(2): 77-94.

Jaramillo-Villa, U., Maldonado-Ocampo, J.A. y Escobar, F. 2010. Altitudinal variation in fish assemblage diversity in streams of the central Andes of Colombia. *Journal of Fish Biology*, 76(10): 2401-2417.

Jiménez-Prado, P., Aguirre, W. Laaz-Moncayo, E. Navarrete-Amaya, E., Nugra-Salazar, E., Rebolledo-Monsalve, E., Zárate-Hugo, E., Torres-Noboa, A. y Valdiviezo-Rivera, J. 2015. *Guía de peces para aguas continentales en la vertiente occidental del Ecuador*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas (PUCESE); Universidad del Azuay (UDA) y Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN) del Instituto Nacional de Biodiversidad. Esmeraldas, Ecuador.

Jiménez-Prado, P. y Rebolledo-Monsalve, E. 2015. La cuenca del río Santiago-Cayapas, provincia de Esmeraldas, noroccidente del Ecuador: importancia en las comunidades locales y relación con las actividades industriales. En: C.A. Lasso, J.F. Blanco-Libreros y P. Sánchez-Duarte (eds.), *XII Cuencas Pericontinentales de Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Tipología, Biodiversidad, Servicios ecosistémicos y sostenibilidad de los ríos, quebradas y arroyos costeros*. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá D.C., Colombia.

Jiménez-Segura, L.F., Arango, A., Ríos-Pulgarín, M., García-Alzate, C. 2013. Distribución altitudinal de la ictiofauna en un río trans-andino en el norte de Suramérica. XII Congreso Colombiano de Ictiología y III encuentro de ictiólogos suramericanos. Bogotá, Colombia.

Jiménez-Segura, L.F., Restrepo-Santamaría, D., López-Casas, S., Delgado, J., Valderrama, M., Álvarez, J. y Gómez, D. 2014a. Ictiofauna y desarrollo del sector hidroeléctrico en la cuenca del río Magdalena-Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*, 15(2): 3-25.

Jiménez-Segura, L.F., Maldonado-Ocampo, J.A. y Pérez-Gallego C.M., 2014b. Gradiente de recuperación longitudinal en la estructura de la ictiofauna en un río andino regulado. *Biota Colombiana*, 15(2): 61-80.

Jiménez-Segura, L.F., Galvis-Vergara, G., Cala-Cala, P. García-Alzate, C.A., López-Casas, S. Ríos-Pulgarín, M.I., Arango, G.A., Mancera-Rodríguez, N.J., Gutiérrez-Bonilla, F. y Álvarez-León, R. 2016. Freshwater fish faunas, habitats and conservation challenges in the Caribbean river basins of north-western South America. *Journal of Fish Biology* (in press).

Lamprea, N., López, L., Santacruz, D., Guerrero, J. y Burbano, C. 2004. Modificaciones técnicas en el uso de microsatélites y AFLP para el estudio poblacional de diversas especies de peces en el río Sinú, Colombia. *Revista colombiana de biotecnología*, 6(1): 72-78.

Lasso C, Mojica, J.I., Usma, J.S., Maldonado-Ocampo, A., DoNascimiento, C., Taphorn, D.C., Provenzano, F., Lasso-Alcalá, O., Galvis, G., Vásquez, L., Lugo, M., Machado-Allison, A., Royero, R., Suárez., C. y Ortega-Lara, A. 2004. Peces de la cuenca del río Orinoco. Parte I Lista de especies y distribución por subcuencas. Biota Colomhiana, 5(2): 95-158.

Lasso, C. A., Agudelo-Córdoba, E., Jiménez-Segura, L.F., Ramírez-Gil, H., Morales-Betancourt, M., Ajiaco-Martínez, R.E., Gutiérrez, F. de P., Usma, J.S., Muñoz-Torres, S.E. y Sanabria, A.I. (eds.). 2011b. *I. Catálogo de los Recursos Pesqueros Continentales de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.

Lasso, C. A., Gutiérrez, F de P., Morales-Betancourt, M. A., Agudelo, E., Ramírez -Gil, H y Ajiaco-Martínez, R. E. (eds). 2011a. *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.

Lauzanne, L. y Loubens, G. 1985. *Peces del río Mamoré*. Collection Travaux et Documents N° 192. Éditions de l'ORSTOM. Paris, Francia.

Lauzanne, L., Loubens, G. y Le Guennec, B. 1991. Liste commentée des poissons de l'Amazonie bolivienne. *Revue Hydrobiologie Tropicale*, 24 (1): 61-76.

Lebel, J., Mergler, D., Lucotte, M., Amorim, M., Dolbec, J., Miranda, D., Arantes, G., Rheault, I. y Pichet, P. 1996. Evidence of early nervous system dysfunction in Amazonian populations exposed to low-levels of methylmercury. *Neurotoxicology*, 17(1): 157-167.

López-Casas, S., Jiménez-Segura, L.F., Agostinho, A.A. y Pérez, C.M. 2016. Potamodromous migrations in the Magdalena River basin: bimodal reproductive patterns in neotropical rivers. *Journal of fish biology* (in press).

Lozano, L. y Rivas, T. 2015**.** Biomagnificación de mercurio en cuatro especies ícticas de ecosistemas lénticos de la cuenca media del río atrato**.** En: Memorias del XIII Congreso Colombiano de Ictiología-ACICTIOS. Leticia (Amazonas), Colombia.

Lujan, N.K., Hidalgo, M. y Stewart, D.J. 2010. Revision of Panaque (Panaque), with descriptions of three new species from the Amazon Basin (Siluriformes, Loricariidae). Copeia, (4): 676-704.

Lundberg, J.G., Marshall, L.G., Guerrero, J., Horton, B. Malabarba, L.R. y Wesselingh, F. 1998. The stage for Neotropical fish diversification: a history of tropical South American rivers. En: L. Malabarba, R.E. Reis, R.P. Vari, C.A.S. de Lucena y Z.M.S. de Lucena (eds.), *Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes*, pp. 13-48. Museu de Ciências e Tecnologia, Porto Alegre, Brasil.

Maldonado, M., Maldonado-Ocampo, J.A., Ortega, H., Encalada, A.C., Carvajal-Vallejos, F.M., Rivadeneira, J.F., Acosta, F., Jacobsen, D., Crespo, Á. y Rivera-Rondón, C.A. 2012. Diversidad en los sistemas acuáticos. En: S.K. Herzog, R. Martínez, P.M. Jørgensen y H. Tiessen, (eds.), *Cambio Climático y Biodiversidad en los Andes Tropicales*, pp. 325-347. Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), Paris.

Maldonado-Ocampo J.A., Ortega-Lara, A., Usma, J.S., Galvis, G., Villa-Navarro, F., Vasquez, L., Prada, S. y Ardila, C. 2005. *Peces de los Andes de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.

Maldonado-Ocampo, J., R. Vari y J. S. Usma. 2008. Checklist of the freshwater fishes in Colombia. *Biota Colombiana*, 9: 143-237.

Maldonado-Ocampo, J.A., Usma, J.S., Villa-Navarro, F.A., Ortega-Lara, A., Prada-Pedreros, S., Jiménez, L.F., Jaramillo-Villa, U., Arango, A., Rivas, T. y Sánchez, G.C. 2012. *Peces Dulceacuícolas del Chocó Biogeográfico de Colombia*. WWF Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Universidad del Tolima, Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá DC, Colombia.

Mancera-Rodríguez, N. J. y Álvarez-León, R. Hay que mover la referencia antes de Mariano, M. 2006. Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de Colombia. *Acta Biológica Colombiana,* 11: 3-23.

Mariano, M., Huaman, P., Mayta, E., Montoya, H. y Chanco, M. 2010. Contaminación producida por piscicultura intensiva en lagunas andinas de Junín, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 17(1): 137-140.

Marrugo, J., Lans, E. y Benítez, L. 2007. Hallazgo de mercurio en peces de la Ciénaga de Ayapel, Córdoba, Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, 12(1): 878-886.

Marrugo-Negrete J.L., Ruiz-Guzmán J.A. y Díez S. 2013. Relationship between mercury levels in hair and fish consumption in a population living near a hydroelectric tropical dam. *Biological Trace Element Research,* 151(2): 187-194.

McClain, M.E., Aparicio, L.M. y Llerena, C.A. 2001. Water use and protection in rural communities of the Peruvian Amazon basin. *Water International*, 26(3): 400-410.

Miles, C. 1971. *Los peces del río Magdalena*. Segunda Edición. Universidad del Tolima. Centro Audiovisual. UT ediciones. Ibagué, Colombia.

Ministerio del Ambiente. 2014. *Estrategia Nacional de Diversidad Biológica al 2021 y su Plan de Acción 2014-2018*. Ministerio del Ambiente. Lima, Perú.

Ministerio del Ambiente. 2015. *Estrategia Nacional ante el Cambio Climático*. Ministerio del Ambiente. Lima, Perú.

Mojica, J., Castellanos, C., Usma, S, y Alvárez, R. (eds.). 2002. *Libro rojo de las especies de peces dulceacuícolas de Colombia*. La serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia.

Mojica, J. I., Galvis, G., Harrison, I. y Lynch, J. 2012a. *Rhizosomichthys totae*. En: J.I. Mojica, J.S. Usma, R. Álvarez-León y C.A. Lasso (eds.), *Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia 2012*, pp. 53. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia y Universidad de Manizales. Bogotá, Colombia.

Mojica, J.I., Usma, J.S., Álvarez-León, R. y Lasso, C.A. (eds). 2012b. *Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia 2012*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia y Universidad de Manizales. Bogotá, Colombia.

Montoya-Burgos, J.I. 2003. Historical biogeography of the catfish genus *Hypostomus* (Siluriformes: Loricariidae), with implications on the diversification of Neotropical ichthyofauna. *Molecular Ecology*, 12(7): 1855-1867.

Mosquera-Lozano, Y., Torres-Ibarguen, A., Lozano-Largacha, Y. y Pereamena, B. 2005. Incidencia del mercurio por la explotación minera en algunas especies de peces en el río Condoto, Chocó-Colombia. En: Memorias del VIII Simposio Colombiano de Ictiología. ACICTIOS/ UTCH. Quibdó (Chocó), Colombia.

Ochoa, G. 2010. *Servicio de consultoría para la sistematización y seguimiento de la aplicación de metodologías de determinación del caudal ecológico en cuencas hidrográficas en el marco de las acciones de seguimiento e intervención*. Ministerio del Ambiente, Perú. http://consultorias.minam.gob.pe/cons/handle/minam/60.

Olivero-Verbel J., Caballero-Gallardo K., Negrete-Marrugo J. 2011. Relationship between localization of gold mining areas and hair mercury levels in people from Bolivar, north of Colombia. *Biological Trace Element Research*, 144: 118-132.

Ortega, H. 1992. Biogeografía de los peces de aguas continentales del Perú, con especial referencia a especies registradas a altitudes superiores a los 1000 m. *Memorias del Museo de Historia Natural, UNMSM*, 21: 39-45.

Ortega, H. 1997. Ichthyofauna of the Cordillera del Condor. En T.S. Schulenberg y K. Awbrey (eds.), *The Cordillera del Condor Region of Ecuador and Peru: A Biological Assessment. RAP Working Papers*, 86-69. Washington, DC: Conservation International.

Ortega, H., Hidalgo, M., Salcedo, N., Castro, E. y Riofrio, C. 2001. Diversity and conservation of fish of the lower Urubamba region, Peru. En A. Alonso, F. Dallmeier y P. Campbell (eds.), *Urubamba: The biodiversity of a Peruvian rainforest*, pp. 143-150. Smithsonian Institution, Washington.

Ortega, H., Guerra, H y Ramírez, R. 2007. The introduction of Non Native Fishes into Freshwater Systems of Peru. En: T. Bert (ed.), *Ecological and Genetic Implications of Aquaculture Activities*, pp. 247-278. Springer.

Ortega, H., Rengifo, B., Samanez, I. y Palma, C. 2007. Diversidad y el estado de conservación de cuerpos de agua Amazónicos en el nororiente del Perú. *Revista peruana de biología*, 13(3): 189-193.

Ortega, H., Hidalgo, M. Trevejo, G., Correa, E., Cortijo, A.M., Meza, V. y Espino, J. 2012. *Lista anotada de los peces de aguas continentales del Perú: Estado actual del conocimiento, distribución, usos y aspectos de conservación*. Ministerio del Ambiente, Dirección General de Diversidad Biológica - Museo de Historia Natural, UNMSM, Lima, Perú.

Ortega-Lara, A., Usma, J.S., Bonilla, P.A. y Santos, N.L. 2006a. Peces de la cuenca alta del río Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*, 7(1): 39-54.

Ortega-Lara, A., Usma, J.S., Bonilla, P.A. y Santos, N.L. 2006b. Peces de la cuenca del río Patía, vertiente del Pacífico colombiano. *Biota Colombiana*, 7(2): 179-190.

Ovchynnyk, M.M. 1967. *Fresh water fishes of Ecuador, and perspective for development of fish cultivation*. Monograph series, No 1, Latin American Studies Center, Michigan State University.

Palacio, J.A. 2007. *Ecotoxicología acuática*. Editorial Universidad de Antioquia, Colombia.

Palacios, V.E., Ortega, H. y Rojas, M.D.C. 2008. Inventario rápido de la ictiofauna en la cuenca del Bajo Pachitea, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 15(1): 111-116.

Palacios, V. y Ortega, H.2009. Diversidad de Peces del Río Inambari (Madre de Dios, Perú). *Revista peruana de biología*, 15 (2): 059-064.

Pareja-Carmona, M.I., Jiménez-Segura, L.F., Villa-Navarro, F.A., Reinoso-Flórez, G., Gualtero-Leal, D.M. y Ángel-Rojas, V.J. 2014. Áreas de reproducción de peces migratorios en la cuenca alta del río Magdalena, Colombia. *Biota Colombiana*, 15(2): 40-53.

Parra Rodríguez, E.A. 2012. *Modelamiento y manejo de las interacciones entre la hidrología, la ecología y la economía en una cuenca hidrográfica para la estimación de caudales ambientales*. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia, Medellín.

Pearson, N.E. 1924. The fishes of the eastern slope of the Andes. I. The fishes of the Rio Beni basin, Bolivia, collected by the Mulford expedition. *Indiana University Studies,* 11(64): 1-83.

Pelayo, P. 2016. *Aplicación del Sistema expert ModestR a la construcción de modelos de distribución de peces*. Tesis de doctorado. Universidad de Antioquia. Colombia.

Poully, M., Lino, F. y Yunoki, T. 2004. Peces de las lagunas. En: M. Poully, S.G. Beck, M. Moraes y C. Ibañez (eds.), *Diversidad biológica de la llanura de inundación del río Mamoré. Importancia ecológica de la dinámica fluvial*, pp. 321-358. Centro de Ecología Simón L. Patiño. Santa Cruz, Bolivia.

Ráez-Luna, E. y Dammert Bello, J.L. 2012. *Reflexiones y lecciones sobre la toma de decisiones ante grandes proyectos minero-energéticos en el Perú: el caso de la hidroeléctrica Inambari en la Amazonía Peruana*. Cuaderno de investigación (Vol. 7). Peruvian Society of Environmental Law (SPDA), Lima, Peru.

Rivadeneira J.F., Anderson, E. y Dávila, S. 2010. Peces de la cuenca del río Pastaza, Ecuador. Fundación Natura, Quito, Ecuador.

Roach, K.A., Jacobsen, N.F., Fiorello, C.V., Stronza, A. y Winemiller, K.O. 2013. Gold mining and mercury bioaccumulation in a floodplain lake and main channel of the Tambopata River, Peru. *Journal of Environmental Protection*, 4(1): 51-60.

Rodbell, D.T., Delman, E.M., Abbott, M.B., Besonen, M.R. y Tapia, P.M. 2014. The heavy metal contamination of Lake Junín National Reserve, Peru: An unintended consequence of the juxtaposition of hydroelectricity and mining. *GSA Today*, 24(8): 4-10.

Sánchez-Duarte, P. y Lasso, C.A. 2013. Evaluación del impacto de las medidas de conservación del Libro Rojo de peces dulceacuícolas (2002-2012) en Colombia. *Biota Colombiana*, 14 (2): 288-312.

Sarmiento, J. y Barrera, S. 1996. Peces. En: P. Ergueta y C. de Morales (eds.), *Libro rojo de los vertebrados de Bolivia*, pp.33-65. Centro de datos para la Conservación. La Paz, Bolivia.

Sarmiento, J. y Barrera, S. 1997. Observaciones preliminares sobre la ictiofauna de la vertiente oriental andina de Bolivia. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental,* 2: 77-99.

Schaeffer, S.A. 2011. The Andes, Riding the Tectonic Uplift. En: J. Albert, y R. Reis (eds.), *Historical Biogeography of Neotropical Freshwater Fishes*, pp. 259-278. University of California Press, Berkeley.

Schaefer, S.A., Chakrabarty, P., Geneva, A.J. y Sabaj-Pérez, M.H. 2011. Nucleotide sequence data confirm diagnosis and local endemism of variable morphospecies of Andean astroblepid catfishes (Siluriformes: Astroblepidae). *Zoological journal of the Linnean Society*, 162(1): 90-102.

Tapia, P.M. 2008. Diatoms as bioindicators of pollution in the Mantaro River, Central Andes, Peru. *International Journal of Environment and Health*, 2(1): 82-91.

Tellez, P., Petry, P., Walschburguer, T., Higgins, J. y Apse, C. 2012. *Portafolio de conservación de agua dulce para la Cuenca del Magdalena-Cauca*. Cormagdalena, Fundación Mario Santo Domingo, The Nature Conservancy, Colombia.

Tovar Pacheco, J.A., Sayán Miranda, J.L, Pérez Mirástegui, G. y Guzmán Martínez, A. 2006. Estado del conocimiento de la hidrogeología en Perú. *Boletín Geológico y Minero*, 117(1): 147-161.

Trujillo, F., Lasso, C.A., Diaz-Granados, M.C., Farina, O., Perez, L.E., Barbarino, A., Gonzalez, M. y Usma, J.S. 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: C.A. Lasso, J.S. Usma, F. Trujillo y A. Rial (eds.), *Biodiversidad de la Cuenca del Orinoco: bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad*, pp. 339-355. Instituto Humboldt, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle e Instituto de Estudios de la Orinoquia (Universidad Nacional de Colombia). Bogotá, D.C. Colombia.

Unidad de Planeación Minero Energética UPME. 2016. Sistema de información minero colombiano. http://www.simco.gov.co/?TabId=121; última consulta 3 de mayo de 2016.

Urbano-Bonilla, A., Zamudio, J., Maldonado-Ocampo, J.A., Bogotá-Grégory, J.D., Cortes-Millán, G.A. y López, Y. 2009. Peces del piedemonte del departamento de Casanare, Colombia. *Biota Colombiana*, 10: 149-162.

Urbano-Bonilla, A. y Maldonado-Ocampo, J.A. 2013. Peces. En: C. Mora-Fernández y L. Peñuela-Recio (eds.), *Guía de campo. Flora y fauna de las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto, Casanare, Colombia*, pp. 277-336. Serie Biodiversidad para la Sociedad No. 3. Yoluka ONG, fundación de investigación en biodiversidad y conservación, Fundación Horizonte Verde y Ecopetrol S.A., Colombia.

Uribe, C. y Escobar, N. 2001. *Estudio ambiental de la cuenca Magdalena-Cauca y elementos para su ordenamiento territorial*. CORMAGDALENA-IDEAM, Colombia.

Usma, J.S., Villa-Navarro, F., Lasso, C.A., Castro, F., Zúñiga-Upegui, P.T., Cipamocha, C.A., Ortega-Lara, A., Ajiaco, R.E., Ramírez-Gil, H., Jiménez, L.F., Maldonado-Ocampo, J.A., Muñoz, J. y Suárez, J.T. 2013. Peces dulceacuícolas migratorios de Colombia. En: L.A. Zapata y J.S. Usma (eds.), *Guía de las Especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia. Peces*, pp. 215-442. Vol. 2. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / WWF Colombia. Bogotá, D.C. Colombia.

Van Damme, P.A., Carvajal-Vallejos, F., Sarmiento, J., Barrera, S., Osinaga, K. y Miranda-Chumacero, G. 2009. Peces. *En:* Ministerio de Medio Ambiente y Agua (ed.), *Libro rojo de la fauna silvestre de vertebrados de Bolivia*, pp. 25-90. La Paz, Bolivia.

Vari, R. P., y Malabarba, L.R. 1998. Neotropical ichthyology: An overview. En: L.R. Malabarba, R. E. Reis, R. Vari, Z.M.S. Lucena, y C.A.S. Lucena (eds.), *Phylogeny and Classifi cation of Neotropical Fishes*, pp. 1-11. Edipucrs, Porto Alegre.

Vásquez, L. y Matallana, C. 2014. Gestión de áreas protegidas. En: J.C. Bello, M. Báez, M. F. Gómez, O. Orrego y L Naguele. *Biodiversidad 2014. Estado y tendencia de la biodiversidad continentales de Colombia*, pp. 302-303. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C.

Villa-Navarro, F.A., Zúñiga-Upegui, P.T., Castro-Roa, D., García-Melo, J.E., García-Melo, L.J. y Herrada-Yara, M.E. 2006. Peces del alto Magdalena, cuenca del río Magdalena, Colombia. *Biota Colombiana*, 7(1): 3-22.

Vuille, M. 2013. *El cambio climático y los recursos hídricos en los Andes tropicales*. Banco Interamericano de Desarrollo. Unidad de Salvaguardias Ambientales. Número IDB - TN - 517.

Pescadores en el río Sinú, Colombia. Foto: © Fernando Trujillo.

Capítulo 4. Estado de conservación y distribución de los moluscos de agua dulce de los Andes Tropicales

Carlos A. Lasso[1], Modesto Correoso[2], Manuel Lopes-Lima[3], Rina Ramírez[4] y Marcelo F. Tognelli[5]

4.1 Generalidades de la malacofauna de los Andes Tropicales 57
4.2 Estado de conservación de los moluscos endémicos 58
4.3 Patrones de riqueza de especies 59
4.3.1 Riqueza de especies endémicas 59
4.3.2 Riqueza de especies amenazadas 60
4.3.3 Riqueza de especies con Datos Insuficientes 60
4.4 Principales amenazas para los moluscos 62
4.4.1 Contaminación y desarrollo urbano 62
4.4.2 Modificación de sistemas naturales 62
4.4.3 Agricultura 63
4.4.4 Uso de los recursos biológicos 64
4.5 Conclusiones y recomendaciones para la conservación 64
4.5.1 Exploración y estudios taxonómicos 64
4.5.2 Monitoreo 65
4.5.3 Áreas protegidas 65
4.6 Referencias 65

4.1 Generalidades de la malacofauna de los Andes Tropicales

Los moluscos de agua dulce están ampliamente distribuidos en Suramérica y pueden ser muy abundantes en algunos hábitats (Cummings *et al*. 2016, Pereira *et al*. 2014). La malacofauna acuática continental de la región de los Andes Tropicales es sin duda muy rica pero desconocida a la vez. La diversidad fisiográfica, ecosistémica, altitudinal y la presencia de varias vertientes o cuencas hidrográficas separadas por los ramales de las cordilleras andinas y sus piedemontes entre otros factores, explican en gran parte esta enorme riqueza y por supuesto, un elevado nivel de endemismo.

Los moluscos acuáticos (caracoles y almejas, ostras de agua dulce y mejillones de río), son un elemento clave en el flujo de energía y en el equilibrio de los ecosistemas acuáticos continentales. Sus hábitos alimenticios del tipo filtrador permiten la transferencia de materia y energía de la columna de agua al bentos (Strayer *et al*. 1999). Adicionalmente, muchas especies son "ingenieros de ecosistemas" (Gutiérrez *et al*. 2003), no solo por el efecto indirecto de su alimentación filtradora en el caso de los bivalvos ya que incrementan la transparencia del agua y por tanto de la vegetación acuática sumergida, sino que contribuyen a cambios en los sedimentos (p. ej. oxígeno y materia orgánica disponible), mediante la producción de conchas y aportan substrato para otras especies (Vaughn y Hakenkamp 2001, Johnson *et al*. 2013, Spooner *et al*. 2013).

Son a su vez, excelentes herramientas para la identificación y delimitación de humedales. Muchas especies pueden ser utilizadas como bioindicadoras dada su extrema sensibilidad (especialmente los estadios larvales) a la alteración del hábitat, fragmentación, contaminación y cambios en los regímenes de flujo de agua y estructura de las comunidades de peces hospedadores (Geist 2010). Su nivel de endemismo es

1 Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Calle 28A # 15-09, Bogotá D.C., Colombia.
2 Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Av. General Rumiñahui s/n. Sangolquí, Quito, Ecuador.
3 CIIMAR-Interdisciplinary Centre of Marine and Environmental Research. University of Porto, Portugal.
4 Museo de Historia Natural, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Apartado 14-0434, Lima-14, Perú.
5 IUCN-CI Biodiversity Assessment Unit. Global Species Programme. The Betty and Gordon Moore Center for Science. Conservation International. 2011 Crystal Dr., Suite 500. Arlington, VA 22202, USA

importante, y juegan un papel clave en las comunidades acuáticas al ser presas de peces de interés comercial, así como procesadores de materia orgánica (algas, perifiton, etc.) (Haag 2012, Longo y Lasso 2014). Para el ser humano representan una fuente de alimento (proteínas) especialmente en áreas remotas y en particular para las comunidades indígenas. También representan valor para el hombre como ornamento (conchas y perlas), filtran y clarifican el agua (Haag 2012).

Los moluscos también pueden actuar como vectores de parásitos responsables de enfermedades de carácter zoonótico. Por ejemplo, en zonas del litoral de Ecuador se han reportado casos de meningitis eosinófila (causada por el parásito *Angiostrongylus cantonensis*) por ingestión de moluscos nativos como *Pomacea lineata*, e introducidos como *P. canaliculata*. La presencia reciente de este parásito en Ecuador y el hallazgo parasitológico en hospederos definitivos e intermediarios constituye el primer registro de infección natural de ratas con este parásito y la descripción del primer foco natural en Ecuador y en Suramérica (Muzzio 2011, Solorzano 2014, Correoso *et al*. 2015).

En Colombia se han reportado cerca de 60 especies (21 bivalvos y 40 gastrópodos) (Linares y Vera 2012), pero esta cifra probablemente sea mucho mayor dados los vacíos de información y muestreos en el país, así como problemas derivados de la complejidad de algunos grupos, en particular de las especies crípticas. A nivel de cuencas, la más rica en especies es la cuenca del Magdalena-Cauca (46 sp.), seguida del Caribe (36 sp.), Orinoco (29 sp.), Amazonas (13 sp.) y finalmente Pacífico (2 sp.), lo que obviamente es un claro ejemplo de la falta de muestreo en esta última vertiente (Lasso y Morales-Betancourt 2014).

En Ecuador, los estudios e investigaciones de moluscos fluviales son aún insuficientes y la información existente permanece desactualizada respecto a los países vecinos (Colombia y Perú), aunque se considera que su biodiversidad es muy afín desde el punto de vista biogeográfico a estos dos países. Históricamente, existen referencias antiguas que demuestran su alta biodiversidad. Por ejemplo Jousseaume (1887) y Germain (1910) de la Segunda Expedición Geodésica Francesa, reportan tres familias de gasterópodos fluviales: Ampullaridae, Melanidae (= Thiaridae) y Unionidae para Ecuador continental (acorde a la sistemática de la época). Los reportes más relevantes de este periodo son del género *Pomacea* (= *Ampullaria*) con 11 especies citadas. Más recientemente, en base a colectas y referencias bibliográficas, Correoso (2002, 2008) reconoce 13 familias fluviales, mayormente de la clase Gasterópoda y en menor proporción de Pelecypoda (Bivalvia), destacándose la gran diversidad de la familia Ampullaridae con más de veinte especies de *Pomacea* nativas y una introducida *P. canaliculata* (MAE 2011, Correoso 2011, Correoso *et al.* 2015). Estas cifras de moluscos dulceacuícolas no representan la totalidad de moluscos acuáticos ecuatorianos, sino que más bien muestran el escaso conocimiento que se tiene de ellos, principalmente por falta de colectas científicas sistemáticas de amplias áreas del país, fundamentalmente en la zona amazónica u oriental y la costa, y en los cuerpos de agua de la Sierra. Dadas las condiciones de la malacología de Ecuador, es lógico esperar que estas cifras aumenten según se vayan llenando los vacíos de información y los sesgos de muestreos en el país.

Para el Perú, de acuerdo al trabajo de Ramírez *et al*. (2003), se reconocen 129 especies de moluscos dulceacuícolas, que incluyen 89 especies (69%) de gasterópodos y 40 especies de bivalvos (31%). Entre los primeros destacan las familias Hydrobiidae (26 sp.) y Ampullariidae (25 sp.) como las más diversas, seguidas de Planorbidae (20 sp.), mientras que las diez familias restantes no alcanzan las cuatro especies. Respecto a los bivalvos, Mycetopodidae es la familia más rica (20 sp.), seguida por Hyriidae (12 sp.), familias típicas de tierras bajas de la vertiente oriental y amazónica. Las otras tres familias restantes no llegan a las seis especies. El endemismo de este país es alto, con 36 especies endémicas: 14 especies de hidróbidos, 6 especies de ampuláridos y 9 especies de pulmonados en conjunto. Por último, de los bivalvos se reconocen siete especies endémicas. Es necesario hacer notar que en cuanto a la sistemática de las especies presentes en el Perú, así como de los otros países de la región, la descripción de prácticamente todas las especies está basada tan solo en la concha, y los estudios anatómicos recientes están develando nuevas especies dentro de las consideradas de amplia distribución, con localidad tipo fuera de Perú (Ampuero, A. y Ramírez, R., datos no publicados). Entre los moluscos de la Amazonia peruana, los gasterópodos del género *Pomacea* son muy cotizados no sólo por los pobladores nativos, sino también en las ciudades, donde hasta se expenden en los mercados de abastos con el nombre común de "churos" (Castro *et al*. 1976, Padilla *et al*. 2004); algunos bivalvos también son consumidos como es el caso del "tumba cuchara" (*Anodontites trapesialis*), en los departamentos de Loreto y San Martín (Medina y Mendieta 1994).

En el caso boliviano la información es sumamente escasa y apenas se conocen unas pocas referencias sobre trabajos con moluscos, específicamente bivalvos (ver p. ej. Maldonado y Goitia 1996, Ituarte 2007). Con ese precedente se revisó el listado más actualizado y completo de los moluscos de Suramérica (Simone 2006), de donde se pudo concluir que para Bolivia hay al menos unas 30 especies de moluscos confirmadas, pero esta cifra dista mucho de la realidad ya que hay muchas especies de amplia distribución, por ejemplo en la Amazonia, que probablemente estén presentes en Bolivia y que no han sido registradas. No obstante, se reportan entonces con seguridad 24 especies de gasterópodos, con predominio de planórbidos (9 sp.) y ampuláridos (8 sp.). Le siguen los bivalvos con 6 especies registradas.

4.2 Estado de conservación

En este estudio se evaluaron 34 especies de moluscos endémicos de los Andes Tropicales, de las cuales ocho son bivalvos y 26 gasterópodos. Del total de especies evaluadas, seis se encuentran en alguna de las categorías de amenaza (VU, EN, CR), 1 Casi Amenazada (NT), 7 en Preocupación Menor (LC) y 21 en la categoría de Datos Insuficientes (DD) (Figura 4.1). Entre las

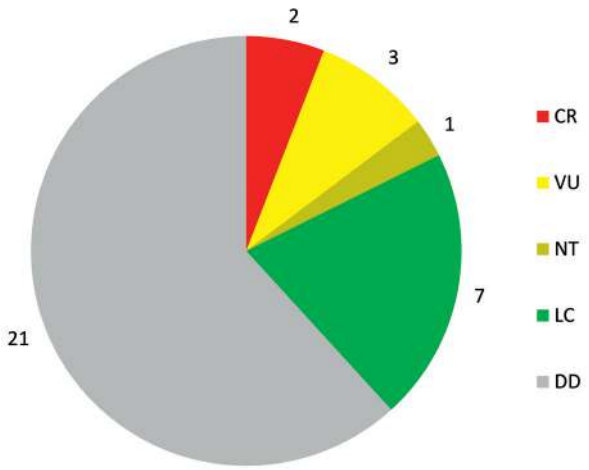


Figura 4.1 Número de especies de moluscos endémicos de los Andes Tropicales en cada una de las categorías de la Lista Roja de la UICN. CR: En Peligro Crítico; VU: Vulnerable; NT: Casi Amenazada; LC: Preocupación Menor; DD: Datos Insuficientes.

La ostra del río Magdalena (*Acostaea rivolii*) está En Peligro Crítico ya que ha sido extirpada de la mayor parte de su distribución original. Foto: © Jorge García.

especies amenazadas y Casi Amenazadas, dos estarían en Peligro Crítico (CR), incluyendo un bivalvo y un gasterópodo; tres serían vulnerables (VU), incluyendo un bivalvo y dos gasterópodos y una especie de gasterópodo como Casi Amenazada (NT) (Tabla 4.1). Ninguna especie fue incluida en la categoría En Peligro (EN).

Las especies amenazadas fueron un bivalvo, la ostra del río Magdalena (*Acostaea rivolii*) y un gasterópodo (*Pomacea ocanensis*) ambas calificadas como En Peligro Crítico (CR) y distribuidas en la cuenca del Magdalena-Cauca (*A. rivolii*) y Catatumbo (*P. ocanensis*), río que drena finalmente al Lago de Maracaibo en Venezuela. No obstante, no se puede descartar que *P. ocanensis* esté presente también en la cuenca del Magadalena dado los problemas inherentes a la localidad tipo. Tres especies, que incluyen a la almeja del río Sinú (*Diplodontites olssoni*) y dos caracoles (*Pomacea palmeri* y *Pomacea quinindensis*), del Magdalena-Cauca y Pacífico, respectivamente, se clasificaron como Vulnerables (VU). Hay una especie de caracol considerada como Casi Amenazada (NT) (*Pomacea expansa*), de la vertiente Pacífica ecuatoriana (Tabla 4.1).

Siete especies fueron categorizadas como Preocupación Menor (LC), incluyendo cinco bivalvos (*Castalia ecarinata*, *Anodontites colombiensis*, *Diplodontites cookei*, *Diplodontites pilsbryana* y *Pisidium iquito*) y dos gastrópodos (*Pomacea aldersoni* y *Lithococcus multicarinatus*). Por último, 21 especies, incluyendo un bivalvo (*Sphaerium aequatoriale*) y 20 especies de gastrópodos, fueron calificadas como Datos Insuficientes (DD).

4.3 Patrones de riqueza de especies

4.3.1 Riqueza de especies endémicas

De las 34 especies endémicas de los Andes Tropicales evaluadas, 15 se distribuyen en Colombia (con 3 especies compartidas con Ecuador, 1 con Perú y 1 con ambos países), 13 se distribuyen en Ecuador (con 1 especie compartida con Perú), 11 en Perú y una especie en Bolivia. Los países con mayor nivel de endemismo son Colombia y Ecuador con 10 y 9 especies endémicas

Tabla 4.1 Especies de moluscos de agua dulce endémicas de los Andes Tropicales Amenazadas (CR y VU) y Casi Amenazadas (NT).

Familia	Nombre científico	Distribución	Categoría UICN de la Lista Roja
Etheriidae	*Acostaea rivolii*	Colombia	CR
Ampullariidae	*Pomacea ocanensis*	Colombia	CR
Mycetopodidae	*Diplodontites olssoni*	Colombia	VU
Ampullariidae	*Pomacea palmeri*	Colombia	VU
Ampullariidae	*Pomacea quinindensis*	Ecuador	VU
Ampullariidae	*Pomacea expansa*	Ecuador	NT

respectivamente, lo que corresponde al 55% del total de especies evaluadas. Le siguen Perú con 8 especies (24%) y Bolivia con una sola especie endémica.

Del total de especies evaluadas, solo se pudieron generar mapas de distribución para 29 especies (i.e. no se tiene suficiente información sobre la distribución de 5 especies). El patrón de distribución de riqueza de especies endémicas muestra una mayor concentración en las cuencas de los ríos Magdalena y Cauca en Colombia y del río Marañón en Perú (Figura 4.2).

4.3.2 Riqueza de especies amenazadas

Las especies clasificadas en categorías de amenaza (VU y CR) se encuentran principalmente distribuidas en la parte alta y media de la cuenca del río Magdalena, en la cuenca del Catatumbo (Maracaibo), en la cuenca del río Sinú en Colombia y en la cuenca del río Esmeraldas en Ecuador (Figura 4.3).

4.3.3 Riqueza de especies con Datos Insuficientes

Más del 50% de las especies evaluadas de moluscos de agua dulce endémicos de los Andes Tropicales no tienen información suficiente para aplicar los criterios de la Lista Roja (asignadas a la categoría de Datos Insuficientes = DD). La mayor concentración de especies con Datos Insuficientes se encuentra en la parte alta de la cuenca del río Cauca en Colombia y en el río Marañón en Perú (Figura 4.4). Cabe resaltar que las 5 especies para las cuales no se pudieron generar mapas de distribución se encuentran también en la categoría de Datos Insuficientes.

Figura 4.2 Distribución por cuenca de la especies de moluscos de agua dulce endémicos de los Andes Tropicales.

Figura 4.3 Distribución por cuenca de la especies de moluscos de agua dulce amenazados de los Andes Tropicales.

El río Opia en Colombia es la única cuenca donde todavía se encuentra la ostra *Acostaea rivolii* (CR). Foto: © Gladys Reinoso

Figura 4.4 Distribución por cuenca de las especies de moluscos de agua dulce de los Andes Tropicales en la categoría de Datos Insuficientes.

4.4 Principales amenazas para los moluscos

Las principales amenazas que impactan a los moluscos de agua dulce amenazados y Casi Amenazados (NT) de los Andes Tropicales son, en orden decreciente, la contaminación del medio acuático, la modificación de los cuerpos de agua, la agricultura, el desarrollo urbano y comercial acelerado y mal planificado, y por último, la extracción desmedida de los recursos (sobrepesca) (Figura 4.5). Estas amenazas podrían estar interrelacionadas e incluso actuar de manera sinérgica.

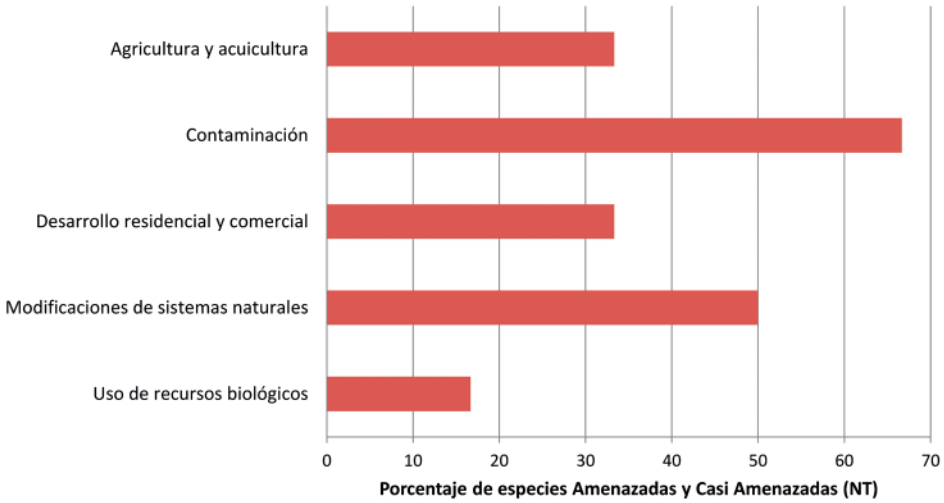
4.4.1 Contaminación y desarrollo urbano

Las principales fuentes de contaminación acuática para los moluscos son los vertidos de aguas residuales domésticas y urbanas y los efluentes agrícolas y forestales. El desarrollo urbano y comercial trae consigo una degradación e incluso pérdida total del hábitat. La agricultura, especialmente los arrozales, y en algunas ocasiones las actividades pecuarias, además de transformar totalmente el paisaje, generan contaminación por el uso de agroquímicos. En ciertos casos es común el uso de molusquicidas. Por ejemplo, en Ecuador a partir del 2008, se empezó a aplicar una fumigación intensiva con pesticidas usuales y molusquicidas para intentar controlar las poblaciones del caracol introducido *Pomacea canaliculata*, que ya representa una plaga en la costa del país, y que está afectando en gran medida a los moluscos nativos y al resto de la fauna acuática (Correoso *et al*. 2015).

4.4.2 Modificación de sistemas naturales

Las modificaciones de los sistemas naturales tienen que ver principalmente con el uso y manejo de los ecosistemas acuáticos en la región. La alteración de los cuerpos de agua incluye varias

Figura 4.5 Principales amenazas que afectan a las especies de moluscos de agua dulce amenazados y Casi Amenazados (NT) de los Andes Tropicales.



actividades como la construcción de represas, trasvases de cuencas, canalización, regulación de caudales, sustracción de agua para riego e incluso desecación de humedales. Muchas de estas actividades están relacionadas con el uso de agua para agricultura y ganadería. Finalmente, el resultado de estas modificaciones trae consigo la modificación, alteración e incluso la remoción del fondo o sustrato de los cuerpos de agua. De esta manera, los moluscos al ser especies bentónicas y filtradoras y/o raspadoras, son mucho más vulnerables frente a estos impactos.

4.4.3 Agricultura

Una de las principales actividades agrícolas que afectan a los moluscos de agua dulce en la región son los cultivos de arroz. Estos, no solo representan la conversión del hábitat natural, sino que también requieren de mucha agua y, como se mencionó anteriormente, demandan del uso de varios agroquímicos (ej. fertilizantes y plaguicidas).

Contaminación por vertimiento de efluentes en el río Frío, Colombia. Foto: © Mario Suarez.

Las construcciones de diques en el río Opia afectan a la ostra *Acostaea rivolii* (CR). Foto: © Gladys Reinoso.

4.4.4 Uso de los recursos biológicos

Algunas especies de moluscos, en particular los caracoles del género *Pomacea*, son objeto de extracción, que los ha llevado a niveles de sobrepesca en sitios puntuales. Por ejemplo, en algunas regiones de Ecuador, particularmente en las provincias de Pastaza, Orellana y Napo, algunas especies de pomáceas suelen ser usadas por las comunidades nativas como fuente de alimento. En Colombia, la ostra del río Opia (*Acostaea rivolii*) también es objeto de pesca artesanal para consumo humano (López-Delgado *et al*. 2009). En el Perú son consumidos diversas especies de *Pomacea* y al menos una de bivalvo (*Anodontites trapesialis*).

Las amenazas arriba mencionadas también han creado las condiciones propicias para el establecimiento de especies introducidas (exóticas y trasplantadas) que en algunos casos se han convertido en invasoras. En Colombia se han reportado tres especies introducidas: *Tarebia granifera*, *Melanoides tuberculata* y *Corbicula fluminea* (Gutiérrez *et al*. 2012). En Ecuador se han reportado *Melanoides tuberculata, Corbicula fluminea* y *Pomacea canaliculata* (Correoso 2008). En el Perú *Melanoides tuberculata* ha invadido los ríos de la costa y al presente se encuentra también en algunas partes de la Amazonia (Ramírez *et al*. 2003, Pino *et al*. 2010).

4.5 Conclusiones y recomendaciones para la conservación

4.5.1 Exploración y estudios taxonómicos

Teniendo en cuenta que más de la mitad de las especies evaluadas en este estudio fueron categorizadas como Datos Insuficientes (DD), la primera conclusión que emerge de este análisis es la necesidad de contar con más información sobre la distribución y ecología de los moluscos en los Andes Tropicales. También las estrategias de historias de vida y la fisiología básica de las especies, incluyendo ciclos reproductivos, crecimiento y madurez sexual, deben ser investigadas para un manejo y conservación más efectiva. Por ejemplo, conocer sobre los peces hospedadores claves para la reproducción de especies de las familias Hyriidae y Mulleriidae, así como otros aspectos como la capacidad de dispersión y resistencia a la desecación de los gasterópodos.

Muchos de los registros corresponden únicamente a referencias bibliográficas muy antiguas y no hay recolecciones recientes, por lo que se recomienda realizar inventarios exhaustivos (trabajo de campo) en la región, a fin de actualizar la información. De la misma forma, es necesario adelantar trabajos de índole taxonómico dado el desconocimiento o la complejidad de

Plantaciones de arroz y ganadería en la cuenca del río Sinú, Colombia. Foto: © Carlos A. Lasso.

algunos grupos (ej. caracoles del género *Pomacea*, varios bivalvos y micromoluscos en general).

4.5.2 Monitoreo

En la actualidad, solamente una de las especies de moluscos evaluados, el bivalvo *Acostaea rivolii* (CR), tiene una propuesta de monitoreo de sus poblaciones (López-Delgado *et al*. 2009). Por lo tanto, es de suma importancia que este tipo de trabajos se realicen para las otras especies que se han identificado como amenazadas o Casi Amenazadas en este reporte.

Sería importante también monitorear las poblaciones y ampliación de las distribuciones de las especies de moluscos introducidas, así como también el impacto sobre las especies nativas (ver Gutiérrez *et al*. 2012 para mayor detalle).

4.5.3 Áreas Protegidas

La mayoría de las áreas protegidas han sido establecidas en áreas privadas, en paisajes con valor escénico o han sido definidas con base a especies carismáticas de aves o mamíferos, y han dejado de lado las especies de agua dulce (Darwall *et al*. 2011). Por ello, no es una sorpresa que de las 34 especies evaluadas, tan solo una (*Pisidium iquito*) se encontraría en un área protegida en Perú. Ninguna de las especies identificadas como amenazadas o Casi Amenazadas estaría presente en áreas protegidas. Estos vacíos de conservación podrían deberse a la falta de información sobre la distribución de las especies, o bien a que efectivamente el grado de protección de los moluscos de agua dulce es actualmente muy bajo. Por lo tanto, es de vital importancia que se generen planes para la conservación de las especies amenazadas, ya sea a través de la creación de nuevas áreas protegidas o de convenios con propietarios privados. En la actualidad solo la ostra del río Magdalena (*A. rivolii*) cuenta con un plan de acción en Colombia (López-Delgado *et al*. 2009), el cual a pesar de su formulación parece no haber sido tan efectivo para la conservación de la especie (Villa-Navarro com. pers.).

La conservación de este grupo de organismos debe verse de manera integral con otros grupos biológicos como por ejemplo los peces, ya que muchas de las amenazas son prácticamente las mismas. Más aún, en el caso de los bivalvos su dispersión depende en gran medida de los peces como agentes de dispersión o vectores.

4.6 Referencias

Castro, N., Revilla, J. y Neville, M. 1976. Carne de monte como una fuente de proteínas en Iquitos, con referencia especial en monos. *Revista Forestal del Perú,* 6: 19-23.

Correoso R., M. 2002. Caracterización y distribución preliminar de los moluscos terrestres y fluviales del Ecuador Continental. *Ciencia,* 5(2): 147-154.

Correoso R., M. 2008. *Los moluscos terrestres y fluviales del Ecuador continental*. Editorial SIMBIOE. Quito Ecuador.

Correoso R., M. 2011. Moluscos plagas en Ecuador, un breve balance. http://www.landsnails.info/. http://landsnailEcuador.blogspot.com/

Correoso R., M., Coello Rodríguez, G.M., Arrébola Burgos, J. y Martini Robles, L. 2015. *Pomacea canaliculata* plaga del arroz en Ecuador. Primera edición electrónica. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Quito. Ecuador.

Cummings, K., Jones, H. y Lopes-Lima, M. 2016. Rapid Bioassessment Methods for Freshwater Molluscs. En: T. H. Larsen (ed.) *Core Standardized Methods for Rapid Biological Field Assessment*, pp. 185-207. Conservation International. Arlington, VA.

Darwall, W.R.T., Holland, R.A., Smith, K.G., Allen, D., Brooks, E.G.E., Katarya, V., Pollock,C.M., Shi, Y.C., Clausnitzer, V., Cumberlidge, N., Cuttelod, A., Dijkstra, K.D.B., Diop,M.D., Garcia, N., Seddon, M.B., Skelton, P.H., Snoeks, J., Tweddle, D. y Vie, J.C. 2011. Implications of bias in conservation research and investment for freshwater species. *Conservation Letters*, 4: 474-482.

Geist, J. 2010. Strategies for the conservation of endangered freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera* L.): a synthesis of conservation genetics and ecology. *Hydrobiologia,* 644: 69-88.

Germain, L. 1910. *Mission du service géographique de l´armee. Pour la mesure d´un Arc de Méridien équatorial en Amérique du sud*. Zoologie: Tome 9. Fascicule 3. Ministère de L´instruction Publique. Paris, Gauthier.

Gutiérrez, J.L., Jones, C.G., Strayer, D.L. y Iribarne, O.O. 2003. Mollusks as ecosystem engineers: the role of shell production in aquatic habitats. *Oikos*, 101: 79-90.

Gutiérrez, F. de P., Lasso, C.A., Baptiste, M.P., Sánchez-Duarte, P. y Díaz, A.M. (Eds.). 2012. *VI. Catálogo de la biodiversidad acuática exótica y trasplantada en Colombia: moluscos, crustáceos, peces, anfibios, reptiles y aves*. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.

Haag, W. R. 2012. *North American freshwater mussels: natural history, ecology, and conservation*. Cambridge University Press, UK.

Ituarte, C. 2007. Las especies de *Pisidium* Pfeiffer de Argentina, Bolivia, Chile, Perú y Uruguay (Bivalvia-Sphaeriidae). *Revista Museo Argentino Ciencias Naturales n. s.,* 9(2): 169-207.

Johnson, P.D., Bogan, A.E., Brown, K.M., Burkhead, N.M., Cordeiro, J.R., Garner, J.T., Hartfield, P.D., Lepitzki, D.A., Mackie, G.L., Pip, E. y Tarpley, T.A. 2013. Conservation status of freshwater gastropods of Canada and the United States. *Fisheries*, 38(6): 247-282.

Jousseaume, F. 1887. Mollusques nouveaux de la République de L'Equateur. *Bull. Soc. Zool. de France*. Douzieme volume: 165-186.

Lasso, C.A. y Morales-Betancourt, M.A. 2014. Distribución de moluscos por cuencas. Anexo 2. En: C.A. Lasso, F. de Paula Gutiérrez y D. Morales-B. (eds.) *X. Humedales interiores de Colombia: identificación, caracterización y establecimiento de límites según criterios biológicos y ecológicos*, pp. 238-240. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.

Linares, E.L. y Vera, M.L. 2012. *Catálogo de los moluscos continentales de Colombia*. Biblioteca José Jerónimo Triana Numero 23. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales, Bogotá D. C.

Longo, M. y Lasso, C.A. 2014. Macroinvertebrados acuáticos (insectos acuáticos, crustáceos, moluscos) y esponjas. En: C.A. Lasso, F. de P. Gutierrez y D. Morales-B. (eds.) X. Humedales interiores de Colombia: identiicación, caracterización y establecimiento de límites según criterios biológicos y ecológicos pp. 120-129. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.

López-Delgado, E.O., Vásquez-Ramos, J.M., Reinoso-Flórez, G., Vejarano-Delgado, M.A. y Melo, J.E. 2009. Plan de manejo de la ostra de agua dulce *Acostea rivoli* (Deshayes, 1827) del río Opia, departamento del Tolima. CORTOLIMA-Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.

MAE. 2011. *Lista preliminar de especies exóticas introducidas e invasoras en el Ecuador Continental*. Quito. Levantamiento de la Información: Ministerio del Medio Ambiente.

Maldonado, M. y Goitia, E. 1996. Densidad y distribución de 5 especies de bivalvos en el arroyo Aguas Negras (Estación Biológica Beni). *Revista Ecología en Bolivia,* 27: 21-28.

Martíni, L., Gomez, E., Muzzio, J. y Solórzano, L. 2008. Primer registro de ratas infectadas con *Angiostrongylus cantonensis*, descripción del primer foco endémico de transmisión natural en Ecuador. Guayaquil, Ecuador. Congreso Latinoamericano de Parasitología, octubre 2013.

Medina, M. y Mendieta, O. 1994. Relaciones biométricas y composición química de almejas de agua dulce (*Anodontites trapesialis*). *Folia Amazonica,* 6 (1-2): 211-220.

Muzzio, J. K. 2011. Moluscos hospederos intermediarios de *Angiostrongylus cantonensis* en dos provincias de Ecuador. Entomología Médica. Instituto de Investigación Pedro Kouri. Cuba. http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/777/1/T-SENESCYT-0362.pdf

Padilla, P., Alcántara, F., Tello, S. Ismiño, R. y Schulze, J.C. 2004. Cultivo y aprovechamiento de moluscos acuáticos en la comunidad indígena Cocama-Cocamilla - Lecciones aprendidas. Memorias VI Congreso Internacional sobre Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonia y Latinoamérica 5-10 Septiembre 2004, Iquitos, Perú.

Pereira, D., Mansur, M.C.D., Duarte, L.D., de Oliveira, A.S., Pimpao, D.M., Callil, C.T., Ituarte, C., Parada, E., Peredo, S., Darrigran, G., Scarabino, F., Clavijo, C., Lara, G., Miyahira, I.C, Rodriguez, M.T.R. y Lasso, C. 2014. Bivalve distribution in hydrographic regions in South America: historical overview and conservation. *Hydrobiologia*, 735(1): 15-44.

Pino, J., López, F. y Lannacone, J. 2010. Impacto ambiental en la proporción de especímenes machos en poblaciones partenogenéticas de *Melanoides tuberculata* (Müller 1774) (Prosobranchia: Thiaridae) en el Perú. *The Biologist* 8 (2): 139-149.

Ramírez, R., Paredes, C. y Arenas, J. 2003. Moluscos del Perú. *Revista de Biología Tropical,* 51 (Suplemento 3): 225-284.

Simone, L.R.L. 2006. *Land and freshwater mollusks of Brazil*. EGB, FAPESP, Sao Paulo, Brasil.

Solórzano, L.F. 2014. *Angiostrongylus cantonensis*: un parásito emergente en Ecuador. *Revista Cubana Medicina Tropical*, 66(1): 20-33.

Spooner, D.E., Frost, P.C., Hillebrand, H., Arts, M.T., Puckrin, O. y Xenopoulos, M.A. 2013. Nutrient loading associated with agriculture land use dampens the importance of consumer-mediated niche construction. *Ecology Letters*, 16(9): 1115-1125.

Strayer, D.L., Caraco, N.F., Cole, J.J., Findlay, S. y Pace, M.L. 1999. Transformation of freshwater ecosystems by bivalves. *BioScience*, 49(1): 19-27.

Vaughn, C.C. y Hakenkamp, C.C. 2001. The functional role of burrowing bivalves in freshwater ecosystems. *Freshwater Biology*, 46(11): 1431-1446.

Capítulo 5. Estado de conservación de las libélulas de los Andes Tropicales

Cornelio Andrés Bota-Sierra[1], Bill Mauffray[2], Fredy Palacino-Rodríguez[3, 4], Joachim Hoffmann[5], Kenneth Tennessen[6], Leonardo Rache[7] y Marcelo F. Tognelli[8]

5.1 Revisión de las libélulas en la región 68
5.1.1 Breve historia del estudio de las libélulas en la región 68
5.1.2 Diversidad de las libélulas en el área de estudio 70
5.1.3 Libélulas endémicas 70
5.1.4 Limitaciones en la disponibilidad y confiabilidad de la información 72
5.2 Estado de conservación de las libélulas endémicas 72
5.2.1 Especies En Peligro Crítico 74
5.2.2 Especies En Peligro 74
5.2.3 Especies Vulnerables 75
5.2.4 Especies Casi Amenazadas 76
5.2.5 Especies con Datos Insuficientes 76
5.3 Patrones geográficos de riqueza de especies 77
5.3.1 Especies endémicas 77
5.3.2 Especies de distribución restringida 78
5.3.3 Especies amenazadas 78
5.3.4 Especies con Datos Insuficientes 78
5.4 Principales amenazas para las libélulas 78
5.4.1 Uso de recursos biológicos 79
5.4.2 Minería y producción de energía 80
5.4.3 Modificaciones de sistemas naturales 82
5.4.4 Especies invasoras y problemáticas 82
5.4.5 Desarrollo residencial y comercial 82
5.4.6 Contaminación 83
5.4.7 Cambio climático y clima severo 83
5.4.8 Agricultura y acuicultura 84
5.5 Conclusiones y recomendaciones para la conservación 84
5.5.1 Exploración y estudios taxonómicos 84
5.5.2 Monitoreo 84
5.5.3 Áreas protegidas 84
5.6 Referencias 85

1 Grupo de Entomología, Universidad de Antioquia (GEUA), Medellín, Colombia. Email: corneliobota@gmail.com.
2 International Odonata Research Institute, Gainesville, Estados Unidos de América.
3 Grupo de Investigación en Biología (GRIB), Universidad El Bosque, Bogotá, Colombia.
4 Laboratorio de Artrópodos del Centro Internacional de Física, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
5 Instituto para el Estudio de Ecología del Paisaje y Análisis de Datos (alauda), Hamburgo, Alemania.
6 Florida State Collection of Arthropods, Gainesville, Estados Unidos de América.
7 Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
8 IUCN-CI Biodiversity Assessment Unit. Global Species Programme. The Betty and Gordon Moore Center for Science. Conservation International. 2011 Crystal Dr., Suite 500. Arlington, VA 22202, USA.

5.1 Revisión de las libélulas en la región

La región evaluada en este trabajo bajo el nombre Andes Tropicales responde a la delimitación creada por la fundación financiadora MacArthur. Esta área no incluye a Venezuela, pero incorpora toda la región andina, amazónica y el Chocó biogeográfico en Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia.

Macho de *Teinopodagrion croizati* (Megapodagrionidae), especie endémica de la vertiente Pacífico de los Andes en Colombia y Ecuador. Foto: © Cornelio Bota-Sierra.

5.1.1. Breve historia del estudio de las libélulas en la región

En esta región las primeras especies de libélulas fueron descritas por Linnaeus (sueco) y Fabricius (danés) en el siglo XVIII, sin embargo, la verdadera exploración solo empezó hasta la segunda mitad del siglo XIX, cuando diferentes casas comerciales en Europa y Estados Unidos como Staudinger & Bang-Haas, Cosmos & Co. y Rolle enviaban recolectores a América del Sur en busca de insectos (Ris 1918, Hoffmann 2009), principalmente mariposas y escarabajos. Aparte de estas empresas también hubo varios recolectores comerciales como John Hauxwell, Antone Fassl, Feliks Woytkowski y otros más. El Barón Edmond Selys de Longchamps (belga) compró varias de estas colecciones y empezó su descripción sistemática, sentando las bases para la odonatología moderna con la ayuda de varios colegas. Entre ellos, se destacó Hermann A. Hagen (alemán), quien a finales del siglo XIX se estableció en Cambridge (Massachusetts) y fundó la escuela odonatológica norteamericana (Donnelly 1997) que trajo consigo una enriquecedora serie de intercambios, viajes e investigaciones a la región. Durante la primera mitad del siglo XX algunos de los investigadores que más aportaron al conocimiento de las libélulas en esta región fueron el suizo Friedrich Ris, el británico John Cowley, el alemán Erich Schmidt y los norteamericanos Philip Calvert, los primos Edward Bruce y Jesse H. Williamson y Clarence Kennedy, quienes continuaron la tarea taxonómica basándose principalmente en colecciones de museo (Donnelly 1998). Sin embargo, las exploraciones realizadas directamente por odonatólogos aumentaron, destacándose los viajes de los naturalistas Philip Calvert y los primos Williamson (Calvert y Calvert 1917, Williamson 1918). Después de la segunda mitad del siglo XX, odonatólogos como Sidney Dunkle, Oliver Flint, Jerry Louton, Dennis Paulson, Rosser Garrison, Ken Tennessen, Bill Mauffray, Jerrell Daigle, Natalia von Ellenrieder, Joachim Hoffmann y otros más, viajaron a la región. Empezaron a aparecer más publicaciones sobre ecología e historia natural aunque aún el tema principal en la mayoría de publicaciones sobre la región era la descripción de especies.

Macho maduro de *Erythrodiplax umbrata* (Libellulidae), una de las primeras especies descritas en la región por Linnaeus en 1758. Foto: © Cornelio Bota-Sierra.

En Bolivia hubo dos recolectores durante el siglo XX, el naturalista alemán Jose Steinbach, quien recolectó principalmente en las provincias de Santa Cruz y Cochabamba desde su arribo al país en 1904 hasta su muerte en 1930 (Vegter 1986). Luego, el norteamericano Robert Cummings recolectó en el área de Buena Vista en 1959 y 1960; la mayoría de sus colecciones se encuentran depositadas en la Colección de Artrópodos de la Universidad de Florida (FSCA en Gainesville), donde han sido debidamente curadas, pero es poco lo que se ha publicado. Entre 1998 y 2003, un grupo de odonatólogos norteamericanos encabezados por Ken Tennessen hicieron cinco expediciones para explorar la fauna de ese país. Entre los integrantes estuvieron Bill Mauffray, Steve Valley, Jim Johnson y Jerrell Daigle. En 2010 la colombiana Vanessa Amaya junto con la boliviana Julieta Ledezma publicaron el listado de Anisoptera del Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado (Santa Cruz De La Sierra), registrando 149 especies para el país (Amaya y Ledezma 2010). No se conoce ningún boliviano dedicado al estudio de las libélulas.

En Colombia se destacan la expedición hecha por los primos Edward y Jesse Williamson entre diciembre de 1916 y febrero de 1917, quienes se internaron desde el Caribe hacia el centro del país a través el río Magdalena y recolectaron 8553 especímenes

que llevaron al Museo de Historia Natural de la Universidad de Michigan (Williamson 1918). Además, las colecciones realizadas por Antone Fassl (lepidopterólogo) quien entre 1908 y 1911 atravesó el país realizando colectas desde el puerto de Buenaventura en el Pacífico, pasando por las tres ramas de los Andes y sus valles interandinos hasta llegar a la Orinoquia (Ris 1918). Estas colecciones llegaron a manos de Friedrich Ris y en su mayoría se encuentran en el Museo de Historia Natural de Frankfurt. Estas dos expediciones fueron la base para la descripción de la odonatofauna colombiana. El primer estudio de libélulas realizado por un residente fue el del Hermano Lasallista Apolinar María (francés), quien en 1938 gracias a la ayuda del español Longinos Navás publicó el primer catálogo de Odonata para Colombia (María 1938). Desafortunadamente la colección base para este trabajo fue incinerada durante los violentos sucesos políticos en 1948, retrasando el estudio del orden en el país casi 40 años. En la década de 1980 se retomó el estudio de las libélulas en el país a través de sus larvas (Arango y Roldán 1983) y la descripción de nuevas especies (Cruz 1986). En el siglo XXI se crea el Grupo Colombiano de Odonatología (GCO), compuesto por un grupo de diez estudiantes, asesorados principalmente por investigadores en el exterior como Natalia von Ellenrieder (argentina), Jurg De Marmels (suizo), Rodolfo Novelo (mexicano), Rosser Garrison (norteamericano), entre otros. Diversos estudios han surgido desde la creación del grupo, principalmente enfocados en conocer la biodiversidad del país, aunque también empiezan a hacerse estudios en conservación, ecología y evolución.

Macho de *Euthore fassli* (Polythoridae), especie endémica de la Cordillera Occidental en Colombia, descrita en reconocimiento al explorador alemán Antone Fassl por Ris en 1918. Foto: © Cornelio Bota-Sierra.

En Ecuador los primeros registros fueron provistos por McLachlan entre 1869 y 1888. Al empezar el siglo XX, Currie publicó los resultados de su expedición a Galápagos, seguidos rápidamente por las publicaciones de Philip Calvert sobre la fauna Neotropical entre 1906 y 1909. El naturalista ecuatoriano Francisco Campos es considerado el padre de la odonatología ecuatoriana y publicó la primera lista de especies para el país en 1922 y continúo trabajando sobre ésta en 1925 y 1927, incluyendo los reportes de la literatura de la época y sus propios hallazgos de más de 20 años de trabajo de campo. Durante las décadas de 1930 y 1940 (siglo XX), las expediciones de Clarke-McIntyre proveniente de la Universidad de Michigan produjeron la mayoría del conocimiento sobre la región del alto río Napo y a partir de este material se describieron un sinnúmero de nuevas especies en los siguientes 50 años. En las décadas de 1970 y 1980, hay una ola de expediciones de investigadores norteamericanos entre los que se destacaron Minter Westfall Jr., Sidney Dunkle, Ken Tennessen, Ken Knopf, Dennis Paulson y Peter Drummond III, principalmente en el área de Limoncocha. Una segunda ola empezó en la década de los 1990, en ella se destacaron Bill Mauffray, Ken Tennessen, Rosser Garrison, Jim Johnson, Jerrel Daigle, Bill Haber y David Wagner. El material recolectado por estos investigadores se encuentra depositado en colecciones norteamericanas, y a partir de éste se han descrito una gran cantidad de nuevas especies y se han compilado los registros que hacen posible esta evaluación.

Pareja en cópula de *Lestes jerrelli* (Lestidae), una especie presente en Colombia, Ecuador y Perú, cuya descripción ejemplifica los resultados de las exploraciones en Ecuador. La etimología escrita por Tennessen en su descripción indica que la especie fue nombrada en honor a Jerrell J. Daigle en reconocimiento a sus aportes a la odonatología en el Nuevo Mundo y por su entusiasmo para estudiar las libélulas. Foto: © Cintia Moreno-Arias.

En Perú se recolectaron insectos entrando por la zona oeste del país, abarcando hasta el Amazonas y sus afluentes. Las primeras muestras odonatológicas de tales viajes fueron las que reporta Henry Walter Bates, quien recolectó desde 1848 hasta 1859. Debido al aumento del interés en estudiar la flora y fauna en el propio país y la instalación de instituciones de historia

natural, se organizaron a comienzos del siglo XX desde Lima un número creciente de expediciones. Hasta mediados del siglo XX, seguían siendo europeos la mayoría de los coleccionistas y de los investigadores de la naturaleza en Perú. En 1933 el inglés John Cowley, recopiló el primer listado de libélulas del Perú pero no fue publicado. En 1942 El alemán Erich Schmidt publicó el primer catálogo de especies para el país, que fue completado por el letón Janis Rácenis en 1959. Numerosos investigadores norteamericanos y europeos han participado activamente durante el último siglo en la exploración de la odonatofauna peruana; en la actualidad se destacan los estudios del alemán Joachim Hoffmann, el holandés Tim Faasen y los norteamericanos Dennis Paulson y Rosser Garrison, entre otros. En los últimos 15 años la mayoría de estudios en el norte de los Andes son taxonómicos (p. ej. Paulson 2003, De Marmels 2006, Garrison 2007, Hoffmann 2009, Palacino-Rodríguez 2009, Amaya-Vallejo y Novelo Gutiérrez 2012, Daigle 2014), en algunos casos se incluyen aspectos de historia natural (p. ej. De Marmels 2007, Pérez-Gutiérrez 2007, von Ellenrieder y Garrison 2008, Tennessen y Johnson 2010, Pérez-Gutierréz 2012, Bota-Sierra y Wolf 2013, Rache *et al*. 2013, Bota-Sierra 2014a, Kondo *et al*. 2015) y en algunos se incluyen análisis filogenéticos y/o biogeográficos (p. ej. De Marmels 2001, von Ellenrieder 2003, Palacino-Rodríguez *et al*. 2014). También hay algunos estudios comparativos en morfología y ecología, principalmente de tipos de hábitat (p. ej. Altamiranda *et al.* 2012, Palacino-Rodríguez *et al.* 2015), ciclos de vida (p. ej. Velásquez *et al.* 2009, Casallas *et al*. 2012), y un par de estudios de dinámica de poblaciones (Sánchez y Realpe 2010, Altamiranda-S. y Ortega-M. 2012, Palacino-Rodríguez *et al.* 2012). En conservación se ha trabajado en construcción de listas rojas (Paulson 2004, Paulson y von Ellenrieder 2009). Además, se han empezado a hacer estudios usando técnicas moleculares o morfométricas para responder preguntas evolutivas (p. ej. Sánchez *et al.* 2010, Sánchez *et al.* 2015, Suárez-Tovar y Sarmiento 2016).

Hembra juvenil de *Mesamphiagrion gaudiimontanum* (Coenagrionidae), especie endémica del norte de la Cordillera Central en Colombia, una de las especies descrita en los últimos años. Foto: © Cornelio Bota-Sierra.

5.1.2 Diversidad de las libélulas en el área de estudio

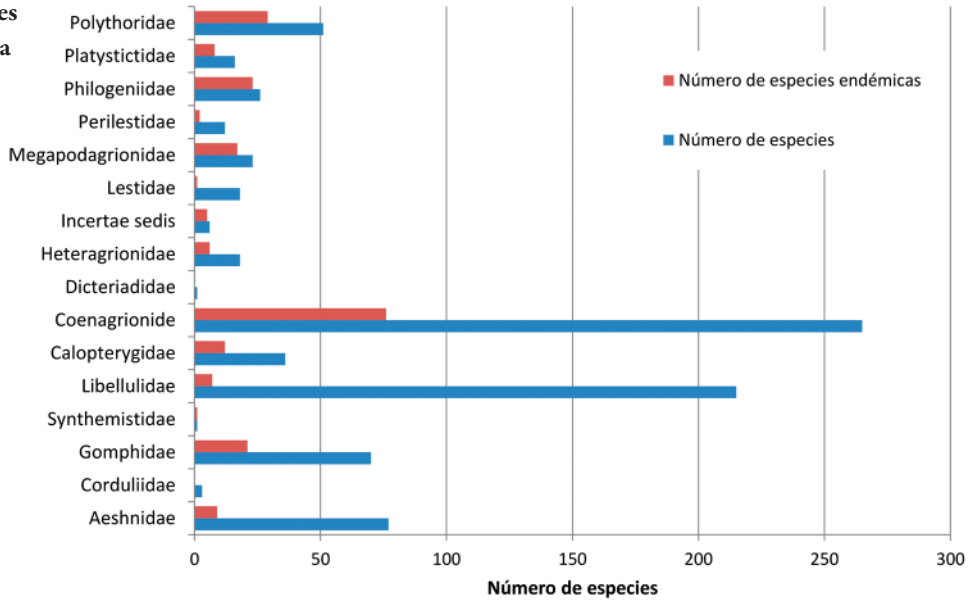
En esta región se han reportado 838 especies, agrupadas en 16 familias (Figura 5.1), de acuerdo con las clasificaciones propuestas por Ware *et al.* (2007) y Dijkstra *et al.* (2013). Esta cifra constituye aproximadamente el 15% de la fauna global, lo cual probablemente aumentará en los próximos años debido al incremento en la investigación en esta área.

El país con mayor cantidad de especies registradas es Perú con 553, seguido de Ecuador 408, Colombia 389 y Bolivia 346 (Tabla 5.1). Al relacionar estos datos con el área de cada país, Ecuador tiene aproximadamente un cuarto del área de los otros y sin embargo es el segundo con mayor cantidad de registros, lo que en gran medida se puede deber al mayor esfuerzo de muestreo realizado allí (Tabla 5.1). Así mismo se puede explicar la gran diferencia de Perú con Colombia y Bolivia, países que tienen áreas similares.

5.1.3 Libélulas endémicas

En la región se registran 216 especies endémicas (25.8% de las especies de la región). Por países, Perú con 57 especies es el que

Figura 5.1 Número total de especies y de especies endémicas por familia en los Andes Tropicales.



tiene mayor número de especies endémicas y Bolivia con 13 el menor, lo que coincide con las riquezas reportadas (Tabla 5.1). Sin embargo, resalta que Colombia es el país con mayor porcentaje de especies endémicas (12.1%) lo cual muestra la riqueza potencial de este país que hasta hace algunos años era considerado *terra incognita* (Paulson 2004). La cantidad de endemismos por unidad de área muestra a Ecuador como el país con mayor densidad de especies endémicas en la región, casi cuatro veces más que los otros países. La cantidad de especies endémicas registradas para Bolivia es comparativamente baja, lo cual se debe en parte a la gran cantidad de especies compartidas con Perú (15 especies) y al escaso muestreo realizado en este país (Tabla 5.1).

Macho de *Gomphomacromia fallax* (Synthemistidae), especie con distribución en los Andes desde Bolivia hasta Colombia. Foto: © Cornelio Bota-Sierra.

En cuanto a la distribución por taxa, el suborden Epiprocta, cuyos integrantes son comúnmente llamados libélulas, aporta el 43.6% del total de las especies presentes en la región. Sin embargo, solo el 17.5% de las especies endémicas pertenecen a este linaje. Las familias con mayor número y/o proporción de endemismos son las del suborden Zygoptera cuyos integrantes son comúnmente llamados caballitos del diablo, con el 56.4% de especies registradas en el área y el 82.5% de especies endémicas.

Macho de *Progomphus pygmaeus,* especie perteneciente a la familia Gomphidae, la representante del suborden Epiprocta con mayor aporte de especies endémicas. Foto: © Cornelio Bota-Sierra.

Macho de *Mesagrion leucorrhinum* (*incerta sedis*). Esta especie endémica de Colombia, es uno de los seis representantes del grupo monofilético *Heteropodagrion*, distribuido desde Ecuador hasta Panamá y cuya taxonomía aún no es clara. Foto: © Cornelio Bota-Sierra.

La familia Coenagrionidae se destaca por ser la que presenta el mayor número de especies endémicas, con 76 representantes aporta el 35.2% de especies endémicas en el área de estudio. Las familias Philogeniidae y el grupo monofilético *Heteropodagrion,* cuyo estatus taxonómico aún no es claro por lo que aparece como *Incerta sedis* (Dijkstra *et al.* 2013), son grupos cuyas especies cuentan con distribuciones restringidas y están fuertemente ligadas al área de estudio por lo que la proporción de especies endémicas sobre el número de registros de especies en el área es muy alto, 88.4% (23 endémicas / 26 totales) y 83.3% (5 endémicas /6 totales) respectivamente (Figura 5.1).

Tabla 5.1 Especies endémicas por país en los Andes Tropicales.

País	Endémicas	Total	% especies endémicas	Área (millones de km²)	Endémicas/área (km²) x 100 000
Bolivia	13	349	3.72	1.099	1.18
Colombia	46	389	12.08	1.142	4.02
Ecuador	46	409	11.24	0.283	15.51
Perú	52	553	9.40	1.285	4.04

5.1.4 Limitaciones en la disponibilidad y confiabilidad de la información

Colombia y Perú cuentan con listas de especies nacionales publicadas en revistas científicas (Hoffmann 2009, Pérez-Gutíerrez y Palacino-Rodríguez 2011). En Ecuador se conocen múltiples trabajos que están siendo compilados y actualizados con los datos adquiridos durante las expediciones de los últimos años por Bill Mauffray y Ken Tennessen. En Bolivia hay menos información disponible pero Ken Tennessen se encuentra compilándola (Tabla 5.2).

Durante la elaboración de este trabajo se revisaron y añadieron a la lista del 2011 para Colombia, datos provenientes de las siguientes publicaciones: Machado (2009), Bota-Sierra *et al.* (2010), Rojas-Riaño (2011), Pérez-Gutiérrez y Montes-Fontalvo (2011), Bota-Sierra (2012), Pérez-Gutiérrez (2012), Bota-Sierra y Wolf (2013), Rache *et al.* (2013), Bota-Sierra (2014a, b), Bota-Sierra *et al.* (2015). La lista de Perú se enriqueció al combinar las bases de datos del Instituto Internacional para la Investigación en Odonata (IORI) con las de los investigadores Dennis Paulson, Joachim Hoffmann, Rosser Garrison y Natalia von Ellenrieder. Esto ha permitido la actualización del listado de especies para la región (Tabla 5.2). Estos números cambiarán en un futuro cercano debido al interés creciente en este grupo de insectos y al reconocimiento de nuevas especies por parte de los especialistas.

Tabla 5.2 Disponibilidad de los datos por país.

País	Especies conocidas sin describir	Total (endémicas y amplia distribución)*	Última lista
Bolivia	6*	349*	146[a]
Colombia	15*	389*	335[b]
Ecuador	30*	409*	133[c]
Perú	40-60*	553*	481[d]

*Datos de: Bolivia,Tennessen (sin publicar); Colombia, Bota-Sierra (sin publicar); Ecuador, Mauffray y Tennessen (sin publicar); Perú, Hoffmann y Paulson (sin publicar). [a]Amaya y Ledezma (2010). [b]Pérez-Gutiérrez y Palacino-Rodríguez (2011). [c]Campos (1922, 1925). [d]Hoffmann (2009).

5.2 Estado de conservación de las libélulas endémicas

De los endemismos reportados, siete son especies compartidas por los cuatro países, diez son compartidas por tres de ellos, 42 por dos y el resto, 157 especies solo se encuentran en alguno de los países (Tabla 5.1).

De las 216 especies evaluadas, 78 entraron en la categoría de Datos Insuficientes (DD); un porcentaje relativamente alto del total de especies evaluadas (36%), lo que refleja el escaso conocimiento de una gran parte de las libélulas de la región.

Hetaerina aurora, especie endémica de la región, reportada desde Perú hasta Colombia. Foto: © Cornelio Bota-Sierra.

Entre las 138 restantes, 21 especies (15.2%) se encuentran dentro de alguna de las categorías de amenaza: En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN) o Vulnerable (VU), además de otras cinco especies (3.6%) consideradas Casi Amenazadas (NT) (Figura

Figura 5.2 Número de especies de Odonata endémicas de los Andes Tropicales en cada una de las categorías de la Lista Roja de la UICN. CR: En Peligro Crítico; EN: En Peligro; VU: Vulnerable; NT: Casi Amenazada; LC: Preocupación Menor; DD: Datos Insuficientes.

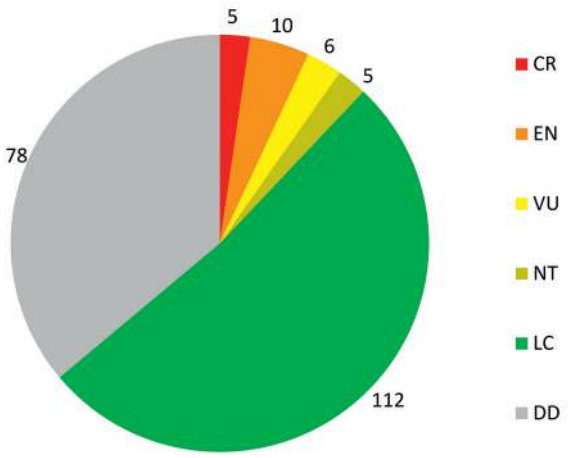


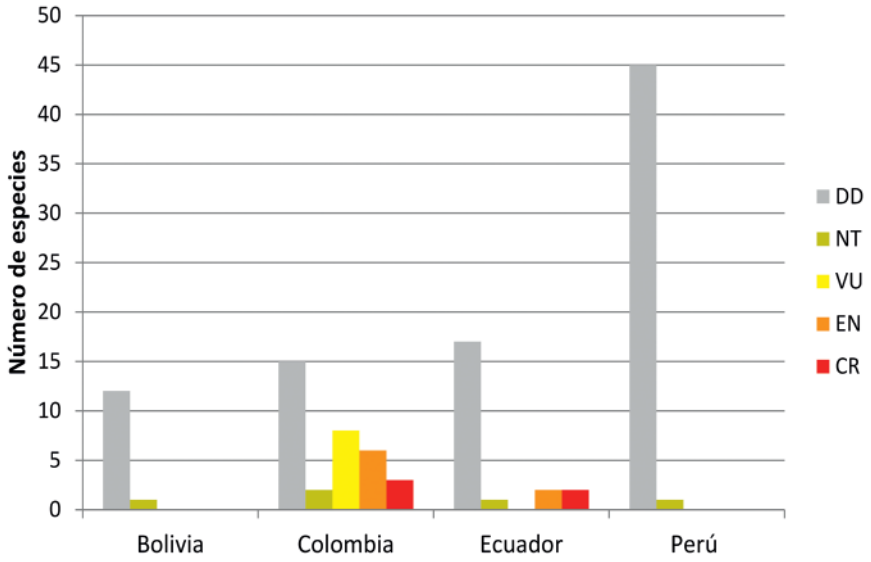
Tabla 5.3 Especies de Odonata endémicas de los Andes Tropicales en las siguientes categorías: CR: En Peligro Crítico; EN: En Peligro; VU: Vulnerable; NT: Casi Amenazada.

Familia	Nombre científico	Categoría UICN de la Lista Roja
Coenagrionidae	*Metaleptobasis gibbosa*	CR
Megapodagrionidae	*Heteragrion peregrinum*	CR
Perilestidae	*Perissolestes remus*	CR
Platystictidae	*Palaemnema croceicauda*	CR
Platystictidae	*Palaemnema edmondi*	CR
Aeshnidae	*Rhionaeschna caligo*	EN
Coenagrionidae	*Acanthagrion williamsoni*	EN
Coenagrionidae	*Drepanoneura donnellyi*	EN
Coenagrionidae	*Mesamphiagrion demarmelsi*	EN
Coenagrionidae	*Mesamphiagrion gaudiimontanum*	EN
Coenagrionidae	*Mesamphiagrion nataliae*	EN
Coenagrionidae	*Mesamphiagrion santainense*	EN
Coenagrionidae	*Telebasis flammeola*	EN
Megapodagrionidae	*Heteragrion calendulum*	EN
Megapodagrionidae	*Philogenia monotis*	EN
Coenagrionidae	*Mesamphiagrion ovigerum*	VU
Coenagrionidae	*Mesamphiagrion rosseri*	VU
Coenagrionidae	*Telebasis farcimentum*	VU
Megapodagrionidae	*Philogenia cristalina*	VU
Megapodagrionidae	*Teinopodagrion temporale*	VU
Polythoridae	*Cora lugubris*	VU
Coenagrionidae	*Argia rosseri*	NT
Coenagrionidae	*Protallagma hoffmanni*	NT
Coenagrionidae	*Protoneura macintyrei*	NT
Megapodagrionidae	*Philogenia helena*	NT
Megapodagrionidae	*Teinopodagrion vallenatum*	NT

5.2, Tabla 5.3). La mayoría de las especies evaluadas se encuentran en la categoría de Menor Preocupación (81.2%) (Figura 5.2). Generalmente, estas son especies que tienen distribuciones amplias, son relativamente frecuentes y presentan pocas o ninguna amenaza importante que estén causando reducciones significativas en sus poblaciones. Una lista de todas las especies por orden y familia, incluyendo la categoría asignada, se presenta en el Apéndice 2.

De las 21 especies amenazadas, cinco fueron categorizadas como En Peligro Crítico, diez En Peligro y seis como Vulnerable (Figura 5.2, Tabla 5.3). Colombia aparece como el país con mayor número de especies amenazadas (16), tres de ellas En Peligro Crítico. Le sigue Ecuador con cinco especies amenazadas, de ellas dos En Peligro Crítico. En Perú y Bolivia no se identificaron especies amenazadas (Figura 5.3). Es posible que la situación en estos dos países sea consecuencia del número de especies con Datos Insuficientes (Figura 5.3),

Figura 5.3 Número de especies amenazadas, Casi Amenazadas y con Datos Insuficientes por país. La distribución de diez especies con Datos Insuficientes es compartida por Perú con Bolivia (5 especies), con Ecuador (2 especies), con Colombia (2 especies) y con Bolivia y Ecuador (1). CR: En Peligro Crítico; EN: En Peligro; VU: Vulnerable; NT: Casi Amenazada; DD: Datos Insuficientes.



lo que se configura en un llamado urgente a la investigación en Odonata y sus amenazas en estos países.

5.2.1. Especies En Peligro Crítico

Heteragrion peregrinum es una especie endémica de la Cordillera Central colombiana en la cuenca media del río Magdalena. En 1917 fue recolectada por los primos Williamson, quienes en una semana recolectaron 50 individuos (Williamson 1919), lo que muestra que la especie era abundante. Durante los últimos 15 años, se han realizado diversas expediciones en el Magdalena medio incluyendo la localidad tipo y la especie no ha sido reportada. De acuerdo con esto, la especie es considerada En Peligro Crítico Posiblemente Extinta.

Metaleptobasis gibbosa es una especie solo conocida de los humedales boscosos en Los Copales, entre Mera y Shell (Pastaza, Ecuador). La única localidad donde se ha reportado la especie fue convertida en una zona urbana y varias expediciones en localidades cercanas no han re descubierto la especie.

Palaemnema croceicauda es endémica de la Cordillera Central colombiana en la zona del Magdalena medio. Fue descubierta en 1917 por los primos Williamson (Calvert 1931) y solo ha sido reportada una vez más en 2012 durante un estudio de impacto ambiental para la construcción de un embalse en el río Samaná Norte. Si esta obra se lleva a cabo el único hábitat conocido para la especie en la actualidad podría desaparecer.

Palaemnema edmondi es un caso similar al de *Heteragrion peregrinum*. Esta especie solo fue recolectada en 1917 por los primos Williamson en la zona del Magdalena medio. Durante los últimos 15 años, se han realizado diversas expediciones en el área incluyendo la localidad tipo y la especie no ha sido reportada nuevamente. Esta especie también es considerada En Peligro Crítico Posiblemente Extinta.

Perissolestes remus solo se conoce de su localidad tipo en la vertiente Pacífico de los Andes ecuatorianos (provincia de Santo Domingo). La localidad fue absorbida por la ciudad de Santo Domingo y aunque se ha hecho un esfuerzo considerable para encontrar la especie en localidades cercanas, no se ha tenido éxito.

5.2.2 Especies En Peligro

Acanthagrion williamsoni es endémica del Valle del Magdalena (Colombia) donde se ha registrado en dos localidades a ambos lados del río, pero no se ha reportado en ninguna de las pocas reservas naturales en la zona, que está expuesta a fuertes presiones por agricultura principalmente.

Pareja de *Drepanoneura donnellyi* en tándem (Coenagrionidae). Esta especie endémica del piedemonte magdalénico al norte de la cordillera Central en Colombia, ha sido evaluada en la categoría EN debido a procesos de minera, expansión agraria y deforestación de su hábitat. Foto: © Cornelio Bota-Sierra.

Drepanoneura donnellyi es endémica de la Cordillera Central colombiana en la zona del Magdalena medio. Aunque se han reportado recientemente nuevas localidades para la especie, ninguna se encuentra en un área protegida y la zona tiene fuertes presiones por minería, tala y expansión agrícola.

Heteragrion calendulum es endémica del norte de la Cordillera Central colombiana. Aunque se conocen dos localidades para la especie, su presencia en la actualidad solo se ha reportado en una de ellas pues no ha sido encontrada en la localidad tipo nuevamente.

Mesamphiagrion demarmelsi habita ecosistemas lénticos del altiplano Cundiboyacense, una de las zonas con mayor población en Colombia, por lo que experimenta fuertes presiones antrópicas por agricultura, expansión urbana y contaminación.

Mesamphiagrion gaudiimontanum es especialista de turberas en el complejo de páramos de Santa Inés al norte de la Cordillera Central en Colombia. Enfrenta amenazas por expansión agrícola, minería y cambio climático.

Mesamphiagrion nataliae es endémica del altiplano Cundiboyacense, una de la zonas con mayor población en Colombia, por lo que experimenta fuertes presiones antrópicas por agricultura, expansión urbana y contaminación. A pesar de estar en uno de los lugares con mayor esfuerzo de muestreo, la especie solo se conoce de sus localidades tipo y en expediciones recientes no se ha vuelto a registrar.

Mesamphiagrion santainense es una especie rara endémica de las tierras altas del norte de la cordillera Central en Colombia donde cuenta con una distribución bastante restringida. Las quebradas en las que habita han sido invadidas por truchas (*Oncorhynchus mykiss*), y además enfrenta presiones por agricultura y minería.

Philogenia monotis es endémica de la vertiente Pacífico de los Andes ecuatorianos (provincia de Santo Domingo) y no se ha vuelto a reportar en su localidad tipo que fue absorbida por la ciudad de Santo Domingo; sin embargo, se ha reportado en dos localidades cercanas; lamentablemente estas se encuentran amenazadas por extracción de madera y expansión urbana.

Macho de *Mesamphiagrion santainense* (Coenagrionidae), endémica de las tierras altas del norte de la cordillera Central en Colombia, ha sido evaluada como EN. Foto: © Cornelio Bota-Sierra.

Rhionaeschna caligo es endémica del complejo de páramos de Santa Inés, al norte de la Cordillera Central en Colombia, y enfrenta amenazas por expansión agrícola y cambio climático.
Telebasis flammeola es endémica de la región amazónica en las provincias de Napo y Pastaza (Ecuador), donde solo se ha reportado en tres localidades, en un área en la que la expansión agrícola está causando una disminución constante en la cantidad y calidad de los hábitats disponibles.

5.2.3 Especies Vulnerables

Cora lugubris es endémica de las cordilleras Central y Occidental en Colombia donde habita quebradas con cobertura boscosa entre los 1700 y 2300 m s.n.m. A lo largo de su distribución se encuentra amenazada por agricultura y minería, principalmente.

Mesamphiagrion ovigerum es endémica de la cordillera Oriental en Colombia donde habita quebradas entre los 2500 y los 2900 m s.n.m., y está amenazada principalmente por agricultura.

Mesamphiagrion rosseri es endémica de la Cordillera Central de Colombia donde habita pequeñas charcas en el interior y borde de bosques de niebla. Enfrenta amenazas por tala y expansión agrícola.

Macho de *Cora lugubris* (Polythoridae), especie endémica de las cordilleras Central y Occidental en Colombia. Evaluada como VU. Foto: © Adolfo Codero Rivera.

Macho de *Mesamphiagrion ovigerum* (Coenagrionidae). Especie endémica de la cordillera Oriental en Colombia, evaluada como VU. Foto: © Cornelio Bota-Sierra.

Philogenia cristalina es endémica de la Cordillera Central colombiana en la zona del Magdalena medio. Aunque se han reportado nuevas localidades para la especie recientemente, ninguna se encuentra en un área protegida y la zona tiene fuertes presiones por minería, tala y expansión agrícola.

Teinopodagrion temporale es endémica de la Cordillera Central en el Valle del Magdalena, Colombia y no se ha reportado en ninguna de las pocas reservas naturales de la zona, que tiene fuertes presiones por agricultura y minería principalmente.

Telebasis farcimentum es endémica del sur de las cordilleras Central y Occidental en Colombia donde habita humedales entre los 1000 y los 1700 m s.n.m. A lo largo de su distribución se encuentra amenazada por agricultura y expansión urbana.

Macho de *Telebasis farcimentum* (Coenagrionidae), especie endémica de las cordilleras Central y Occidental en Colombia que ha sido evaluada como VU. Foto: © Cornelio Bota-Sierra.

5.2.4 Especies Casi Amenazadas

Argia rosseri es endémica de Bolivia (departamento de Santa Cruz) donde solo se conoce de una localidad. En el momento no hay amenazas identificadas a su conservación, pero hay una probabilidad grande de que esto suceda, ya que la especie habita un área sin protección que potencialmente será explotada en el futuro. Esta especie, aparentemente, es sinónimo de *Argia jujuya* lo que modificaría su distribución geográfica (N. von Ellenrieder com. pers. 2016); en caso de ser así, el estado de conservación de ésta especie deberá ser re-evaluado.

Protallagma hoffmanni esta especie endémica de las tierras altas de la Cordillera Blanca, en la que habita un pequeño afluente de la laguna Querococha (4000 m s.n.m.) y no se han encontrado más poblaciones de la especie a pesar de haber muestreado zonas similares en el área. Aunque se encuentra dentro del parque nacional Huascarán, existen presiones por ganadería en el parque que de no ser controladas podrían poner a esta especie en riesgo de extinción.

Philogenia helena es endémica de la cordillera Oriental de Colombia y se ha encontrado en zonas de amortiguación de parques naturales. Sin embargo, a lo largo de su distribución enfrenta fuertes presiones por agricultura.

Macho de *Protallagma hoffmanni* (Coenagrionidae). Esta especie endémica de la Cordillera Blanca en Perú ha sido evaluada como NT. Foto: © F.-J. Schiel.

Macho de *Philogenia helena* (Philogeniidae). Esta especie endémica de la cordillera Oriental en Colombia ha sido evaluada como NT. Foto: © Cornelio Bota-Sierra.

Protoneura macintyrei es endémica de la vertiente Pacífico en la provincia de Los Ríos en Ecuador, donde se conoce de tres localidades que no están protegidas. Aunque aún no experimentan procesos de degradación del hábitat, estas localidades podrían ser afectadas por la expansión de la frontera agrícola.

Teinopodagrion vallenatum es endémica de la Sierra Nevada de Santa Marta en Colombia. A pesar de ser una zona protegida, esta área ha sufrido fumigaciones con glifosato para erradicar cultivos ilícitos, y no existen estudios del efecto de estas acciones en las poblaciones de la especie.

5.2.5 Especies con Datos Insuficientes

Perú encabeza la lista de especies dentro de la categoría Datos Insuficientes con 34 especies, seguido por Ecuador, Colombia

y Bolivia con 17, 14 y 10 especies, respectivamente. Entre estas especies hay diez que a pesar de ser compartidas por más de un país se encuentran en esta categoría (Figura 5.3). Especies que se encuentran en zonas con fuertes presiones antrópicas son de especial importancia pues podrían estar enfrentando serias amenazas a su supervivencia. Es el caso de *Archilestes chocoanus* cuya única localidad conocida podría estar afectada por minería (Pérez-Gutiérrez 2012) o *Ischnura mahechai* cuya única localidad conocida se encuentra en el altiplano Cundiboyacense en una de las áreas más pobladas en la región.

5.3 Patrones geográficos de riqueza de especies

A la hora de analizar estos datos es muy importante tener en cuenta que el esfuerzo de muestreo en la mayor parte del área es relativamente bajo y disímil; prueba de esto es el elevado número de especies con datos deficientes, lo que lleva a un sesgo en el análisis. Sin embargo, se puede observar algunos patrones que pueden cambiar con el incremento en la generación de información de buena calidad en un futuro cercano.

5.3.1. Especies endémicas

Aunque la riqueza de las comunidades de libélulas suele ser mayor a menor altitud, la riqueza de especies endémicas no sigue el mismo patrón en los Andes Tropicales. Las áreas de distribución de las especies suelen estar ligadas a complejos procesos evolutivos y ecológicos. El gradiente altitudinal presente en los Andes provee un escenario con diferencias marcadas y estables a lo largo del tiempo entre áreas que se encuentran en espacios relativamente pequeños (Ghalambor *et*

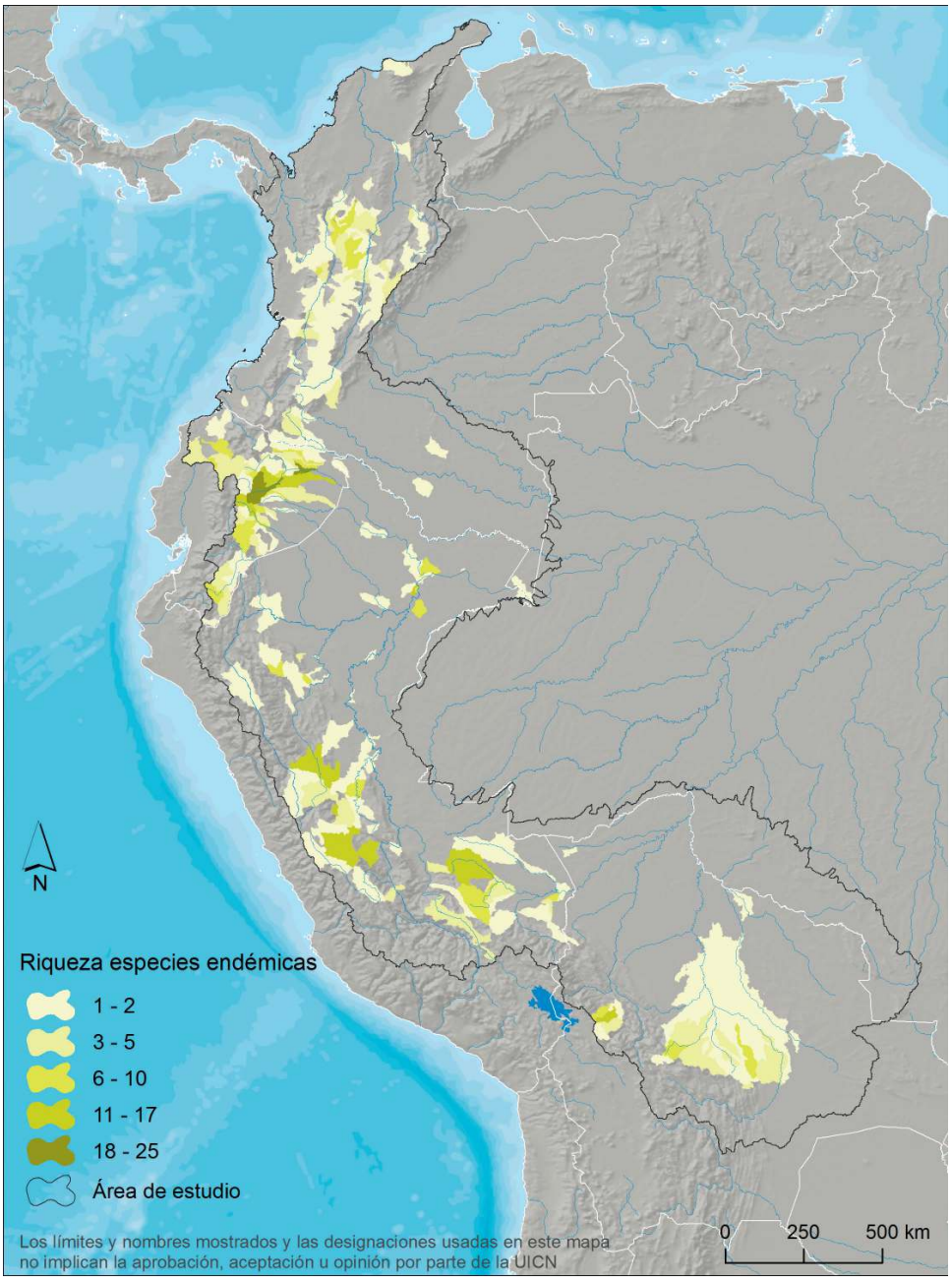


Figura 5.4 Mapa de la riqueza de especies endémicas por sub-cuenca.

al. 2006), lo que causa que el área de distribución de muchas especies sea bastante restringido, particularmente en las partes altas y medias de las montañas, resultando así en un gran número de especies endémicas y uno de los lugares del planeta con mayor biodiversidad.

Como se puede observar a continuación, algunas especies endémicas de los Andes tienen áreas de distribución mayores que otras (Figura 5.4 y 5.5), lo cual se debe a diferentes características de cada especie, que han evolucionado bajo diferentes condiciones y muchas veces en ecosistemas únicos. Por ejemplo, cada una de las tres ramas de la cordillera en Colombia tiene un origen diferente, por lo tanto sus edades y composiciones geológicas son completamente diferentes, así como sus biotas.

En Colombia resalta el valle interandino del Magdalena (Magdalena medio), por la alta riqueza en especies endémicas, especialmente en su región húmeda, también el norte de la Cordillera Central, principalmente el complejo de páramos de Santa Inés. En Ecuador se observan las áreas con mayor riqueza de especies endémicas de todo el norte de los Andes en la parte alta de los ríos Napo, Pastaza y Morona y su descenso hacia los planos amazónicos, de donde se reportan entre 18 y 25 especies endémicas. En Perú, se observa un patrón similar al de Ecuador con mayor riqueza de endémicas en la vertiente Amazónica de los Andes particularmente en los departamentos de Huánuco y Junín y se destaca un área amazónica de endemismo en el departamento Madre de Dios, donde se encuentra el Parque Nacional del Manu que ha sido cuartel de múltiples investigadores, y es conocido mundialmente como el lugar con mayor riqueza de libélulas del planeta (Paulson 1985). En Bolivia se vuelve a encontrar mayor riqueza de especies endémicas hacia el piedemonte Amazónico, en los departamentos de Cochabamba y Santa Cruz de la Sierra; sin embargo, sobresale una zona con alto número de endémicas en las tierras altas cerca de La Paz.

5.3.2 Especies de distribución restringida

Para distinguir entre las cuencas que albergan especies endémicas con distribución relativamente amplia de las sub-cuencas que albergan especies que solo se encuentran en la sub-cuenca, o expresar el grado de endemismo de cada sub-cuenca, se usa el análisis de endemismo ponderado corregido (Figura 5.5), el cual calcula el valor de riqueza de especies ponderado por el rango (ver Capítulo 2). Al observar los patrones de este análisis, se ve que la mayoría de áreas con gran riqueza de especies endémicas de la figura 5.4, en realidad no son centros de endemismo pues a pesar de contar con un gran número de especies únicas del área, estas tienen distribuciones relativamente amplias.

En la figura 5.5 se observan al menos 24 cuencas con un alto grado de endemismo distribuidas a todo lo largo del área. Estas son de gran importancia para la conservación de la diversidad pues son ecosistemas que ofrecen condiciones para la presencia de especies únicas. Es importante resaltar que algunas de estas se traslapan con las áreas donde se encuentra mayor cantidad de especies con Datos Insuficientes, como es el caso del departamento Junín (Perú) o la cuenca del río Esmeraldas (Ecuador), lo que puede revelar que es necesario hacer más muestreos para comprobar estos datos.

5.3.3 Especies Amenazadas

En la figura 5.6 se observa que solo se reportan especies amenazadas en Ecuador y Colombia. La mayoría de ellas están en Colombia, en particular dentro de la región del Magdalena medio donde hay fuertes presiones antrópicas, principalmente por actividad agrícola y minería. Así mismo, las libélulas que se distribuyen entre los 1000 y los 3000 m de altitud en los Andes colombianos están amenazadas, pues la mayoría de los asentamientos urbanos en este país tienen la misma distribución. Esta es también una fuerte amenaza en las zonas de Santo Domingo y Pastaza en Ecuador.

Llama la atención que Perú, a pesar de presentar el mayor número de especies endémicas de la región (104) y endémicas del país (52), ninguna de ellas fue incluida en alguna de las categorías de amenaza. Esto, seguramente está relacionado con la falta de información para muchas de las especies ya que, es el país con mayor número de especies con Datos Insuficientes (34).

5.3.4 Especies con Datos Insuficientes

Al comparar las figuras 5.6 y 5.7, se observa un contraste preocupante a medida que dejan de aparecer especies amenazadas de norte a sur y se observan cada vez más especies con datos deficientes para la evaluación. Este resultado es evidencia de la necesidad de explorar éstas áreas para conocer la realidad de estas especies, que por sus reducidas áreas de distribución podrían estar bajo algún riesgo de amenaza.

5.4 Principales amenazas para las libélulas

Los odonatos dependen de los ecosistemas acuáticos y del bosque; sus larvas crecen dentro del agua y los adultos voladores muchas veces son especialistas de dosel, sotobosque y áreas abiertas, entre otros. Esto hace que sean muy sensibles a las perturbaciones de los hábitat acuáticos y terrestres cercanos.

Las poblaciones y/o especies de odonatos pueden verse amenazadas por causas naturales o antropogénicas (Paulson, 2011). En el caso de las perturbaciones naturales, la frecuencia e intensidad con la que ocurren a lo largo del tiempo es similar y posibilitan un lapso de tiempo en el que las especies pueden recuperarse del efecto ocasionado por dichos fenómenos (Conell 1975). Las actividades humanas por el contrario, no muestran este patrón y lo que regularmente se observa es que la presión que ejercen sobre los ecosistemas es cada vez mayor y hace que los hábitats acuáticos y terrestres de los cuales dependen los odonatos, estén desapareciendo o presenten un nivel grave de degradación. Esta situación se presenta en todo el mundo a una

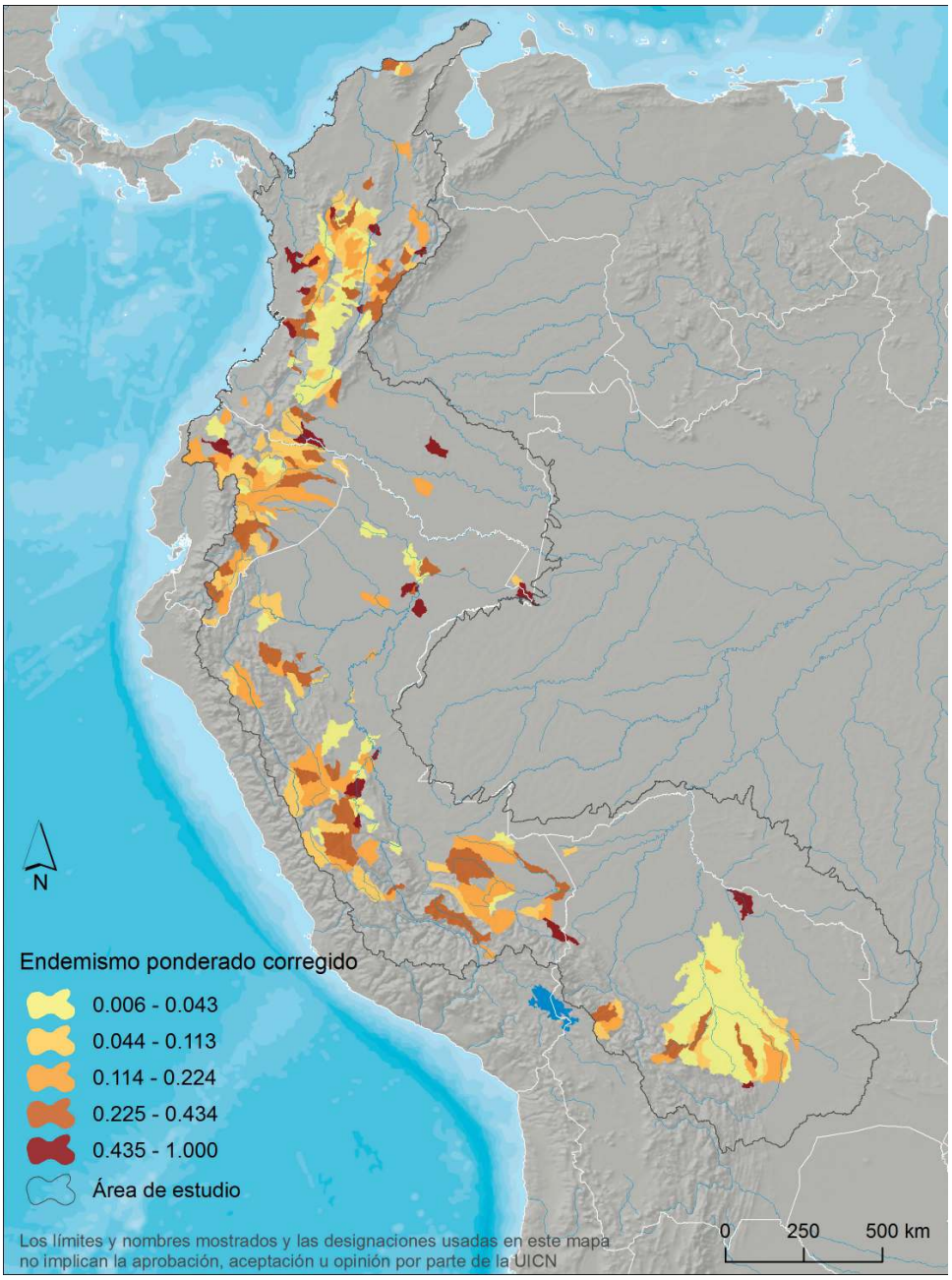


Figura 5.5 Mapa mostrando el índice de endemismo ponderado corregido de libélulas por sub-cuenca.

tasa acelerada (Corbet 2004) y se estima que una de cada diez especies está en peligro de extinción (Clausnitzer *et al*. 2009), situación confirmada en este estudio en donde al evaluar 216 especies encontramos 21 amenazadas.

En la figura 5.8 se pueden ver los principales factores de amenaza para la supervivencia de las libélulas amenazadas y Casi Amenazadas (NT) en la región. Se observan ocho factores de amenaza, entre los que se destaca la pérdida de hábitat por expansión agraria por ser la mayor amenaza con cerca al 50% de las especies en riesgo, seguida por la producción de energía y minería que afectan cerca del 40% de las especies; el uso de los recursos biológicos con un 30% de especies afectadas y el desarrollo residencial y comercial cerca del 20%. Aunque el resto de los factores afectan menos de un 20% de las especies, pueden ser de gran importancia a nivel local.

5.4.1 Uso de recursos biológicos

La tala de bosques es una de las principales amenazas (Figura 5.8). Ocurre en las modalidades de tala y cosecha de madera para subsistencia y tala a gran escala para fines comerciales, ambas son prácticas ampliamente extendidas en el norte de los Andes y afectan fuertemente a las libélulas pues una gran cantidad de especies son especialistas de bosques.

Los ecosistemas acuáticos son bastante sensibles a la luz, así al retirar los árboles que dan sombra a las quebradas, no solo se disminuye la capacidad de almacenamiento y captación de agua de la cuenca, sino que también se acaba con la entrada de hojarasca y aparecen nuevos organismos acuáticos como algas que crean una dinámica completamente diferente en las comunidades acuáticas (Vannote *et al*. 1980), lo que lleva a la

Figura 5.6 Mapa de riqueza de especies amenazadas por sub-cuenca.

desaparición de las libélulas con larvas especialistas de este tipo de hábitats. Además, los adultos de la mayoría de estas especies son especialistas de bosque, ya sea de sotobosque o de dosel, y no podrán realizar sus actividades normales de caza y reproducción sin éste, lo que hace que la deforestación sea devastadora para la comunidad de libélulas especialistas de estos ecosistemas.

5.4.2 Minería y producción de energía

Es una de las principales amenazas para los odonatos en la región. Esta actividad deteriora condiciones de los ecosistemas como la calidad y la cantidad de agua y cobertura vegetal. La minería se desarrolla en buena parte del territorio colombiano, en más del 50% de los departamentos (Castillo *et al.* 2013), incluyendo ecosistemas de alta diversidad como los páramos, ecosistemas emblemáticos por sus endemismos y zonas de alta biodiversidad

Minería de oro dentro de una quebrada en la cuenca del río Cauca (Colombia). Foto: © Cornelio Bota-Sierra.

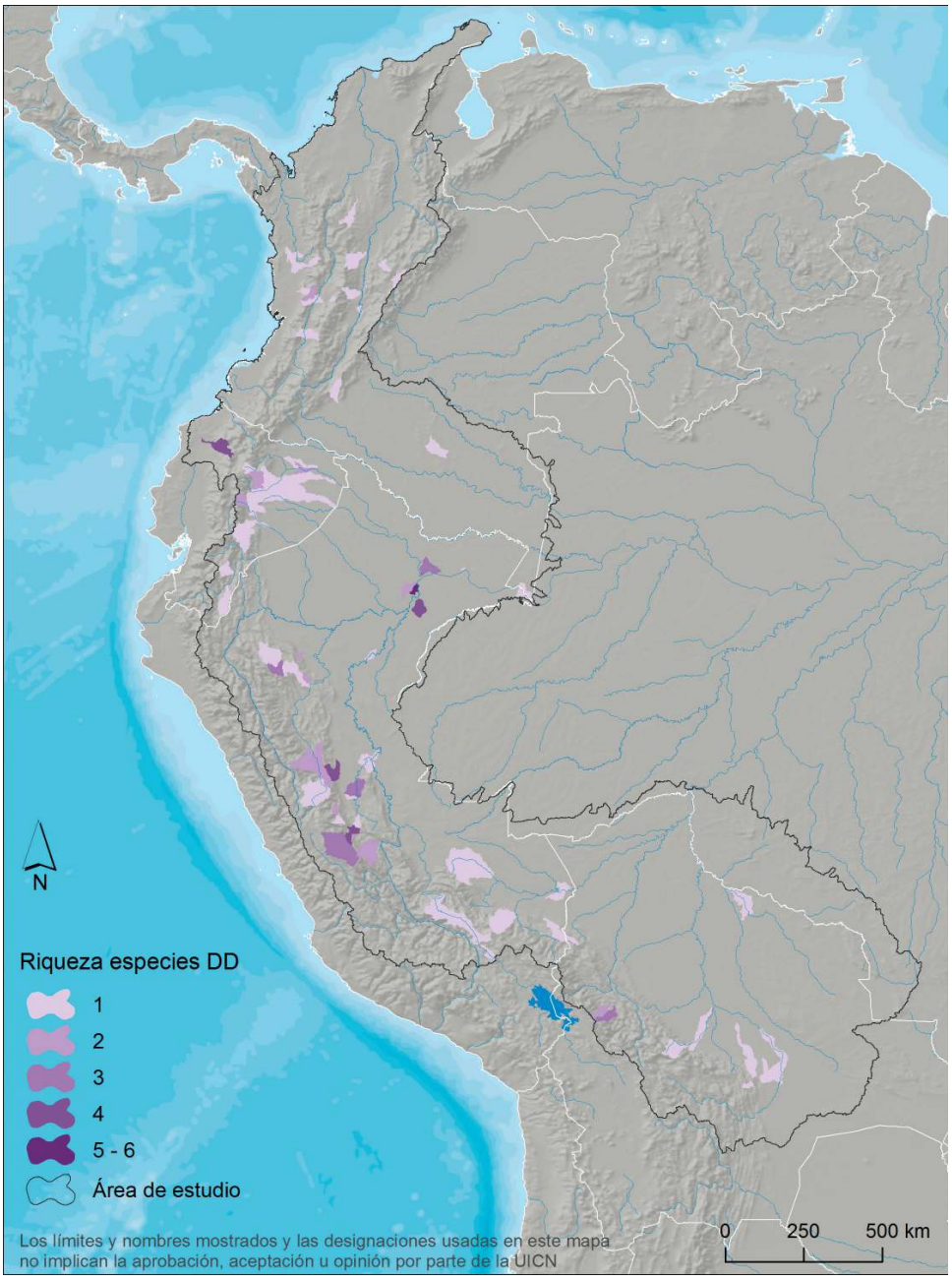
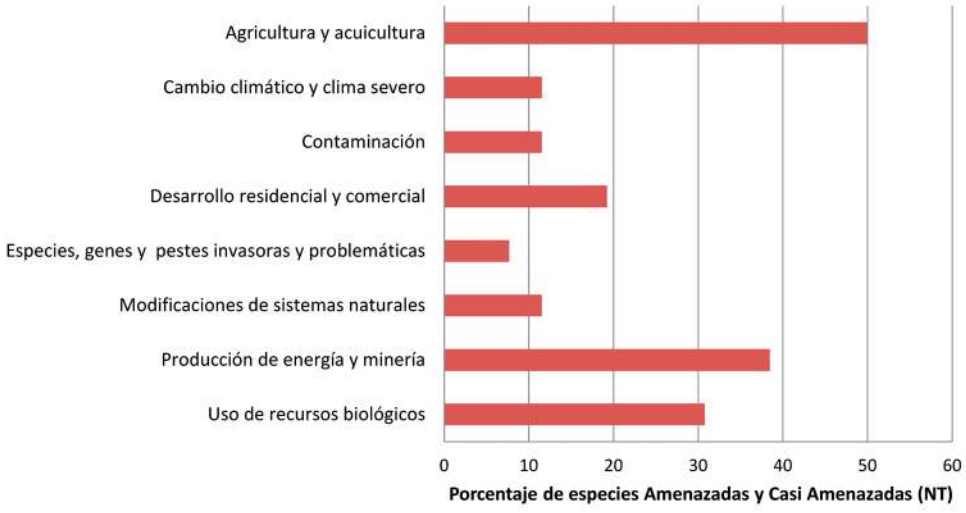


Figura 5.7 Mapa de riqueza de especies en la categoría de Datos Insuficientes (DD).

Figura 5.8 Principales factores de amenazas sobre las especies de Odonata amenazadas y Casi Amenazadas (NT) en los Andes Tropicales.



como el bosque lluvioso tropical en el Chocó biogeográfico. Éstas áreas son explotadas legal e ilegalmente principalmente con la minería de oro, cuya producción pasó de 15.5 t en 2007 a 66.2 t en 2012 (Castillo *et al.* 2013).

La producción de energía en sí no es tan problemática en esta región, pues la mayoría se obtiene de centrales hidroeléctricas que no contaminan mucho o gastan recursos durante el proceso. El problema es que en muchos casos se modifican los sistemas naturales construyendo represas gigantes (ver sección 4.3).

5.4.3 Modificaciones de sistemas naturales

Las principales modificaciones de los sistemas naturales en los Andes Tropicales son la construcción de grandes embalses con fines hidroeléctricos o como reservas de agua para grandes ciudades, la extracción de agua para riego y la desecación de ciénagas y humedales para ampliar el área para agricultura y el pastoreo. Estas perturbaciones traen consigo la desaparición o fragmentación de los hábitats disponibles para los odonatos.

Palaemnema croceicauda (CR) es un ejemplo de este problema, esta especie endémica de Colombia y solo se ha reportado en dos localidades. Una de ellas desapareció por expansión agrícola, la segunda también podría desaparecer, pues se está analizando la viabilidad de construir un embalse para generar energía que inundará el bosque en el que esta especie habita.

Paisaje en el embalse de Guatapé, en el norte de la cordillera Central en Colombia, en el cual se observa claramente la fragmentación del ecosistema. Foto: © Juliana Cardona-Duque.

5.4.4 Especies invasoras y problemáticas

La dispersión de algunas especies de plantas y peces foráneas puede afectar de forma directa a los odonatos. La flor de bora (*Eichhornia crassipes,* Pontederiaceae), planta acuática declarada invasora en Colombia (Gutiérrez 2006), se caracteriza por colonizar rápidamente sistemas acuáticos donde se vuelve dominante, disminuyendo la abundancia y diversidad de otras especies de macrófitas, lo que está directamente relacionado con la disminución de la riqueza de especies de odonatos (Mabry y Dettman 2010). Por su parte, la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) es reconocida entre las 100 especies invasoras más peligrosas del mundo (Global Invasive Species Database 2016). Esta especie se encuentra incluida en la lista de especies invasoras de Colombia (Gutiérrez 2006) y Perú. Uno de los grandes problemas que genera esta especie es que tiene una dieta carnívora y debido a escapes de las piscifactorías hacia los cursos de agua naturales, se ha convertido en la especie dominante de los sistemas acuáticos por encima de los 1200 m, reduciendo las poblaciones de especies nativas, entre ellas las de odonatos (una de sus principales presas), que no han desarrollado mecanismos defensivos contra este voraz depredador.

Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en lagunas tan aisladas como las de los páramos (Laguna de Páez, Páramo de Santurban, Colombia). Foto: © Cornelio Bota-Sierra.

5.4.5 Desarrollo residencial y comercial

Los efectos negativos producto del desarrollo residencial y comercial se basan principalmente en dos aspectos. El primero de ellos es la contaminación ocasionada por los alcantarillados y los desperdicios tóxicos de las industrias. El segundo aspecto se relaciona con el crecimiento de los asentamientos humanos que expande espacialmente no solo las ciudades, sino poblaciones y otros pequeños centros poblados, que en la mayoría de los casos origina la destrucción de bosques y otros ecosistemas, donde se afectan e incluso desaparecen cuerpos de agua como quebradas, ríos, humedales, lagos y lagunas, los cuales se destruyen para utilizar estos espacios en la construcción de viviendas e industrias. Esta situación se vuelve particularmente importante cuando las grandes ciudades se asientan en zonas con un alto número de especies endémicas como el caso de Bogotá (capital de Colombia), que alberga a cerca de 9 millones de habitantes y siete especies de libélulas endémicas. El deterioro del hábitat hace que a la fecha tres de éstas especies se encuentren amenazadas y

dos más con Datos Insuficientes. En el Ecuador, es la principal amenaza para la conservación de las libélulas, poniendo en peligro la supervivencia de tres especies, dos En Peligro Crítico y una En Peligro, en las provincias de Santo Domingo y Pastaza.

5.4.6 Contaminación

Debido a la estrecha relación de los odonatos con el agua durante todo su ciclo de vida, particularmente durante sus estadios inmaduros, la contaminación de estos ecosistemas está inversamente relacionada con la diversidad de los odonatos en ellos. La contaminación del agua está ligada a cuatro factores principalmente: la minería, el desarrollo residencial, la agricultura y actividades recreativas o turísticas (estas últimas resultando particularmente preocupantes en sistemas lenticos). Hay un quinto factor que aunque no es constante, resulta nefasto y es el derrame de oleoductos.

La minería contamina las fuentes de agua en múltiples formas. Entre estas están el drenaje ácido producido al exponer minerales sulfatados al aire, el drenaje de metales pesados que antes se encontraban almacenados bajo tierra, los desechos químicos cómo diversos ácidos, cianuro y mercurio usados en los procesos mineros y la erosión y remoción de las primeras capas orgánicas del suelo que en muchos casos terminan en los ríos y lagos. Un ejemplo de esta amenaza se puede observar en ríos como el Madre de Dios (Perú) y sus afluentes, donde sus aguas han sido envenenadas con mercurio proveniente principalmente de la extracción ilegal de oro, lo cual ha afectado sobre todo especies cuyas larvas se encuentran en los bancos de arena como *Aphylla* spp., *Epigomphus* spp. y *Progomphus* spp.

El desarrollo residencial e industrial es un gran problema pues las viviendas y fábricas regularmente vierten y contaminan los sistemas acuáticos con todos los desechos de sus actividades. Este tipo de situaciones genera que afluentes y efluentes de diferentes sistemas acuáticos presenten altos grados de contaminación por múltiples tipos de sustancias químicas orgánicas e inorgánicas, hasta el punto crítico de que suceda lo ocurrido, por ejemplo, en los cursos bajos del río Rimac, en Perú, en donde no puede ser encontrada ninguna especie de odonato.

La agricultura es una de las principales fuentes de contaminación de los ecosistemas acuáticos, debido principalmente al incremento en la cantidad de nutrientes que ingresan en las fuentes de agua como producto de la escorrentía de fertilizantes y al uso de sustancias altamente tóxicas para el control de plagas. Este problema es particularmente grave cuando no se respetan los bosques ribereños y se cultiva hasta la zona litoral.

5.4.7 Cambio climático y clima severo

Las fluctuaciones en las condiciones ambientales asociadas al cambio climático, ocasionan en muchas oportunidades cambios extremos en los pulsos de inundación de los cuerpos de agua. Sin embargo, son las sequías las que afectan de manera más apreciable a las poblaciones de odonatos ya que pueden hacer desaparecer temporalmente los hábitats adecuados para oviposición y desarrollo de las larvas, situación que se hace cada vez más común debido a los veranos más cálidos y extensos.

El incremento en la temperatura es preocupante para las especies endémicas de las cumbres de las montañas, pues se enfrentan a invasiones por especies de tierras bajas. En el caso de especies vegetales, la estructura y composición del hábitat cambiará por ejemplo en los páramos de pajonales a bosques de robles y en el caso de otros animales aparecerán nuevos competidores, diferentes interacciones depredador-presa, lo que probablemente tenga un efecto adverso en la supervivencia de estas especies, que no se pueden desplazar altitudinalmente a otro lugar con condiciones similares.

A modo de ejemplo, en el complejo de páramos de Santa Inés (Colombia) se ha reportado un avance del borde del robledal

Quebrada en el Cañón del Cauca (Colombia). Al no existir servicio de recolección de basura esta se acumula en las quebradas. Foto: © Cornelio Bota-Sierra.

Paisaje del páramo de Sabanas, en el complejo de Santa Inés, en el que se observa cómo se alterna la vegetación de páramo con la de bosque altoandino en la cumbre de la montaña. Foto: © Cornelio Bota-Sierra.

sobre el páramo. En Perú, libélulas de la especie altoandina *Protallagma titicacae* han sido recolectadas recientemente en regiones naturales en las que antes no habían sido reportadas, ampliando su rango de distribución altitudinal.

5.4.8 Agricultura y acuicultura

Esta es la principal amenaza para las libélulas de la región (Figura 5.8). La ampliación de la frontera agrícola puede afectar la supervivencia de los odonatos de dos maneras. La primera de ellas tiene que ver con la contaminación de fuentes de agua (tratado en la sección 4.6). La segunda se relaciona con la fragmentación y la desaparición de hábitats debido a deforestación de grandes extensiones de bosque (efecto analizado en la sección 4.1) que ahora se utilizan para el cultivo de alimentos y pasturas para ganado. Ejemplo de esta situación es el territorio dedicado al cultivo de palma de aceite en Colombia que en 2010 era de 696 976 ha y en 2014 se incrementó hasta 900 262 ha (Moreno y Mantilla 2015).

Uno de los grandes problemas de la cría masiva de peces reside en el desvío de cauces de ríos y quebradas para el abastecimiento de agua en las zonas de producción, lo que afecta directamente el hábitat de los odonatos. Por otra parte, algunos de los tratamientos utilizados para evitar enfermedades en los peces como el formol, sustancia que elimina parásitos y bacterias externas, son liberados en los cuerpos acuáticos. Además, las cargas orgánicas ricas en fósforo, carbono y nitrógeno, producto de la cría de estos animales, también llegan a estos ambientes lo que puede ocasionar su eutrofización. Adicionalmente, ocurren liberaciones involuntarias de peces, por lo general de especies exóticas e invasoras, que afectan las poblaciones de especies presa, entre ellas los odonatos.

En Perú, la ganadería es uno de los problemas más serios, debido al gran crecimiento que en los últimos años ha mostrado esta actividad. Desde el 2000, se amplió el área dispuesta para esta actividad que ahora se desarrolla incluso en los altos Andes (5000 m s.n.m.), lo que genera problemas adyacentes como la lenta o nula descomposición del excremento de los animales, que se convierte en materia orgánica que contribuye a la eutrofización de los sistemas acuáticos con los que entra en contacto. Esta situación al parecer ha contribuido a que se presenten altas infestaciones de ácaros en larvas de los géneros *Rhionaeschna* y *Protallagma,* que son los únicos grupos de odonatos en estas altitudes.

5.5 Conclusiones y recomendaciones para la conservación

5.5.1 Exploración y estudios taxonómicos

Este es el punto de partida para la conservación y es claro que existe un déficit en el área, evidenciado por 78 especies sin datos suficientes para la evaluación, tres de los cuatro países del área sin investigadores residentes, alrededor de 80 especies recolectadas pero aún no descritas (y probablemente amenazadas), ausencia de listas de especies actualizadas, muchos grupos sin revisiones taxonómicas recientes y gran parte del territorio sin muestreos del grupo. Por esto, se proponen exploraciones con el objetivo de aclarar el estatus de las especies que se encuentran en la categoría DD y así mismo, completar el muestreo de las áreas en las que han sido reportadas.

Aunque hay un amplio muestreo de macroinvertebrados acuáticos, debido principalmente a estudios de impacto ambiental, la resolución taxonómica de estos es muy baja llegando apenas al nivel de familia en la mayoría de los casos, esto debido al escaso tiempo y recursos invertidos en estos proyectos, pero también en gran parte porque la información sobre las larvas es escasa y difícil de usar. Por lo tanto, se recomienda enfatizar el estudio de los estados inmaduros y la producción de claves taxonómicas prácticas. También sería muy útil para incrementar la calidad de los estudios de impacto ambiental incluir a los adultos y desarrollar índices para la región, similares al propuesto por Simaika y Samways (2009) para Sudáfrica.

Se recomienda de manera enfática, la realización de talleres, reuniones, cursos, simposios y/o congresos regionales que motiven el estudio de este grupo de insectos y vinculen a la sociedad general con estos insectos y sus problemas para la conservación.

Las publicaciones son una herramienta esencial para la toma de decisiones y planificación de conservación. Sin embargo, captar recursos para ciencia básica resulta bastante complicado, por lo que la realización y publicación de estudios de ciencia básica y divulgación, necesarios para el desarrollo de la odonatología de la región son bastante difíciles de llevar a cabo. Se recomienda fomentar la literatura científica y divulgativa básica, listados, descripciones, reportes, revisiones taxonómicas que serán la base para cualquier estudio ecológico, evolutivo y/o para futuras evaluaciones del riesgo de extinción de las especies.

5.5.2 Monitoreo

A la fecha no hay un monitoreo constante de ninguna comunidad, especie o población de Odonata en la región. Es de suma importancia empezar este tipo de trabajos, particularmente para las especies que en este informe se reportan bajo alguna categoría de amenaza.

5.5.3 Áreas protegidas

Al evaluar las 216 especies endémicas de la zona, solo 88 (40.7%) fueron identificadas como presentes en algún área protegida o reserva privada, lo cual puede ser el resultado de dos factores: el primero es la baja cantidad de estudios realizados en áreas protegidas, encontrando más de la mitad de estas sin un solo reporte del orden Odonata; el segundo la baja cantidad de áreas protegidas en el área de estudio, particularmente en zonas con altas presiones antrópicas.

Es de vital importancia la regulación, manejo y creación de áreas protegidas en las zonas donde se reportan las cinco especies identificadas cómo En Peligro Crítico de extinción, tres de ellas endémicas del Magdalena medio en Colombia y las otras dos endémicas del Ecuador, una de Pastaza y la otra de Santo Domingo. Al observar el mapa de densidad de especies amenazadas (Figura 5.6), resaltan tres núcleos ubicados en Colombia: uno en el Altiplano Cundiboyacense y dos en la Cordillera Central uno en el Magdalena medio y el otro en la cordillera de Santa Inés (incluyendo los ecosistemas ubicados bajo los páramos). Se recomienda la creación de áreas protegidas que incluyan todos los ecosistemas acuáticos presentes en estas zonas.

Agradecimientos

Agradecemos profundamente a todo el equipo de la UICN por el soporte logístico para realizar este trabajo. A Rosser Garrison, Dennis Paulson y Natalia von Ellenrieder por haber compartido sus datos, esenciales para realizar las evaluaciones y para la escritura de este capítulo. A Jamie Carr por la ayuda y guía durante las evaluaciones en Lima y Bogotá. A Natalia von Ellenrieder, Manuel Astudillo y Catalina Suarez Tovar por la lectura crítica y las sugerencias para mejorar el manuscrito. A Cintia Moreno, Juliana Cardona-Duque y Adolfo Cordero por compartir sus fotografías.

5.6 Referencias

Altamiranda, M., Pérez, L.A. y Gutiérrez, L.C. 2010. Composición y preferencia de microhábitat de larvas de Odonata (Insecta), en la ciénaga San Juan de Tocagua (Atlántico, Colombia). *Caldasia*, 32(2): 399-410.

Altamiranda, M. y Ortega, O. 2012. Estructura poblacional de *Polythore gigantea* (Odonata: Polythoridae) en sistemas lóticos con diferentes estados de conservación en Antioquia, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 60(3): 1205-1216.

Altamiranda-Saavedra, M., Palacino-Rodríguez, F. y Lobo-Hernández, M. 2014. Daily abundance at the breeding site and reproductive behavior of *Polythore gigantea* (Odonata: Polythoridae). *Odonatologica*, 43: 169-182.

Amaya, V. y Ledezma, J. 2010. Libélulas (Odonata: Anisoptera) de la Colección Entomológica del Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado. *Kempffiana*, 6: 40-47.

Amaya-Vallejo, V. y Novelo-Gutiérrez, R. 2012. *Desmogomphus anchicayensis* a new species from Colombia (Anisoptera: Gomphidae). *Odonatologica*, 41(1): 17–21.

Arango M. y Roldán, G. 1983. Odonatos inmaduros del departamento de Antioquia en diferentes pisos altitudinales. *Revista Actualidades Biológicas*, 12(46): 91-115.

Beck, C., Grieser, J., Kottek, M., Rubel, F. y Rudolf, B. 2005. Characterizing global climate change by means of Köppen Climate Classification. *Klimastatusbericht*, 51: 139-149.

Bota-Sierra, C. A. 2012. Rediscovery of *Proneura prolongata* (Zygoptera: Protoneuridae) and other new Odonatarecords from Colombian Amazon. *Agrion*, 16: 1-8.

Bota-Sierra, C.A. 2014a. A brief look at the Odonata from the Páramo ecosystems in Colombia, with the descriptions of *Oxyallagma colombianum* sp. nov. and *Rhionaeschna caligo* sp. nov. (Odonata: Coenagrionidae, Aeshnidae, Libellulidae). *Zootaxa*, 3856(2): 192-210.

Bota-Sierra, C.A. 2014b. Eight new records for Colombia from the Orinoco Basin (Odonata: Calopterygidae, Coenagrionidea, Lestidae, Heteragrionidea, Libellulidae). *Notulae Odonatologica*, 8(4): 97-100.

Bota-Sierra, C.A., Baena-Bejarano, N. y Bermúdez, C. 2010. Primeros registros de *Gomphomacromia fallax* (Odonata: Corduliidae) en Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 36(2): 333-334.

Bota-Sierra, C.A., Moreno-Arias, C. y Faasen, T. 2015. Preliminary list of Odonata from the Colombian Amazon, with descriptions of *Inpabasis nigridorsum* sp. nov. & *Diaphlebia richteri* sp. nov.(Coenagrionidae & Gomphidae). *International Journal of Odonatology*, 18(3): 249-268.

Bota-Sierra, C. y Wolff, M. 2013. Taxonomic revision of *Mesamphiagrion* Kennedy, 1920 from Colombia (Odonata: Coenagrionidae), with the description of four new species. *Zootaxa*, 3718: 401-440.

Calvert, A. S. y Calvert, P.P. 1917. *A Year of Costa Rican Natural History*. MacMillan, New York.

Calvert, P. P. 1931. The Generic characters and the species of *Palaemnema* (Odonata: Agrionidae). *Transactions of the American Entomological Society*, 57: 1-111.

Casallas-Mancipe, A., Rache-Rodríguez, L. y Rincón-Hernández, M. 2012. Postembrionary development of *Ischnura chingaza* Realpe under captivity conditions (Zygoptera: Coenagrionidae). *Odonatologica*, 41(4): 327-335.

Castillo, A., Manrique, J. y Lizarazo. M. 2013. *Anuario estadístico minero 2007-2012*. Ministerio de Minas y Energía, Bogotá, Colombia.

Clausnitzer, V., Kalkman, V.J., Ram, M., Collen, B., Baillie, J.E., Bedjanič, M., Darwall, W.R., Dijkstra, K.D.B., Dow, R., Hawking, J. y Karube, H. 2009. Odonata enter the biodiversity crisis debate: the first global assessment of an insect group. *Biological Conservation*, 142(8): 1864-1869.

Conell, J. H. (1975). Some mechanism producing structure in natural communities: a model and evidence from field experiments. En: M.L. Cody y J. Diamond (eds.) *Ecology and evolution of communities*, pp. 460-490. The Belknap Press of Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts.

Corbet, P. 2004. *Dragonflies. Behavior and Ecology of Odonata*. Cornell University Press.

Cruz, L.F. 1986. Contribución a los estudios taxonómicos de Odonata - Zygoptera de Colombia: descripción de una nueva especie de C*ianallagma* (Odonata: Coenagrionidae). *Caldasia*, 14(68-70): 743-747.

Daigle, J.J. 2014. Two new *Heteropodagrion* species from Ecuador (Odonata: Megapodagrionidae). *Odonatologica*, 43 (1-2): 35-42.

De Marmels, J. 2001. Revision of *Megapodagrion* Selys, 1886 (Insecta, Odonata: Megapodagrionidae). Mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultaet, Zuerich.

De Marmels, J. 2006. Una pequeña colección de libélulas (Odonata) de Colombia. *Entomotropica*, 21(1): 69-71.

De Marmels, J. 2007. Thirteen new Zygoptera larvae from Venezuela (Calopterygidae, Polythoridae, Pseudostigmatidae, Platystictidae, Protoneuridae, Coenagrionidae). *Odonatologica*, 36(1): 27–51.

Dijkstra, K.D.B., Kalkman, V.J., Dow, R.A., Stokvis, F.R. y Van Tol, J. 2014. Redefining the damselfly families: a comprehensive molecular phylogeny of Zygoptera (Odonata). *Systematic Entomology*, 39(1): 68-96.

Donnelly, N. 1997. History of the study of Odonata (part 3). *Argia*, 9(3): 18-21.

Donnelly, N. 1998. The history of the study of Odonata: the fourth phase. *Argia*, 10(2): 5-8.

Garrison, R.W. 2007. Kalocora Kennedy, 1940, a junior synonym of Cora Selys, 1853 (Odonata: Polythoridae). *International Journal of Odonatology*, 10(2): 185-188.

Garrison, R.W. y von Ellenrieder, N. 2008. Dolonagrion nov. gen. for Telagrion fulvellum (Selys, 1876) nov. comb. from South America (Odonata: Coenagrionidae). International Journal of Odonatology, 11(2): 173-183.

Ghalambor, C.K., Huey, R.B., Martin, P.R., Tewksbury, J.J. y Wang, G. 2006. Are mountain passes higher in the tropics? Janzen's hypothesis revisited. *Integrative and Comparative Biology*, 46(1): 5-17.

Gutiérrez, F. 2006. *Estado de conocimiento de especies invasoras. Propuesta de lineamientos para el control de los impactos*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá D.C., Colombia.

Hoffmann, J. 2009. *Summary catalogue of the Odonata of Peru. Kommentiertes Faksimile des Manuscripts von J. Cowley, Cambridge, 20.05.1933 und aktuelle Liste der Odonaten Perus mit Fundortangaben sowie Historie*

zu Sammlern und Odonatologen in Peru. International Dragonfly Fund Report 16: 117 pp.

Hoffmann, J. 2010. Do climate changes influence dispersal and population dynamics of dragonflies in the western Peruvian Andes? *BioRisk*, 5: 47-72.

Kondo, T., Palacino-Rodríguez, F. y Peña-Cuellar, R.D. 2015. Report of *Erpetogomphus sabaleticus* Williamson, 1918 (Odonata: Gomphidae) feeding on *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 16: 17-26.

Mabry, C., y Dettman, C. 2010. Odonata richness and abundance in relation to vegetation structure in restored and native wetlands of the Prairie Pothole region, USA. *Ecological Restoration,* 28: 475-484.

Machado, A.B. 2012. A new species of *Ischnura* (Odonata: Coenagrionidae) from high altitude eastern Andes, of Colombia. *Zoología*, 29(6): 598-600.

Mancera, N. y Álvarez, R. 2006. Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 11(1): 3-23.

María, A. 1938. Catálogo de los odonatos colombianos. *Revista Chilena de Historia Natural*, 42: 206-211.

Merino, C., Bonilla, S. y Bages, F. 2013. *Diagnóstico del estado de la Acuicultura en Colombia*. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP) y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación (FAO).

Moreno, Y. y Mantilla, E. 2015. *Minianuario estadístico. Principales cifras de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia*. Fedepalma y fondo de fomento Palmero, Colombia.

Palacino-Rodríguez, F. 2009. Dragonflies (Odonata: Anisoptera) of the collection of the Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 10(1): 37-41.

Palacino-Rodríguez F., Contreras-S., N. y Córdoba-Aguilar, A. 2012. Population structure in dry and rainy seasons in *Erythrodiplax umbrata* (Linnaeus, 1758) (Anisoptera: Libellulidae). *Odonatologica*, 41: 245-249

Palacino-Rodríguez, F., González-Soriano, E. y Sarmiento, C.E. 2014. Phylogenetic signal of subsets of morphological characters: A case study in the genus *Erythemis* (Anisoptera: Libellulidae). *Caldasia*, 36(1): 85-106.

Palacino-Rodríguez, F., Sarmiento, C.E. y González-Soriano, E. 2015. Morphological variability and evaluation of taxonomic characters in the genus *Erythemis* Hagen, 1861 (Odonata: Libellulidae: Sympetrinae). *Insecta Mundi*, 0428: 1-68.

Paulson, D.R. 2003. Comments on the *Erythrodiplax connata* (Burmeister, 1839) group, with the elevation of *E. fusca* (Rambur, 1842), *E. minuscula* (Rambur, 1842), and *E. basifusca* (Calvert, 1895) to full species (Anisoptera: Libellulidae). *Bulletin of American Odonatolology*, 6(4): 101-110.

Paulson, D.R. 2004. Critical species of Odonata in the Neotropics. *International Journal of Odonatology*, 7: 163-188.

Paulson, D.R. 2011. *Dragonflies and damselflies of the east*. Princeton field guides. Princeton University Press, USA.

Pérez-Gutiérrez, L.A. y Palacino-Rodríguez, F. 2011. Updated checklist of the Odonata known from Colombia. *Odonatologica*, 40(3): 203-225.

Pérez-Gutiérrez, L.A. 2012. *Archilestes chocoanus*, a new damselfly from Colombia (Odonata: Lestidae). *Odonatologica*, 41(4): 347-352.

Pérez-Gutiérrez, L.A. y Montes, J.M. 2011. *Heteropodagrion croizati* sp. nov. (Odonata: Megapodagrionidae) with a key to the known species of the genus. *Zootaxa*, 2810: 63-68.

Rache, L., Acero, A., Alfonso, S. y Rincón-Silva, J.D. 2013. Primer registro de los géneros *Diaphlebia* Selys, 1854, *Argyrothemis* Ris 1909 y *Fylgia* Kirby, 1889 para Colombia (Odonata: Gomphidae, Libellulidae). *Entomotropica*, 28(2): 95-97.

Ris, F. 1918. Libellen (Odonata) aus der Region der amerikanischen Kordilleren von Costa Rica bis Catamarca. *Archiv für Naturgeschichte*, (A) 9: 1-197.

Rojas-Riaño, N. 2011. First record of the damselfly genus *Anisagrion* (Odonata: Coenagrionidae) from Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 37(1): 164-165.

Sánchez M. y Realpe, E. 2010. Population structure of *Polythore procera* at a Colombian stream (Odonata: Polythoridae). *International Journal of Odonatology*, 13:27-37

Sánchez-Herrera, M., Realpe, E. y Salazar, C. 2010. A Neotropical polymorphic damselfly shows poor congruence between genetic and traditional morphological characters in Odonata. *Molecular Phylogenetics and Evolution,* 57: 912-917.

Herrera, M.S., Kuhn, W.R., Lorenzo-Carballa, M.O., Harding, K.M., Ankrom, N., Sherratt, T.N., Hoffmann, J., Van Gossum, H., Ware, J.L., Cordero-Rivera, A. y Beatty, C.D. 2015. Mixed Signals? Morphological and Molecular Evidence Suggest a Color Polymorphism in Some Neotropical Polythore Damselflies. *PloS One*, 10(4): e0125074.

Simaika, J.P. y Samways, M.J. 2009. An easy-to-use index of ecological integrity for prioritizing freshwater sites and for assessing habitat quality. *Biodiversity Conservation*, 18: 1171–1185.

Suárez-Tovar C.M. y Sarmiento, C.E. 2016. Beyond the wing planform: morphological differentiation between migratory and non-migratory dragonfly species. *Journal of Evolutive Biology*, doi: 10.1111/jeb.12830

Tennessen, K.J. y Johnson, J.T. 2010. *Archaeopodagrion armatum* sp. nov. from Ecuador (Odonata: Megapodagrionidae). *International Journal of Odonatology*, 13(1): 89-95.

Vannote, R.L., Minshall, G.W., Cummins, K.W., Sedell, J.R. y Cushing, C.E. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37(1): 130-137.

Vegter, I.H. 1986. Index herbariorum: a guide to the location and contents of the world's public herbaria. Part 2(6). W. Junk, Boston, USA.

Velásquez, N., Bautista, K., Guevara, M., Ramírez, D., Realpe, E. y Pérez-Gutiérrez, L.A. 2009. Larval development and growth ratio of *Ischnura cruzi* (Zygoptera: Coenagrionidae), with description of last larval instar. *Odonatologica*, 38: 29-38.

von Ellenrieder, N. 2003. A synopsis of the neotropical species of "*Aeshna*" Fabricius: The genus *Rhionaeschna* Förster (Odonata: Aeshnidae). *Tijdschrift voor Entomologie*, 146: 67-207.

von Ellenrieder, N. 2009. Databasing dragonflies: State of knowledge in the Neotropical region. *Agrion*, 13(2): 58-71.

von Ellenrieder, N. y Garrison, R.W. 2008. *Drepanoneura* gen. nov. for *Epipleoneura letitia* and *Protoneura peruviensis*, with descriptions of eight new Protoneuridae from South America (Odonata: Protoneuridae). *Zootaxa*, 1842:1-34.

Ware, J., May, M. y Kjer, K. 2007. Phylogeny of the higher Libelluloidea (Anisoptera: Odonata): an exploration of the most speciose superfamily of dragonflies. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 45(1): 289-310.

Williamson, E.B. 1918. A collecting trip to Colombia, South America. Museum of Zoology. *Miscellaneous Publications (University of Michigan)*, 3: 1-24.

Williamson, E.B. 1919. Results of the University of Michigan- Williamson Expedition to Colombia, 1916-1917. IV. Notes on species of the genus *Heteragrion* Selys with descriptions of new (Odonata): *Occasional Papers of the Museum of Zoology, University of Michigan*, 68: 1-88.

Capítulo 6. Estado de conservación y distribución de las plantas acuáticas

Anabel Rial B.[1], Esteban Terneus[2], Blanca León[3] y Marcelo F. Tognelli[4]

6.1 Generalidades 87
6.1.1 Principales ambientes 88
6.2 Conocimiento de las plantas acuáticas en la región 90
6.2.1 Limitaciones de esta evaluación y criterios para la selección de especies 91
6.3 Estado de conservación 91
6.4 Patrones de riqueza de especies 92
6.4.1 Especies endémicas 92
6.4.2 Especies amenazadas 93
6.4.3 Especies con Datos Insuficientes 96
6.5 Principales amenazas 98
6.5.1 Agricultura y acuicultura 98
6.5.2 Modificaciones de sistemas naturales 99
6.5.3 Producción de energía y contaminación 99
6.6 Acciones de conservación y recomendaciones 99
6.6.1 Promover la investigación 99
6.6.2 Potenciar su cualidad bioindicadora para el estudio integral humedal-flora 100
6.6.3 Identificar hábitats clave - analizar la eficacia y cobertura de las áreas protegidas 100
6.6.4 Atender los efectos del cambio climático 100
6.6.5 Registrar periódicamente el estado de conservación de especies y hábitats en riesgo potencial 101
6.6.6. Ampliar las alianzas para la conservación 101
6.7 Referencias 101

6.1 Generalidades

El área de interés de esta evaluación abarca la ecorregión de los Andes Tropicales, definida por la cordillera andina y sus estribaciones a lo largo del flanco occidental de Suramérica. Se enmarca en el "hotspot" más diverso del planeta, definido por su riqueza de especies, sus endemismos y por la amenaza que supone la densidad de población humana y actividades productivas en la mayor parte de esta región (Myers 1988, Mittermeier *et al.* 1999). Incluye también las regiones adyacentes del Chocó al oeste en la cuenca del Pacífico y el piedemonte amazónico al este, en la cuenca del Atlántico.

Los Andes Tropicales cubren unos 258 000 km^2 desde Venezuela hasta Argentina y albergan la mayor diversidad vegetal del planeta, la sexta parte del total (CEPF 2015) es decir, unas 45 000 especies de planta, 20 000 de las cuales son endémicas (Myers *et al*. 2000). En el gradiente altitudinal de este vasto paisaje, que supera los 6000 m s.n.m. en Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia, la topografía es el resultado de una compleja tectónica de subducción y de la interacción con factores climáticos (Orme 2007) que generaron ambientes y microclimas determinantes de la especiación en algunos grupos de plantas acuáticas.

En los Andes septentrionales de Colombia, Ecuador y Venezuela, sobre la placa tectónica de los Andes del Norte, se encuentran las fallas que originaron varios ramales y grandes cuencas como el Magdalena, el Cauca y el Orinoco. Los Andes Centrales desde el sur de Ecuador, la cordillera occidental del Perú y el altiplano peruano y boliviano hasta Argentina, son singulares por sus altiplanicies y por el nacimiento del río Amazonas en los Andes del Perú. Este gran río y muchos de sus afluentes, tales como el

1 The World Institute for Natural Systems. WINS. N.J.
2 Escuela de Biología Aplicada. Universidad Internacional del Ecuador.
3 Plant Resources Center & Dept. Geography and the Environment University of Texas-Austin.
4 IUCN-CI Biodiversity Assessment Unit. Global Species Programme. The Betty and Gordon Moore Center for Science. Conservation International. 2011 Crystal Dr., Suite 500. Arlington, VA 22202, USA

Pastaza y Napo en el Ecuador y Ucayali y Marañón en el Perú, irrigan las llanuras de la depresión del Amazonas.

En ambos lados del piedemonte de la cordillera, se alternan llanuras y mesetas. Los vientos del Pacífico y del Atlántico, proveen a los Andes Tropicales humedad constante en ambos flancos. En el occidental, la cordillera aísla de la cuenca amazónica a la ecorregión del Chocó, una de las más húmedas del planeta; mientras que en el flanco oriental, la llanura amazónica recibe la influencia Atlántica. En contraste, ciertas laderas de los valles interandinos presentan periodos secos y húmedos alternantes debido al ciclo diario de circulación atmosférica (Killeen *et al.* 2007) y al efecto de la sombra de lluvia (Kattan *et al.* 2004). En la parte meridional así como en las llanuras orientales de las tierras bajas, la temperatura puede descender varios grados en relación a los promedios estacionales (surazo, "friaje"), a causa del aire polar que circula de sur a norte, a lo largo de los Andes.

6.1.1 Principales ambientes

Desde los páramos, jalcas y punas, ubicados en las mayores altitudes, pasando por los altiplanos, piedemontes y Yungas hasta las llanuras inundables del Beni, los humedales- cuerpos de agua temporales o permanentes, lénticos o lóticos de cualquier origen y extensión-, ocupan el gradiente altitudinal de la cordillera andina y sus valles en la cordillera Oriental, valle de Magdalena, cordillera Real Oriental, cordillera Central en las cuencas del Magdalena en Colombia, Marañón en Ecuador y Perú, Ucayali en Perú y Madre de Dios en Perú y Bolivia.

Los humedales andinos y altoandinos a más de 2600 m s.n.m. han sido clasificados en tres biorregiones, de acuerdo a la pluviosidad: a) páramo: más lluvioso, en Colombia, Ecuador y Perú (además de Venezuela y Costa Rica); b) jalca: zona transicional con clima estacional, entre el páramo y puna en la sierra norte de Perú y c) puna: menos lluvioso, en la altiplanicie de Perú y Bolivia (además de Chile y Argentina). Los altos Andes albergan entre otros humedales, lagos y lagunas de diverso origen, profundidad y dimensión, como el gran Lago Titicaca (8562 km²) entre Perú y Bolivia (Fritz *et al.* 2011); la mayoría formando sistemas lacustres que conectan ríos y riachuelos con las aguas provenientes de las partes más altas de la montaña (Terneus 2002a, b).

El paisaje característico de las tierras altas incluye un mosaico de ríos, arroyos, quebradas de montaña, pantanos, esfangales, lagos, lagunas, charcos, turberas, etc.; en algunos casos en una matriz de pajonales, matorrales y bosques fragmentados (Young *et al.* 1997, Rangel *et al.* 2000). Las aguas suelen ser oligotróficas, pero sus características físico-químicas varían según la geología de la cuenca (Cooper *et al.* 2010, Lasso *et al.* 2014). En el caso de las turberas (Fernández *et al.* 2014), pantanos y bofedales, el balance hídrico depende principalmente de las aguas subterráneas; la composición orgánica, nivel de acidificación y tasa de acumulación de sedimentos y materia orgánica es variable (Salvador *et al.* 2014). La dinámica de los humedales andinos y altoandinos ha sido conocida a partir del interés en dilucidar la paleoecología y las condiciones climáticas del pasado (van der Hammen 1974, Abbott *et al.* 1997, Rodbell *et al.* 2008, Bush *et al.* 2015), indicando su origen durante el Holoceno. Actualmente en Ecuador, el conocimiento sobre la dinámica de los humedales ha servido para el establecimiento de caudales ecológicos y para mitigar el impacto de las represas e hidroeléctricas en el marco de la normativa legal (Arias y Terneus 2012).

Laguna altoandina. Cordillera Oriental de Colombia.
Foto © Anabel Rial.

Laguna de Guatavita. Sitio de la leyenda del Dorado en Colombia.
Foto © Anabel Rial.

Laguna glacial en el sureste del Perú, cuenca del San Gabán a 5000 m s.n.m. Foto © K.R. Young.

En Colombia se han identificado 1629 humedales altoandinos (Franco *et al.* 2013). En el altiplano a 2600 m s.n.m, se ubica la Sabana de Bogotá y su complejo de humedales naturales y artificiales, unos 40 en una extensión aproximada de 6600 hectáreas, incluyendo el lago de Tota, el segundo navegable más alto de Suramérica y el mayor de Colombia, y la laguna de Guatavita, sitio de una de las leyendas de El Dorado. En Ecuador, Terneus (2002a) ha contabilizado alrededor de 1100 lagunas distribuidas en varios sistemas lacustres la mayoría de origen glaciar (87%) y el resto (13%) de origen volcánico. En Perú, las lagunas asociadas a las cordilleras nevadas se calculan en más de 8300 (ANA 2014), la mayoría (64%) se encuentran en la cuenca Amazónica, seguida de la Pacífica (34%) y el resto en la cuenca endorreica del Titicaca (2%). En el altiplano de Perú y Bolivia se ubica este gran lago junto a un complejo de salares, como los de Coipasa y Uyuni en ambas vertientes (Beck *et al*. 2000).

La topografía y geología de la cordillera de los Andes han confinado la presencia de casi todas las lagunas a las partes altas o a las llanuras bajas. Muchas menos se localizan en los valles interandinos entre los 400 y 2500 m s.n.m. (Terneus 2002a). El lago Junín (sitio Ramsar) en Perú y otros en el nororiente de Bolivia de posición interandina, demuestran la ausencia del impacto directo de glaciación en los últimos 200 mil años (Rodbell *et al*. 2008).

En las tierras medias se sitúan los humedales de piedemonte y Yungas. En Colombia y Ecuador el piedemonte es la franja intermedia entre 800-2300 m s.n.m aproximadamente. Los humedales en esta zona del paisaje productivo andino, son principalmente ríos torrentosos de aguas blancas (Lasso 2014) ricos en nutrientes, con alta conductividad, pH básico y escasa transparencia; mientras que los sistemas lénticos son usualmente artificiales, embalses y pequeñas lagunas artificiales. A estas altitudes, se encuentran los habitats de algunos géneros de la familia Podostemaceae, como *Rhyncholacis*, de cuyas 22 especies registradas, siete son apenas conocidas y endémicas del respectivo río en el que habitan (Phillbrick *et al*. 2010); como en el caso de *R. nobilis* del río Vaupés de Colombia, aunque a menor altitud. Condiciones similares ocurren en Perú, donde las Podostemaceae incluyen especies muy restringidas, una en cada ladera andina. La escasamente conocida *Marathrum striatifolium* del noroccidente

Totorales de plantas acuáticas rizomatosas emergentes creciendo a orillas de la laguna de Yahuarcocha. Provincia de Imbabura, Ecuador. Foto © Esteban Terneus.

Río de aguas blancas del piedemonte andino. Foto © Anabel Rial.

andino y *Apinagia peruviana* del sur de la vertiente oriental (León 2007a), ambas especies destacadas de estos ambientes, que a diferencia de otras en el continente, aún no han sido estudiadas.

En Ecuador la región interandina se localiza entre los 2200 y 2600 m s.n.m. Se caracteriza por una topografía medianamente escarpada y con predominio de zonas de valles extensos con pocas pendientes pronunciadas, donde se asientan lagunas alimentadas por ríos caudalosos de dinámica intermedia, dominadas por vegetación acuática emergente en sus zonas litorales, llamadas comúnmente totorales y dominadas por los géneros *Scirpus*, *Typha* y *Juncus* (Terneus 2002a).

En Perú y Bolivia, los humedales de las Yungas son complejos lénticos y lóticos que abarcan múltiples microcuencas que drenan a la Amazonia. Por debajo de los 2600 m s.n.m. ocurren humedales asociados a las lagunas como por ejemplo las de Pomacochas y Consuelo en el Perú (Urrego *et al*. 2010, Bush *et al.* 2015).

Las tierras bajas, desde los valles interandinos en Colombia, periferias amazónica y chocoana de la zona pre-andina, entre los 0 y los 800 m s.n.m y resto de llanuras inundables, están condicionadas en gran extensión, por el pulso de inundación anual que da origen a una amplia variedad de cuerpos de agua temporales y permanentes. El régimen de inundación y el tipo de agua: clara, blanca o negra (Sioli 1950, 1984), determinan la presencia de ciertas comunidades de plantas acuáticas como los bosques inundables, que representan 20-25% de las formaciones vegetales (Junk 1993, Junk y Piedade 2010, 2011), principalmente de várzea (aguas blancas) e igapó -tahuampa- (aguas negras). Los pulsos de inundación varían anualmente y pueden durar semanas, como en las restingas (Myster 2009) o casi todo el año como las referidas várzeas o igapós. Witmmann *et al.* (2011) señalaron que 30-35% de las especies de bosques de várzea son compartidas con bosques no inundables. Por otra parte, la mayor parte de la flora amazónica que habita en humedales permanentemente inundados es de distribución neotropical (Young y León 1993), con pocas especies endémicas. En la Amazonia baja del Ecuador Terneus (2007) observó la dominancia de bioformas flotantes en ambientes lóticos y de arraigadas emergentes y sumergidas en ambientes lénticos. En Bolivia, el trabajo de Ritter (2000) mostró que en los ambientes permanentemente inundados la riqueza de plantas acuáticas tiende a ser mayor, registrando además tres especies endémicas, dos especies arbóreas del género *Diospyros*, provenientes de la cuenca del Beni y una hierba enraizada de la familia Menyanthaceae que habita en lagunas someras del pantanal de Santa Cruz. Estos humedales amazónicos son importantes a nivel global por su función en la regulación de los ciclos biogeoquímicos y de gases de efecto invernadero (CO_2, CH_3, NO_2, entre otros) (Mitsch *et al.* 2015).

6.2 Conocimiento de las plantas acuáticas en la región

Los Andes es la zona del Neotrópico donde ocurre la mayor riqueza de plantas acuáticas y donde más de la mitad de sus especies (61-64%) son endémicas (Chambers *et al*. 2007). Rial (2014) compila 32 inventarios en Centro y Suramérica; sin embargo, la riqueza no siempre es comparable, debido a la disparidad de criterios en relación al concepto de planta acuática (Jacobsen y Terneus 2001). La conocida clasificación de hidrófitos y helófitos resulta siempre útil, pero en algunos casos desestima las especies indicadoras del litoral móvil (Rial 2014). En tal sentido, el concepto que incluye las ecofases (Rial 2003, 2009) sirve entre otros, para definir los límites de un determinado humedal sometido a algún grado de fluctuación hídrica (Rial y Lasso 2014).

La flora vascular de los cuerpos de agua permanentes altoandinos es relativamente menos diversa (León y Young 1996) e incluye más especies de líquenes, musgos y hepáticas que en las tierras medias y bajas (Rial 2014). En general, las bioformas dominantes son las hierbas arraigadas sumergidas o emergentes, entre las cuales los isoetos comprenden la mayor parte de los endemismos. En los Andes de Colombia la riqueza estimada a partir de la información disponible (Cuatrecasas 1958, Cleef 1981, Rangel y Aguirre 1983, Franco *et al.* 1986, Wink y Wijninga 1987, Schmidt-Mumm 1988, 1998, Sánchez *et al.* 1989, Wijninga *et al.* 1989, Velásquez 1994, Cortés y Rangel- Ch. 1999, Rangel-Ch. *et al.* 2000, Veloza *et al.* 2000, Guzmán 2002, 2012, Romero 2002, Chaparro 2003, Granés 2004, Cuello y Cleef 2009, Vásquez y Serrano 2009, Durán-Suarez *et al.* 2011, Posada-García y López Muñoz 2011, Schmidt-Mumm y Vargas-Ríos 2012 y Ramos-Montaño *et al.* 2013, entre otros) es de al menos 140 especies en unos 80 géneros y 50 familias, con buena representación de briófitos a mayores elevaciones y en general de las familias Cyperaceae y Compositae junto a Polygonaceae, Poaceae, Juncaceae, Isoetaceae y Plantaginaceae (Rial 2014).

La flora vascular acuática del Ecuador está representada por 147 especies identificadas según el "Catálogo de Plantas Vasculares del Ecuador", lo que representa el 1% de la flora vascular del país (Jørgensen y León-Yánez 1999). En la región altoandina Terneus (2002a) registró la presencia de 62 especies de hidrófitos o plantas

vasculares estrictamente acuáticas. De este último grupo, cinco especies son isoetos, e incluyen a *Isoetes ecuadoriensis*, endémica de los andes ecuatorianos (Navarrete *et al.* 2011, Romero 2011). Las especies de esta familia se consideran bioindicadoras por su sensibilidad a los cambios ambientales y distribución restringida (Terneus y Vásconez 2004).

En los Andes del Perú se estima que 60 especies en 44 géneros y 29 familias conforman la flora estrictamente acuática sobre los 3500 m s.n.m. (León 1993, León y Young 1996) mientras que otras 150 especies helófitas, habitan los humedales andinos y alto andinos (Cooper *et al.* 2010, Ramírez 2011, Salvador *et al*. 2014). Las familias de plantas acuáticas mejor representadas son Potamogetonaceae, Cyperaceae, Ranunculaceae, Isoetaceae y Juncaceae. En los diversos humedales del Perú la flora acuática está dominada por tres familias: Asteraceae, Poaceae y Cyperaceae (Ramírez 2011), también comunes en la flora del resto del país. En la zona altoandina, al igual que en los otros países, las especies endémicas pertenecen a la familia Isoetaceae (León 2007b). Por debajo de los 3500 m s.n.m., así como en la cuenca amazónica, se han registrado 100 especies estrictamente acuáticas (León y Young 1996). En este rango altitudinal las familias más ricas en especies son Salviniaceae, Cyperaceae y Poaceae. En Perú, como en otros países de Suramérica, los endemismos son reducidos y a diferencia de los ambientes terrestres, no alcanza el 1%. La flora de humedales en las vertientes de los Andes del Perú ha sido poco estudiada, a pesar de ser el área de endemismos de las especies de Podostemaceae.

En Bolivia, las plantas acuáticas han sido estudiadas por Beck (1984), Haase (1989), Navarro (1993), Ruthsatz (1993, 1995), Ritter (2000) y De la Barra (2003), entre otros. Están bien representadas en la flora del Altiplano, tanto en lagunas como en depresiones con alto nivel de napa freática (Jørgensen *et al.* 2014). Sin embargo, tal como ocurre en Colombia y Ecuador, la riqueza de especies (117 especies) altoandinas en Bolivia es menor que en las planicies amazónicas y la Chiquitanía. Esta última región dominada por bosques semicaducifolios y secos (Ritter 2000). La riqueza de plantas estrictamente acuáticas alcanza las 130 especies, de las cuales aproximadamente la mitad o un número similar al del Perú se halla en los Andes.

En el caso de los humedales amazónicos, han sido estudiados y exhaustivamente clasificados por Prance (1979), Pires (1961), Sioli (1951), Junk *et al.* (2010, 2011), entre otros. En Colombia el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi) ha promovido su investigación (Ricaute *et al.* 2012, 2015). También han recibido especial atención en Colombia, los palmares de *Mauritia flexuosa* (cananguchales) (Endress *et al*. 2013, Lasso *et al.* 2013 y Urrego *et al.* 2013) y en Ecuador los mandiales (*Montrichardia linifera*) característicos de los sistemas lacustres de Cuyabeno e Imuya, flora acuática asociada a los bosques de Igapó (Terneus 2007).

Finalmente, los endemismos están asociados al levantamiento de la cordillera de los Andes durante el Pleistoceno, a la formación de islas geológicas y consecuente aislamiento poblacional, determinando así, los patrones de distribución de las especies de plantas acuáticas en estos ambientes (Terneus 2002b). En los humedales altoandinos de Ecuador habitan 273 especies endémicas de las cuales solo dos han sido registradas como plantas acuáticas *Baccharis hieronymi* e *Isoetes ecuadoriensis:* (León-Yánez *et al.* 2011). En Colombia, las 16 especies endémicas analizadas pertenecen a 13 géneros y 10 familias, 10 de ellas son exclusivas de Colombia, tres se distribuyen también en Ecuador y otras tres llegan hasta Perú y Bolivia. Los endemismos de acuáticas en el Perú se hallan en los humedales altoandinos y son cuatro, estos representan menos del 1% de los endemismos del país. Una especie de Isoetaceae altoandina representa uno de los seis endemismos de la flora acuática de Bolivia (Tabla 6.1).

6.2.1 Limitaciones de esta evaluación y criterios para la selección de especies

A pesar del creciente conocimiento sobre la flora Neotropical (Jørgensen *et al.* 2011, Jørgensen *et al.* 2014, Bernal *et al.* 2016), las limitaciones para este análisis han sido la ausencia de referencias sobre la biología y distribución de las especies analizadas y la escasa integración de información sobre plantas acuáticas a nivel regional; lo que confirma por una parte, la necesidad de acceso a colecciones de referencia en buen estado, cuya información de herbario sea consistente con las bases de datos de sus registros, y por otra, la necesidad de estudios ecológicos y fisiológicos destinados a recopilar datos sobre la historia natural de estas especies.

Los dos criterios usados para la selección de las especies fueron: endemismo y estado de conservación. Se analizaron solo las especies endémicas de Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia confinadas a los cuerpos de agua de la región descrita. El criterio de estado de conservación se basó tanto en las condiciones ambientales de las localidades como en las presiones que afectan la presencia y distribución de éstas especies.

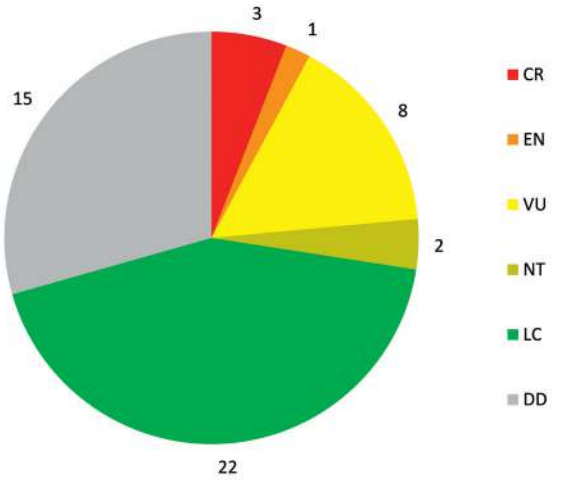
Las 51 especies seleccionadas son endémicas de Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia y habitan en humedales cuyas condiciones hídricas son más o menos fluctuantes en todo el gradiente altitudinal, desde los páramos altoandinos, tierras medias de los valles interandinos hasta la depresión amazónica. Son plantas vasculares agrupadas en helechos, hierbas, arbustos y árboles que de acuerdo a su hábito de crecimiento en el agua, pueden agruparse en cuatro bioformas básicas: arraigadas emergentes, arraigadas flotantes, flotantes libres o sumergidas, según la clasificación de Sculthorpe (1967). En el caso de los páramos, también se emplean las formas de vida cojín o tapete para describir a las comunidades de briofitos características de estos ambientes.

6.3 Estado de conservación

De las 51 especies endémicas analizadas, 12 (33.3% de las especies para las cuales existe información suficiente) se

encuentran en alguna categoría de amenaza, es decir En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerable (CR, EN, VU); 2 (5.5%) están Casi Amenazadas (NT); 22 (61.1%) serían de Preocupación Menor (LC) y 15 especies (29.5% del total de especies evaluadas) no cuentan con datos suficientes para evaluar su estado de conservación (DD) (Figura 6.1). Las especies amenazadas pertenecen a seis géneros y cinco familias, la mayoría Isoetaceae (6) y Podostemaceae (3), más una especie de cada una de las familias: Guttiferae, Compositae y Menyanthaceae (Tabla 6.1).

Figura 6.1 Estado de conservación de las 51 especies de plantas acuáticas endémicas para la región Andes del Norte. CR= En Peligro Crítico; EN= En Peligro; VU= Vulnerable; NT= Casi Amenazada; LC= Preocupación Menor; DD = Datos Insuficientes.



Una lista de todas las especies por orden y familia, incluyendo la categoría asignada, se presenta en el Apéndice 2.

6.4 Patrones de riqueza de especies

6.4.1 Especies endémicas

La mayor concentración de especies endémicas evaluadas habita en la región andina del centro-norte de Ecuador, en las cabeceras de los ríos Pastaza y Napo (Figura 6.2). Le sigue en Colombia, la región de la vertiente occidental de la cordillera Oriental, en las

Humedal a 4300 m de altitud en la Cordillera de Vilcanota, Perú, con el glaciar Quelccaya de fondo. Foto: © Blanca León.

Tabla 6.1 Especies de plantas acuáticas endémicas de los Andes Tropicales Amenazadas y Casi Amenazadas (NT).

Familia	Nombre científico	Distribución	Cat. LR
Isoetaceae	*Isoetes dispora*	Perú	CR
Isoetaceae	*Isoetes hewitsonii*	Perú	CR
Podostemaceae	*Apinagia peruviana*	Perú, Bolivia	CR
Menyanthaceae	*Nymphoides herzogii*	Bolivia	EN
Podostemaceae	*Apinagia boliviana*	Bolivia	VU
Compositae	*Baccharis hieronymi*	Ecuador	VU
Guttiferae	*Hypericum callacallanum*	Perú	VU
Isoetaceae	*Isoetes ecuadoriensis*	Ecuador	VU
Isoetaceae	*Isoetes herzogii*	Bolivia	VU
Isoetaceae	*Isoetes parvula*	Perú	VU
Isoetaceae	*Isoetes saracochensis*	Perú	VU
Podostemaceae	*Rhyncholacis nobilis*	Colombia	VU
Ebenaceae	*Diospyros nur*	Bolivia	NT
Lemnaceae	*Lemna yungensis*	Bolivia	NT

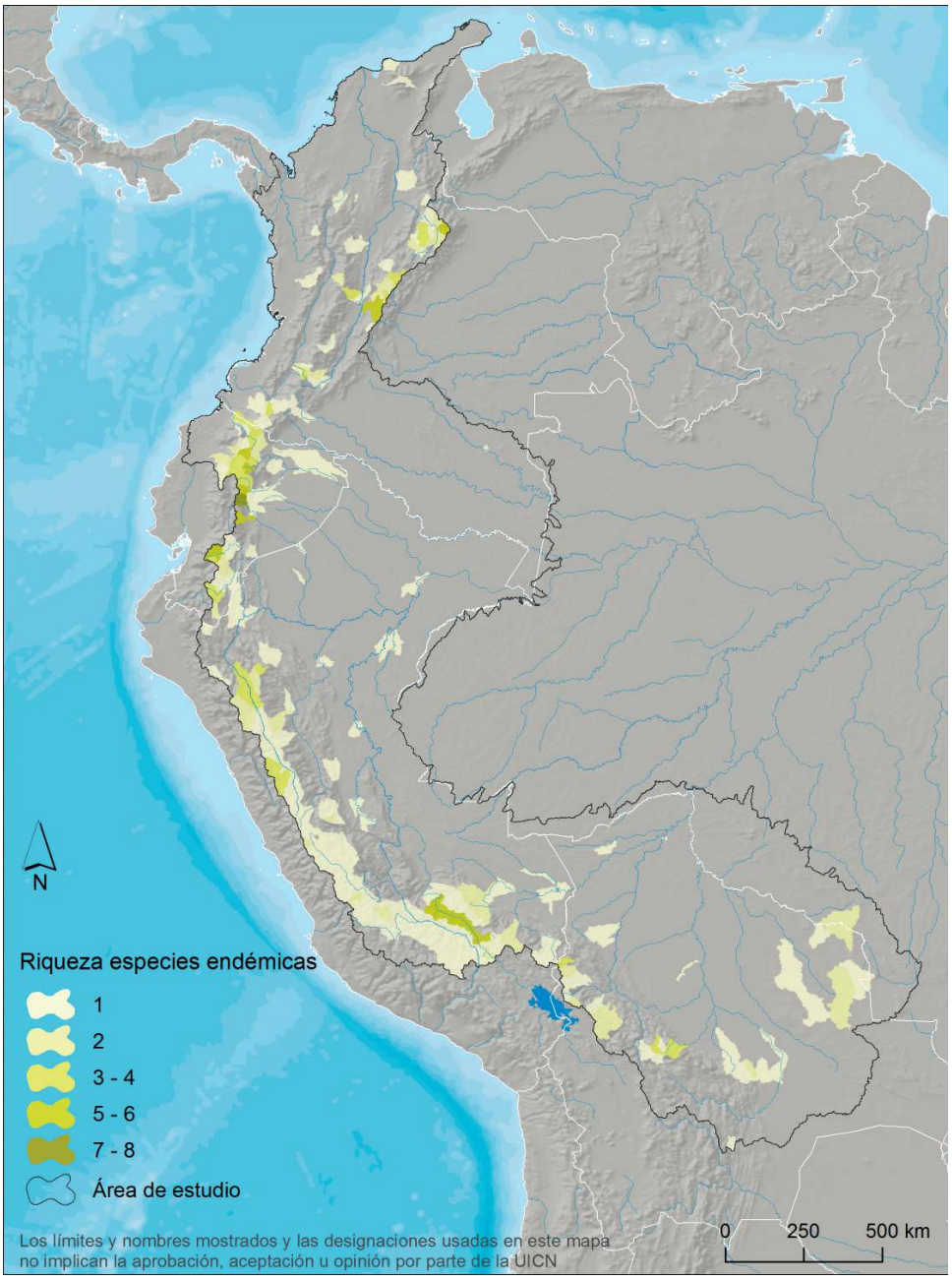


Figura 6.2 Patrón de riqueza de especies endémicas de plantas acuáticas (número de especies por sub-cuenca) en los Andes Tropicales.

cuencas del alto Magdalena, Sabana de Bogotá y río Sogamoso; en Perú en las cuencas del río Urubamba-Vilcanota, Marañón y Madre de Dios y en Bolivia en las cuencas altas de los ríos Beni y Mamoré (Figura 6.2).

6.4.2 Especies amenazadas

La mayor cantidad de especies amenazadas ha sido registrada en Perú (4 VU y 3 CR) seguido de Bolivia con dos (1VU y 1 EN), Ecuador (2VU) y Colombia (1 VU) (Tabla 6.1 y Figura 6.3). El patrón de distribución de las especies amenazadas es similar al de las endémicas; mayor concentración siempre en las cuencas altas de los ríos Marañón y Madre de Dios en Perú, ríos Napo y Pastaza en Ecuador y río Beni en Bolivia (Figura 6.3).

De las 12 especies endémicas amenazadas en los Andes Tropicales, seis pertenecen a la familia Isoetaceae endémicas de humedales altoandinos y tres pertenecen a la familia Podostemaceae exclusivas de raudales en ríos en tierras medias - bajas del piedemonte amazónico (Figura 6.3).

La familia Isoetaceae habita en humedales por encima de los 3000 m s.n.m y se conoce muy poco de su biología y estado poblacional. Su sensibilidad a los cambios en la calidad y cantidad de agua, la convierten en especie indicadora: a) del buen estado del balance hídrico; b) los efectos del cambio climático; c) los efectos de las actividades antropogénicas sobre los humedales altoandinos.

Las tres especies de la familia Podostemaceae habitan en ríos torrentosos a menos de 2000 m s.n.m. Su presencia es indicadora: a) del buen balance hídrico de estos sistemas lóticos; b) del buen estado de sus cabeceras o nacientes; c) de la alta calidad del agua – sin contaminación y/o sedimentación- por efecto de actividades

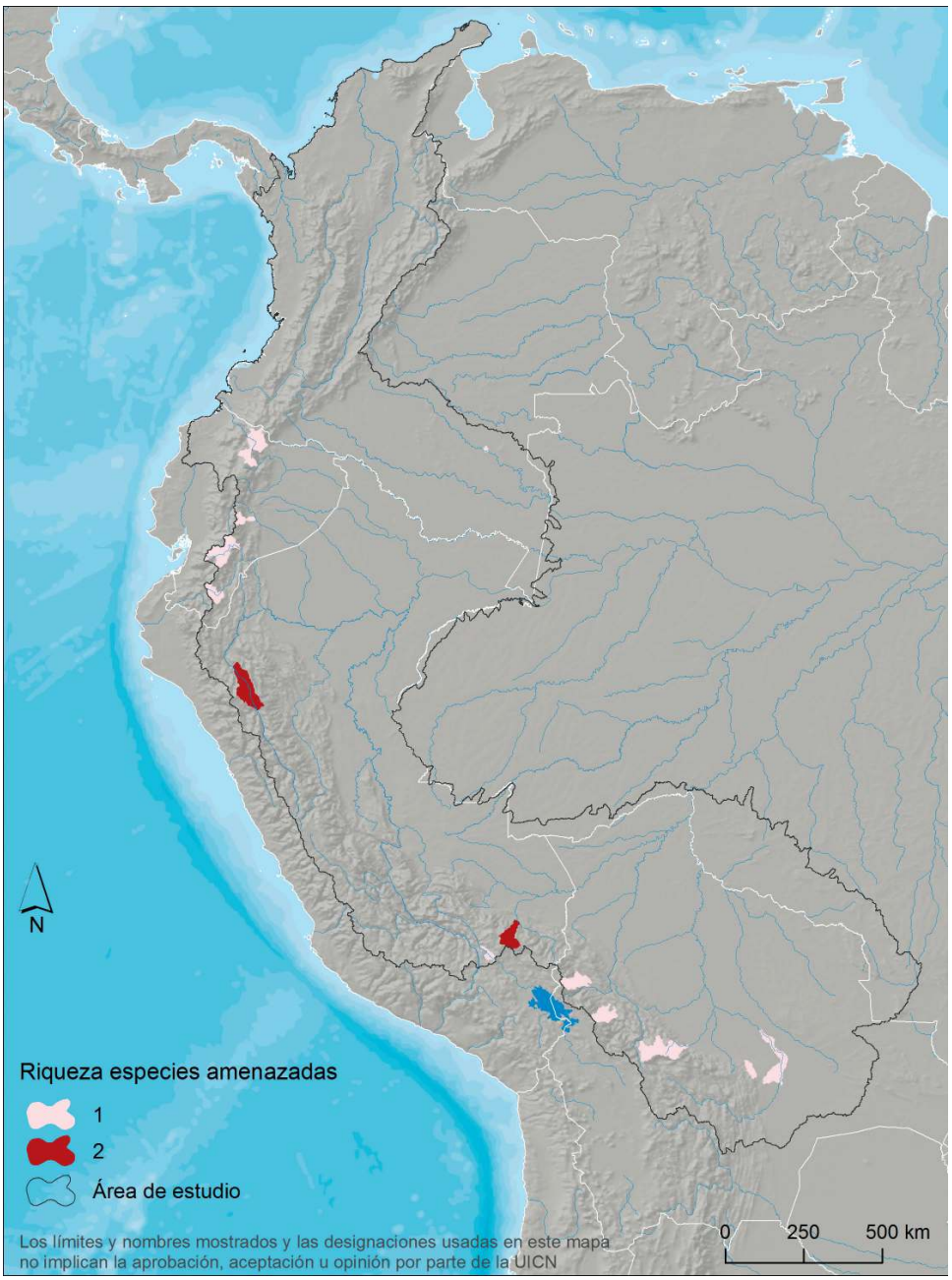


Figura 6.3 Patrón de riqueza de especies amenazadas de plantas acuáticas (número de especies por sub-cuenca) en los Andes Tropicales.

antropogénicas. Las tres especies En Peligro Crítico pertenecen también a estas dos familias que se describen a continuación.

ISOETACEAE: Familia monogenérica (*Isoetes*) perteneciente a los licófitos, que si bien no alcanza la riqueza de las zonas templadas (Hoot *et al.* 2006), en los trópicos se halla representada por 350 especies (Hickey *et al.* 2003). En Suramérica se han registrado 64 especies (Fuchs-Eckert 1982) sobre las cuales se tiene escaso conocimiento.

Las especies de *Isoetes* tienen metabolismo CAM (crasuláceas) (Keeley 1998) y cumplen su ciclo de vida en dos fases (esporofítica (2n) y gametofítica (n). Presentan tallo carnoso, alargado y discoidal, provisto de raíces ahorquilladas que se originan en una estructura central (cormo) y hojas arrosetadas sobre bases ensanchadas en donde se almacenan los esporangios. Las especies de los Andes tropicales pueden habitar sobre el sustrato de la vegetación graminoide o en cuerpos de agua someros hasta profundos. Son bioformas arraigada emergente y/o sumergida y su endemismo se relaciona con el aislamiento de sus poblaciones. Siete especies endémicas altoandinas están amenazadas en Perú, Bolivia y Ecuador.

Isoetes dispora Hickey (CR). Endémica de Perú. Licófito arraigado emergente conocido de una sola localidad, laguna Incahuasi (3300 m s.n.m) en la cuenca del río La Leche (vertiente Pacífica) al noroccidente del país, en los páramos de Jalca. No ha sido registrada desde inicios de 1980. Las amenazas reconocidas para esta especie son la expansión agrícola y la actividad minera.

Isoetes hewitsonii Hickey (CR). Endémica de Perú. Licófito arraigado emergente. Conocida solo de los ambientes de Jalca al

norte del país (3700 m s.n.m). No ha sido registrada desde 1970. Sus poblaciones ocupan menos de un kilómetro cuadrado y su hábitat es alterado por el pastoreo intensivo y el drenaje de los humedales.

Isoetes parvula Hickey (VU). Endémica de Perú. Licófito arraigado emergente. Conocida de una sola localidad en la divisoria de aguas entre la cuenca del Pacífico y la cuenca del río Ene, Ayacucho. Habita en suelos encharcados o anegados en laderas rocosas. La actividad minera es la principal amenaza potencial para esta especie.

Isoetes saracochensis Hickey (VU). Endémica de Perú. Licófito sumergido. Poblaciones dispersas en lagunas sobre los 3950 m s.n.m. al sur del Perú. Sus poblaciones son afectadas por el drenaje de los humedales y la contaminación por la minería.

Isoetes herzogii Weber (VU). Endémica de Bolivia. Licófito arraigado emergente. Habita entre los 2600-4700 m s.n.m. En lagunas y riachuelos someros en el Altiplano, en bosques de la vertiente oriental o sumergido más de 50 cm de profundidad, generalmente en poblaciones densas (Ritter 2000). Las amenazas a sus poblaciones provienen de actividades agrícolas, acuicultura y pastoreo de humedales.

Isoetes ecuadoriensis Aspl. (VU). Endémica de Ecuador. Licófito arraigado emergente. Colectado por primera vez en la laguna de Mojanda en 1920. Distribuida en áreas lacustres de los páramos entre 3000-4000 m s.n.m. Registrada en las reservas ecológicas Cayambe-Coca; Cotacachi-Cayapas y en el Parque Nacional Podocarpus, lagunas Arreviatadas, al sur del país en Zamora Chinchipe. Habita en zonas pantanosas, bordes de lagunas y riachuelos andinos (Navarrete *et al.* 2011). Las principales amenazas para la especie son la desecación de los humedales y el sobrepastoreo del ganado. Podría también estar afectada por la construcción de represas en la región, que alteran el flujo de agua y el micro-hábitat de la especie (Terneus y Vásconez 2004).

PODOSTEMACEAE: Plantas dicotiledóneas con rizoides en la superficie radicular y hapterios que secretan polisacáridos para la adherencia al sustrato rocoso, en cursos de agua torrentosos. Generalmente con dos ecofases: acuática (vegetativa) como arraigada sumergida y terrestre (reproductiva), como arraigada emergente al descender el nivel del agua, quedando expuestas al aire flores y frutos para la polinización y dispersión respectivamente (Rial 2014). Tres especies endémicas están amenazadas en ríos de tierras medias en las vertientes amazónica y pacífica de Perú, Bolivia y en un río de tierras bajas de Colombia.

Apinagia peruviana Wedd. ex Engl. (CR). Hierba arraigada sumergida y emergente, conocida originalmente de la cuenca del río San Gabán al sur oriente del Perú y registrada también en Bolivia en el Parque Nacional Madidi (945-1330 m s.n.m). Su único registro en el Perú proviene del siglo XIX. Amenazada por la presencia de hidroeléctricas en las dos cuencas conocidas: Beni y San Gabán.

Apinagia boliviana P. Royen (VU). Endémica de Bolivia. Hierba arraigada sumergida y emergente, conocida de pocos sitios en las cuencas del Apolobamba y Coroico. Habita entre 945-1330 m s.n.m Localmente abundante (Ritter 2000). La amenaza principal son las represas que afectan la fluctuación natural del nivel de aguas.

Rhyncholacis nobilis van Royen (VU). Endémica de Colombia. Hierba arraigada sumergida y arraigada flotante (ecofases). Conocida solo de los raudales Yuruparí del río Vaupés (250-400 m s.n.m). Un solo registro –repatriado- en Colombia (SiB-IAvH). Ha pasado de la categoría DD a VU debido a su distribución restringida, a la ausencia de datos desde su colección en 1943 y a la amenaza que supone la explotación ilegal de oro y coltán en su área de distribución.

Otras tres especies amenazadas pertenecen a las familias, Menyanthaceae, Compositae y Guttiferae (Tabla 6.1). Una se distribuye en las tierras bajas de la vertiente amazónica de Bolivia, una en ambientes palustres de Perú y una en los páramos de Ecuador.

Nymphoides herzogii A. Galán y G. Navarro (EN). Endémica de Bolivia. Hierba arraigada flotante conocida de unas pocas localidades en Santa Cruz de la Sierra. Habita en lagunas someras de tierras bajas (De la Barra 2003) menos de 500 m s.n.m. (Jørgensen *et al.* 2014). Las amenazas a sus poblaciones provienen de la contaminación de aguas por efluvios de aguas servidas y de actividades agrícolas y forestales.

Hypericum callacallanum N. Robson (VU). Endémica de Perú. Hierba o frútice arraigado emergente, conocido de ambientes palustres en la cuenca del río Marañón-Utcubamba y en ecotonos de pajonal a bosque montano entre 3000 y 3700 m s.n.m. Amenazas probables incluyen modificación de su hábitat por actividades mineras.

Baccharis hieronymi Heering (VU). Endémica de Ecuador. Arbusto arraigado emergente, habita en suelos anegados de bosque andino alto hasta páramo arbustivo entre 3000-3500 m s.n.m. Solo cinco colecciones; los tres últimos ejemplares colectados en el año 2000 en las carreteras Chiquintad-Labrado; Gualaceo-Limón y Baños-Nero. También ha sido registrada en la presa Chanlud (Barriga *et al*. 2011), en la provincia del Azuay al sur del Ecuador. Probablemente presente en el Parque Nacional Cajas. Dos especímenes preservados en el Herbario Nacional (QCNE) en Quito (Barriga *et al*. 2011). Las amenazas a sus poblaciones provienen de su uso para leña.

Dos especies endémicas de Bolivia y pertenecientes a dos familias (Ebenaceae y Lemnaceae) se encuentran en la categoría de Casi Amenazadas (NT). Una se encuentra en el bosque inundable amazónico (*Diospyros nur*) y una es endémica de yungas (*Lemna yungensis*).

Diospyros nur B. Walln. (NT). Endémica de Bolivia. Árbol de las llanuras inundables del Beni (160-220 m s.n.m) en bosques amazónicos de ríos de aguas claras (*sensu* Sioli 1984). Si bien se desconocen las amenazas a su población, esta estaría compuesta de un poco más de 1000 individuos.

Lemna yungensis Landolt (NT). Endémica de Bolivia. Hierba flotante libre que habita en las yungas. Se considera una especie rara que solo ha sido registrada en una localidad de La Paz a 2400 m s.n.m Amenazada por el avance de la agricultura y la actividad forestal.

6.4.3 Especies con Datos Insuficientes (DD)

De las 51 especies evaluadas, 15 carecen de datos sobre su abundancia y distribución (DD) y su patrón de riqueza es similar al de las especies endémicas. Seis son endémicas de Colombia y habitan entre los 170 y más de 4000 m s.n.m. incluyendo una especie de la cuenca endorreica del lago de Tota. Se distribuyen principalmente en la cuenca alta del río Magdalena en Colombia, los ríos Pastaza y Napo en Ecuador, Marañón en Perú y Beni en Bolivia (Figura 6.4). La mayoría habita en lagunas y humedales andinos por encima de los 2000 m s.n.m., las ocho especies restantes se distribuyen en los humedales medios y bajos de la vertiente amazónica o Pacífica de los Andes.

Isoetes colombiana (T.C. Palmer) H.P. Fuchs. (DD). Endémica de Colombia. Ha sido registrada en quebradas y lagunas entre 3600 y 4400 m s.n.m. en los departamentos del Magdalena, Tolima y Boyacá; fuera de áreas protegidas.

Dicranopygium goudotii Harling (DD). Endémica de Colombia. Ha sido registrada en quebradas y ríos entre 170 y 330 m s.n.m. en los departamentos de Antioquia y Nariño.

Eleocharis columbiensis L.E. Mora. (DD). Endémica de Colombia. Especie arraigada emergente. Cuatro registros de hace tres décadas en una sola localidad del lago Tota (3040 m s.n.m.) en Boyacá, actualmente amenazada por el avance agrícola.

Eclipta leiocarpa Cuatrec. (DD). Endémica de Colombia. Un solo ejemplar colectado en 1940 en el río Bogotá, aunque se desconoce exactamente en cuál tramo del río.

Callitriche quindiensis Fassett (DD). Endémica de Colombia. Un solo ejemplar colectado en 1951 en el páramo del Quindío en el departamento homónimo.

Montia biapiculata Lourteig (DD). Endémica de Colombia. Ha sido registrada en humedales de los departamentos de Cundinamarca (Sumapaz, Chisaca, Alto Caicedo, Paramo Palacio, Paramo Sumapaz) y Meta (Sumapaz, Hoya Sitiales).

Isoetes eshbaughii Hickey (DD). Endémica de Bolivia. Un solo ejemplar colectado en una laguna de la localidad de Ayopaya en Cochabamba.

Dicranopygium goudotii, especie endémica de Colombia, registrada en el medio Magdalena. Foto: © Cornelio Bota-Sierra.

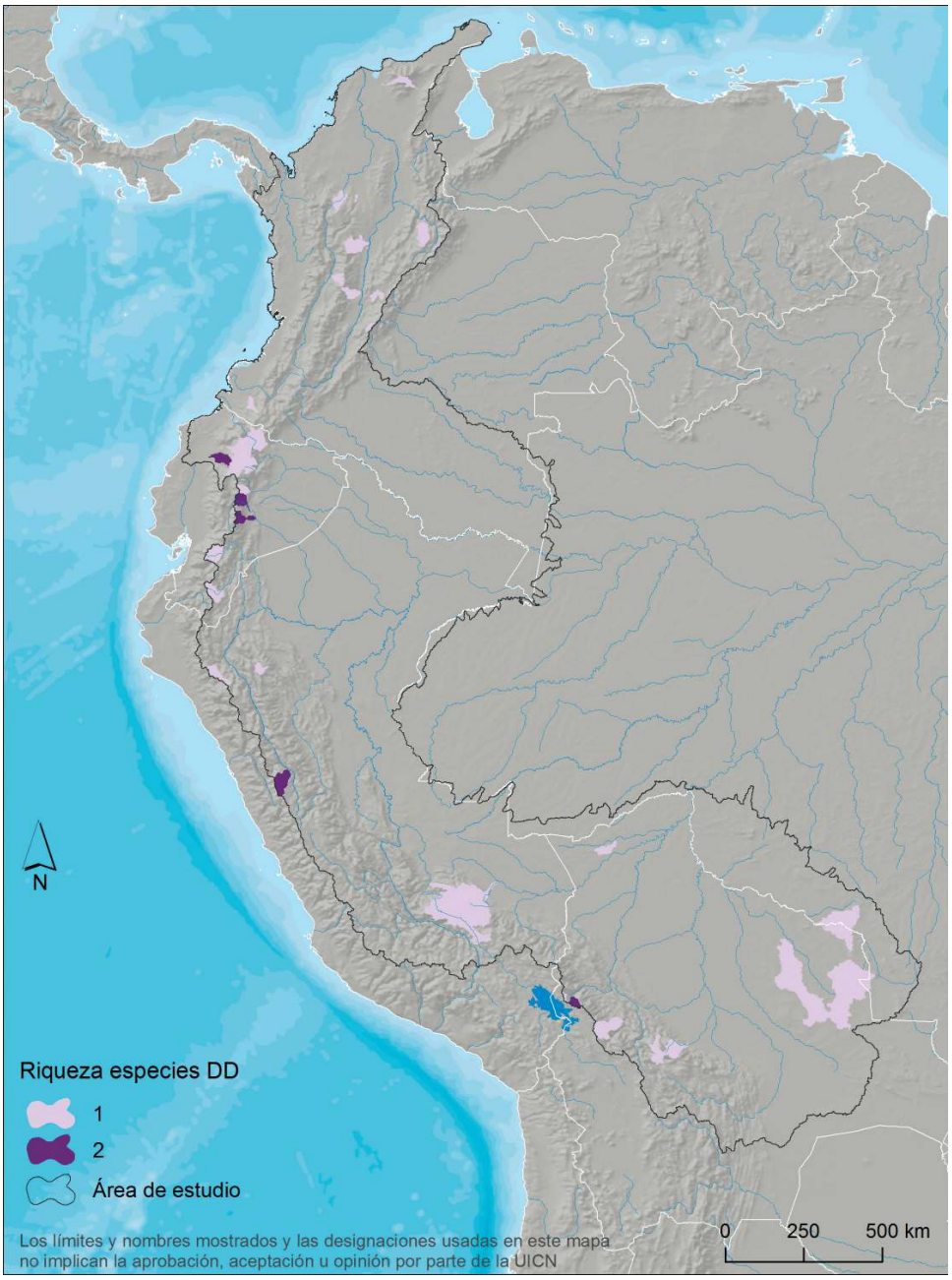


Figura 6.4 Patrón de riqueza de especies de plantas acuáticas con Datos Insuficientes (número de especies por sub-cuenca) en los Andes Tropicales.

Apinagia fluitans P. Royen (DD). Endémica de Bolivia. Conocida de pocos especímenes en la cuenca del Beni, departamento de Pando.

Ranunculus bangii Lourteig (DD). Endémica de Bolivia. Dos colecciones provenientes de humedales altoandinos en el departamento de La Paz, provincia Murillo.

Puya laccata Mez. (DD). Endémica de Perú. Un solo ejemplar colectado en humedales altoandinos ("turbera") de las partes altas del valle del río Monzón a inicios del siglo XX. Sus poblaciones probablemente estén amenazadas por la expansión de agricultura.

Byrsonima riparia W. R. Anderson (DD). Arbusto o árbol bajo de los bosques de *várzea* en las cuencas del Chaco boliviano en la provincia de Santa Cruz y, posiblemente, en cuencas vecinas en Rondonia o Mato Grosso, Brasil.

Polygonum peruvianum Meissn. (DD). Hierba conocida de Ecuador y Perú. Descrita originalmente de un ejemplar recolectado en el nororiente del Perú en la cuenca del Marañón.

Juncus subulitepalus Balslev (DD). Conocida de Ecuador, Perú y Bolivia. Ha sido registrada en humedales naturales y perturbados en unas pocas localidades de estos tres países entre 3500 y 3600 m s.n.m

Callitriche heteropoda Engelm. ex Hegelm. (DD). Distribuida en Ecuador, Perú y Bolivia. Ha sido registrada en humedales estacionales entre 1200 y 4600 m s.n.m.

Isoetes lechleri en Parque Nacional Río Abiseo, Perú.
Foto © Blanca León.

Desmodium subsecundum Vogel (DD). Endémica de Bolivia. Ha sido registrada en humedales de tierras bajas en el departamento de Santa Cruz (500 m s.n.m). Las quemas recurrentes pueden afectar sus poblaciones.

Se destacan también dos especies de *Isoetes* en la categoría LC que merecen atención.

Isoetes bischlerae H. P. Fuchs (LC) Endémica de Colombia. A pesar de su distribución a lo largo de la cordillera en los departamentos de Nariño, Cauca, Cundinamarca y Boyacá, es poco conocida y algunos de sus frágiles hábitats altoandinos en los páramos de Pisba y La Sarna son áreas mineras activas, especialmente de carbón.

Isoetes lechleri Mett. (LC). Distribuida en los humedales altoandinos de Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Si bien está distribuida en lagos y lagunas permanentes de la cordillera andina y ha sido registrada en áreas protegidas de Perú y Colombia, en Bolivia ha sido incluida en el Libro Rojo de especies amenazadas.

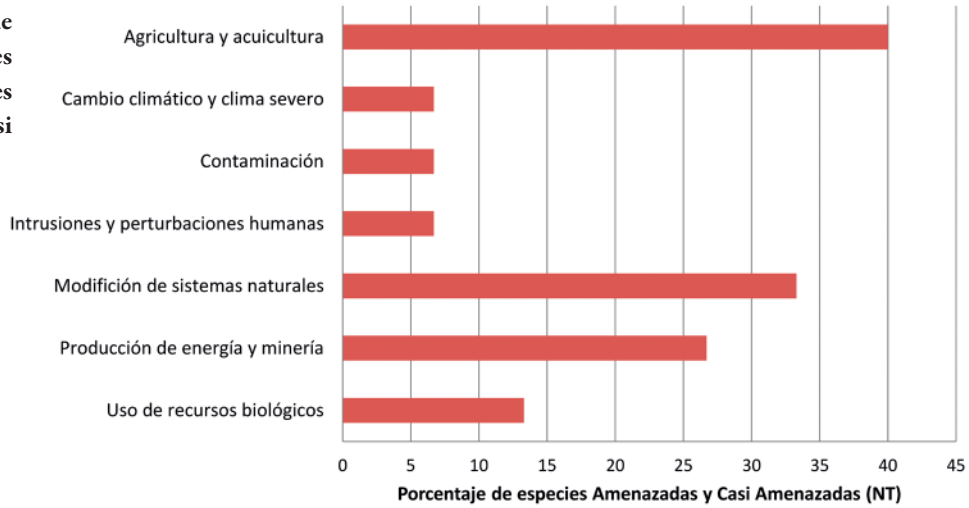
6.5 Principales amenazas

Siguiendo el esquema de clasificación de amenazas acordado por el Consorcio para Medidas de Conservación basado en Salafsky *et al*. (2008), las principales amenazas directas para las plantas acuáticas Amenazadas y Casi Amenazadas de los Andes Tropicales son la agricultura y la acuicultura (40%), la modificación de los sistemas naturales (34%), la producción de energía y la minería (27%) y el uso de los recursos biológicos (13%). Otras amenazas importantes presentes son la contaminación, el cambio climático y las intrusiones humanas (Figura 6.5).

6.5.1 Agricultura y acuicultura

Los impactos del pastoreo y/o las quemas que preceden a la siembra en los diferentes ecosistemas andinos, incluyendo rosetales, pajonales y humedales altoandinos, han sido documentados entre otros por Hofstede (1995), Verweij (1995), Molinillo y Monasterio (1997) y Suárez y Medina (2001). En Ecuador, la introducción de llamas y alpacas en remplazo del ganado vacuno, no ha disminuido la presión sobre estos ecosistemas. Si bien el deterioro del suelo ha sido menor con la introducción de estos camélidos, no deja de ser una amenaza permanente la expansión de su cría. Postigo *et al*. (2008) mostraron que la asociación actual entre el pastoreo de camélidos sudamericanos y los pantanos altoandinos en el Perú, refleja la

Figura 6.5 Principales factores de amenazas que afectan a las especies de plantas acuáticas de los Andes Tropicales amenazadas y Casi Amenazadas (NT).



presión sobre estos ecosistemas y su dependencia con el origen y disponibilidad de las aguas que los mantienen. Los humedales altoandinos en Perú y Bolivia incluyen cuerpos de agua artificiales, creados y manejados por el ser humano y de cuyas decisiones de manejo depende el paisaje (Verzijl y Guerrero-Quispe 2013, Villarroel *et al*. 2014). La complejidad de estas interacciones debe considerarse por tanto, en el diseño de las estrategias de conservación de las especies acuáticas amenazadas. Por otra parte, la deforestación y los incendios forestales con diversos propósitos amenazan a *Baccharis hieronymi* (VU) y a *Distichia acicularis* (NT) cuyas poblaciones son relativamente pequeñas.

6.5.2 Modificación de sistemas naturales

La transformación de los humedales causada por la construcción de represas, la captación de agua para agricultura y la desecación para la ganadería, elimina el hábitat de las plantas acuáticas en los Andes Tropicales. La interrupción del caudal de los ríos en zonas altas de la cordillera, así como la minería en el piedemonte amazónico, amenazan la supervivencia de *Apinagia peruviana* (CR), *A. boliviana* (VU) y *Rhyncholacis nobilis* (VU). El estudio realizado por Terneus y Vásconez (2004) pone en evidencia que la construcción de represas y carreteras, el ganado y los asentamientos humanos cercanos a las fuentes de agua primaria, han puesto en riesgo a las poblaciones de plantas acuáticas endémicas de los Andes, debido a la sedimentación y a la disminución de los caudales originales.

Otras especies de Isoetaceae como *I. colombiana* e *I. bischlerae* en Colombia, e *I. andina, I. ecuadoriensis* e *I. lechleri* en Ecuador (Jacobsen y Terneus 2001, Terneus 2001, 2002a, b), están en peligro por la construcción de diques, presas y carreteras. Este impacto es uno de los más agudos en la última década.

6.5.3 Producción de energía y contaminación

La contaminación de los cuerpos de agua es la mayor amenaza sobre *Nymphoides herzogii* (EN) y *Eleocharis columbiensis* (DD). La causa mayor es la presión antropogénica sobre humedales cercanos a centros poblados. La alteración de la calidad y cantidad de agua y la desaparición de microhábitats, son impactos adicionales si tenemos en cuenta que estas especies han sido registradas solo en una localidad.

La minería y los proyectos energéticos en hábitats altoandinos del Perú ponen en peligro la supervivencia de *Isoetes dispora* (CR), *I. hewitsonii* (CR) e *I. parvula* (VU) especies exclusivas de estos humedales a más de 3500 m.s.n.m. Para otras especies endémicas de *Isoetes* que habitan en Colombia y Ecuador estas actividades pueden significar la completa desaparición de su hábitat, pues ya hay registros de la degradación de su estructura y función.

6.6 Acciones de conservación y recomendaciones

6.6.1 Promover la investigación

Fomentar estudios específicos y facilitar el acceso a la información. Esta evaluación ha resaltado los vacíos de información y los retos de investigación. El conocimiento de la flora acuática es dispar en las diversas ecorregiones y humedales y sabemos muy poco sobre las interacciones y la biología de las especies. Esta falta de información sobre la historia natural, características de sus poblaciones y ecología son limitantes para la planificación de su conservación y en este caso, para su precisa categorización.

Promover la investigación y la divulgación de resultados. En comparación con los ecosistemas terrestres, los acuáticos han sido menos estudiados. Esto es especialmente notable en los países andinos, en donde además y en general, siguen siendo desestimados, desecados y contaminados por actividades agropecuarias y urbanísticas planificadas.

Promover el acceso a los hábitats con fines de investigación. La imposibilidad de llegar a ciertos humedales, ha impedido su estudio en localidades con limitaciones de orden público o amenazados por actividades ilegales de minería, como en el

Impactos de la construcción de represas y diques sobre las fuentes de agua primarias en la laguna de Mogotes, páramo de Papallacta en Ecuador. Foto © Esteban Terneus.

caso de las Podostemaceae en Colombia. Tal deficiencia de datos puede subestimar el grado de amenaza y el riesgo que supone la alteración permanente de estos hábitats. Las alianzas interinstitucionales pueden promover expediciones conjuntas a regiones de difícil acceso que requieren logísticas complejas y/o costosas. En Ecuador se propone la zona sur del país, las vertientes altoandinas occidentales y la zona de los Llanganates. Colombia y Perú pueden contribuir al estudio de las plantas acuáticas de la familia Podostemaceae que se adelanta en la región (Phillbrick *et al.* 2010).

Ampliar la investigación y monitoreo en áreas urbanas. En los humedales cercanos a centros poblados y con intenso desarrollo agropecuario, como Bogotá y sus cercanías, la información sobre las poblaciones y la ecología de especies catalogadas (DD) es escasa. La mayoría ha sido registrada en una sola localidad como en el caso de *Eleocharis columbiensis* y *Eclipta leiocarpa* en el lago Tota y el río Bogotá, respectivamente. Más grave aún es el caso de *Nymphoides herzogii* (EN) en las cercanías de la poblada Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, donde se han registrado solo dos subpoblaciones de esta especie poco común. La proximidad de estos hábitats a los centros de investigación y la facilidad logística que suponen las áreas urbanas, debería ser aliciente para el estudio y monitoreo de estos humedales y sus comunidades de plantas acuáticas.

Río Bogotá en su paso por fincas ganaderas en las cercanías de la ciudad. Foto© Anabel Rial.

6.6.2. Potenciar su cualidad bioindicadora para el estudio integral humedal-flora

Emplear la capacidad bioindicadora de las plantas acuáticas para promover investigación y conservación. Además de su importancia como organismo y recurso hidrobiológico, las plantas acuáticas señalan la presencia, límites y estado de conservación de los humedales. Por tanto, su evaluación también calificaría el hábitat. De acuerdo con esto, se debe asumir integralmente el estudio de ambos, humedal-flora, especialmente si se extrapola a toda la región la estimación del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales en Colombia en cuanto a la desaparición de las zonas cubiertas de nieve en 2030 y de los páramos en 2050.

6.6.3. Identificar hábitats clave - analizar la eficacia y cobertura de las áreas protegidas

Identificar hábitats clave. Ubicar y verificar el estado de conservación de humedales, hábitats y potenciales especies amenazadas. Esto puede vincularse a las Áreas Clave para la Biodiversidad (ACB), a los sitios de la Alianza para la Extinción Cero (AZE), a las especies de importancia para las aves (IBAs) y en general a series de datos e información espacio-temporal recopilados por especialistas de la región.

Ampliar y mejorar el desempeño de las Áreas Protegidas. Solo una parte de la biodiversidad de plantas acuáticas de alta montaña habita en estas áreas. En Colombia menos del 39% de los páramos son Parques Nacionales Naturales y el 8% tiene usos agrícolas, incluso pecuarios. Los monocultivos de papa se extienden a lo largo de la cordillera andina y los cambios en el microclima y la composición de especies ya son notables. Reconocer que el cambio del uso de estos suelos modifica el balance hídrico y contamina con agroquímicos y pesticidas no solo *in situ* sino aguas abajo, es el primer paso para proteger estos ambientes. León y Young (1996) resaltaron la escasa relación entre la presencia de humedales protegidos y la falta de garantías para mantener la contaminación de aguas por debajo de los límites permitidos. Las Áreas Protegidas no siempre aseguran la supervivencia de las especies. En Ecuador, el 87% de las lagunas –hábitat de especies de esta evaluación- forman parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, sin embargo muchas han sido represadas o transformadas por el paso de carreteras, lo que ya ha restringido la distribución de algunas especies (Terneus 2001). En Perú y Bolivia las condiciones son similares respecto al escaso desempeño de estas áreas en la protección de humedales y su flora. En los Andes del Perú, los bosques inundados están protegidos en el 23% del territorio (Rodríguez y Young 2000), no así la puna cuya representación es del 2% en el Sistema de Áreas Protegidas, por lo que es necesario aumentar esta cobertura.

6.6.4. Atender los efectos del cambio climático

Los cambios en los patrones de lluvia y el aumento de la temperatura que implica el calentamiento de la tierra (WRI,

1998), implicará sin duda alteraciones del balance hídrico en la región. La reducción de la precipitación, de la humedad relativa y de la cantidad de días con niebla (Ruiz *et al*. 2008), determinará nuevas condiciones en los ecosistemas altoandinos. En consecuencia, estas especies tendrán que adaptarse o si es posible, migrar hacia zonas más altas que mantengan las condiciones de hábitat para su desarrollo, de lo contrario desaparecerán.

Por otra parte, la disminución de las fuentes proveedoras de agua (deshielos, riachuelos, vertientes) y la continua lixiviación y deposición de sedimentos en los cuerpos de agua, conduce a su colmatación y al cambio en el patrón de circulación. En el caso de las lagunas, pueden convertirse en pequeños riachuelos. En otros casos menos lluvia y más evaporación significará reducción de su volumen a lo largo de las cuencas hidrográficas.

6.6.5. Registrar periódicamente el estado de conservación de especies y hábitats en riesgo potencial

Si bien las especies acuáticas excluidas de este análisis son de más amplia distribución, en muchos casos se trata de poblaciones reducidas y dispersas dentro de su rango regional. Estas especies también son susceptibles a las amenazas cada vez mayores y más extendidas. Por ejemplo, *Lachemilla diplophylla*, una especie presente en poblaciones pequeñas en sitios inundados de más de diez localidades tanto en Perú como en Bolivia y Ecuador. Otras especies no incluidas en esta evaluación, se consideran en riesgo de desaparición en Ecuador, lo que supone un indicativo del patrón de extinción latitudinal desde el ecuatorial hacia las zonas templadas, influenciado principalmente por el cambio climático. Es el caso de *Lachemila diplophylla* y una especie no identificada del género *Utricularia* sp., cuyos últimos registros -de poblaciones reducidas- datan del año 2000. La primera fue colectada en la laguna Micacocha antes de su represamiento y en una de las lagunas de El Cajas, en la provincia del Azuay. La segunda ha sido reportada solo una vez en las lagunas de El Voladero, al norte del Ecuador (Terneus 2002a). Por lo tanto, se recomienda monitorear el estado de las poblaciones de estas especies a niveles nacionales y regionales para evitar así extinciones locales.

6.6.6. Ampliar las alianzas para la conservación

Los países con plantas acuáticas endémicas o exclusivas, son especialmente responsables de su protección. Evitar su extinción es una de las metas de Aichi del Convenio sobre la Diversidad Biológica para el 2020 (https://www.cbd.int/sp/targets/). Por consiguiente, se debe aportar lo necesario para el buen manejo y conservación de los humedales y sus tierras aledañas, así como para la implementación de leyes que preserven la diversidad de ambientes y su flora.

En Ecuador, desde hace quince años, el estatus de conservación de las especies endémicas es igual de alarmante (Valencia *et al*. 2000); esto ocurre a pesar de los esfuerzos del estado ecuatoriano por incrementar la superficie (20%) y el número de áreas protegidas (50) privadas y estatales. Para esta y otras tareas relacionadas con el conocimiento y conservación de las plantas acuáticas y sus hábitats en la región, se propone emprender y ampliar actividades regionales concretas (Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia), convenios e intercambios específicos de cooperación, investigación y formación de talento. Un objetivo de amplio alcance consiste en determinar los efectos del cambio climático en los patrones de distribución de las especies endémicas, desde las zonas de línea ecuatorial hacia los extremos latitudinales, como indicador de la mayor incidencia del calentamiento global sobre las zonas tropicales.

De forma similar, las especies de plantas acuáticas altoandinas podrían incorporarse a la metodología de la Red GLORIA-Andes (Red Andina de Monitoreo de la Biodiversidad en Alta Montaña), como elemento de monitoreo regional y de evaluación del cambio climático. También el alcance de acción de la convención Ramsar puede contribuir a la conservación de las comunidades de plantas acuáticas, a la selección de criterios y al establecimiento de nuevos sitios para la protección de la flora acuática de esta región. Se espera que la Estrategia Regional para los Humedales Altoandinos, las Organizaciones no Gubernamentales y los gobiernos de cada país puedan emplear estas ideas para fomentar alianzas y proyectos de investigación y monitoreo de los humedales y sus plantas acuáticas en esta región, la más biodiversa del planeta.

6.7 Referencias

Abbott, M.B., Binford, M.W., Brenner, M. and Kelts, K.R. 1997. A 3500 14 C yr high-resolution record of water-level changes in Lake Titicaca, Bolivia/Peru. *Quaternary research*, 47(2): 169-180.

ANA-Autoridad Nacional del Agua. 2014. *Inventario nacional de glaciares y lagunas. Ministerio del Ambiente*.

Arias, V. y Terneus, E. 2012. *Análisis del marco legal e institucional para caudales ecológicos en el Ecuador*. Centro Ecuatoriano de derecho Ambiental (CEDA); Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y Secretaría nacional del Agua (SENAGUA). Quito, Ecuador.

Barriga, P., Toasa, G. y Montufar, R. 2011. Familia Asteraceae. En: S. León-Yánez, R. Valencia, N. Pitman, L. Endara, C. Ulloa y H. Navarrete (eds.) *Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador, 2 da. Edición*. Publicaciones del Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.

Beck, S. G. 1984. Comunidades vegetales de las sabanas inundadizas en el NE de Bolivia. *Phytocoenologia* (2/3): 321-350.

Bernal, R., Gradstein, S.R. y Celis, M. (eds.) 2016. *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co/catalogo/

Bush, M.B., Mosblech, N.A.S. y Church, W. 2015. Climate change and the agricultural history of a mid-elevation Andean montane forest. *The Holocene*, 25(9): 1522-1532.

CEPF-Critical Ecosystem Partnership Fund. 2015. *Perfil de ecosistema. Hotspot de biodiversidad de los Andes Tropicales*. Preparado por NatureServe y EcoDesición. Supervisado por Michele Zador, Fondo de Alianzas para los Ecosistemas Críticos.

Chambers, P.A., Lacoul, P., Murphy, K.J. y Thomaz, S.M. 2008. Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. *Hydrobiologia*, 595(1): 9-26.

Chaparro, R.B. 2003. Reseña de la vegetación en los humedales de la sabana de Bogotá. En*: Los humedales de Bogotá y la Sabana.* Acueducto de Bogotá, Conservación Internacional-Colombia. Pp. 71-89. Bogotá, Colombia.

Cleef, A. M. 1981. *The vegetation of the páramos of the Colombian Cordillera Oriental*. Dissertationes Botanicæ 61, Cramer, Vadu, Liechtenstein.

Cleef, A.M., Rangel-Ch, O. y Arellano, H. 2008. The paramo vegetation of the Sumapaz massif (Eastern Cordillera, Colombia). En: T. van der Hammen (ed.) *Studies on Tropical Andean Ecosystems*. Vol. 7. Instituto geografico "Agustin Codazzi" (IGAC), Germany.

Cooper, D.J., Wolf, E.C., Colson, C., Vering, W., Granda, A. y Meyer, M. 2010. Alpine peatlands of the Andes, Cajamarca, Peru. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 42: 19-33.

Cortés, S. y Rangel-Ch., O. 1999. *Relictos de la vegetación en la sabana de Bogotá*, Memorias del 1er Congreso Colombiano de Botánica (versión CD Rom) ICN. UNA. Diagnóstico ambiental y conservación de la BD en la cuenca alta del río Bogotá.

Cuatrecasas, J. 1968. Páramo vegetation and its life forms. En: C. Troll (ed.) Geo-ecology of the mountainous regions of the tropical Americas. *Coll. Geographicum,* 9: 163-186.

Cuello, N. y Cleef, A. 2009. The páramo vegetation of Ramal de Guaramacal, Trujillo State, Venezuela. 2. Azonal vegetation. *Phytocoenologia,* 39 (4): 389-409.

De la Barra, N. 2003. Clasificación ecológica de la vegetación acuática en ambientes lacustres de Bolivia. *Revista boliviana de ecología,* 13: 65-93.

Durán-Suárez, L.R., Terneus-Jácome, H.E., Gavilán-Díaz, R.A. y Posada-García, J.A. 2011. Composición y estructura de un ensamble de plantas acuáticas vasculares de una represa alto andina (Santander), Colombia. *Actualidades Biológicas*, 33(94): 51-68.

Endress, B.A., Horn, C.M. y Gilmore, M.P. 2013. *Mauritia flexuosa* palm swamps: Composition, structure and implications for conservation and management. *Forest Ecology and Management,* 302: 346-353.

Fernández, A.R., Gonto, G., Colonnello, C., Agudelo y Sarmiento, C. 2014. Turberas Altoandinas. En*:* C.A. Lasso, A. Rial, G. Colonnello, A. Machado-Allison y F. Trujillo (eds.) *XI. Humedales de la Orinoquia (Colombia- Venezuela). Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia*, pp. 245-246. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.

Franco, R., Rangel-Ch. O. y Lozano-C, G. 1986. Estudios ecológicos en la Cordillera Oriental–II. Las comunidades vegetales de los alrededores de la Laguna de Chingaza (Cundinamarca). *Caldasia,* 15 (71-75): 219-248.

Franco, V.L., Delgado, J. y Andrade, G. 2013. Factores de la vulnerabilidad de los humedales altoandinos de Colombia al cambio climático global. Cuadernos de Geografía. *Revista Colombiana de Geografía*, 22(2): 69-85.

Fritz, S.C., Baker, P.A., Tapia, P., Spanbauer, T. y Westover, K. 2012. Evolution of the Lake Titicaca basin and its diatom flora over the last ~370,000 years. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology,* 317: 93-103.

Fuchs-Eckert, C. 1982. Zur heutigen Kenntnis von Volkommen und Verbreitung der. Sudamerikanischen Isoetes. *Arten. Proc. Kon. Nederl Akad. Wetensch.,* 85(2): 205-260.

Granés, A. 2004. *Caracterización florística y fisionómica de la vegetación del humedal de Jaboque*. Trabajo de Grado, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. Colombia.

Guzmán, A. 2002. *Vegetación acuática del humedal de Córdoba, localidad de Suba, Bogotá*. Tesis de Grado. Facultad de estudios ambientales y rurales. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.

Guzmán, A. 2012. *Plantas de los humedales de Bogotá y del valle de Ubaté*. Fundación Humedales, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Fondo Hugo de Vries. Bogotá.

Haase, R. 1989. Plant communities of a savanna in northern Bolivia I. Seasonally flooded grassland and gallery forest. *Phytocoenologia,* 18(1): 55-81.

Hickey, R.J., Macluf, C. y Taylor, W.C. 2003. A re-evaluation of *Isoetes savatieri* Franchet in Argentina and Chile. *American Fern Journal,* 93(3): 126-136.

Hofstede, R. 1995. *Effects of burning and grazing on a colombian paramo ecosystem*. Tesis de Doctorado. Amsterdam: Universidad de Amsterdam.

Hoot, S.B., Taylor, W.C y Napier, N.S. 2006. Phylogeny and biogeography of Isoetes (Isoetaceae) based on nuclear and chloroplast DNA sequence data. *Systematic Botany,* 31: 449-460.

Jacobsen, D. y Terneus, E. 2001. Aquatic macrophytes in cool aseasonal and seasonal streams: a comparison between Ecuadorian highland and Danish lowland streams. *Aquatic Botany,* (71) 281-295.

Jørgensen, P.M. y León-Yánez, S. 1999. Catalogue of the vascular plants of Ecuador. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden,* 75:3-106.

Jørgensen, P.M., Ulloa Ulloa, C., León, B., León-Yánez, S., Beck, S.G., Nee, M., Zarucchi, J.L., Celis, M., Bernal, R. and Gradstein, R., 2011. Regional patterns of vascular plant diversity and endemism. Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes. En: S. K. Herzog, R. Martinez, P. M. Jørgensen y H. Tiessen (eds.) *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*, pp.192-203. Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE).

Jørgensen, P.M., Nee, M.H. y Beck, S.G. (eds.) 2014. *Catálogo de las plantas vasculares de Bolivia*. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. Missouri Botanical Garden Press, St. Louis.

Junk, W.J. 1993. Wetlands of tropical South America. En: D. Whigham, S. Hejny y D. Dykyjova (eds.) *Wetlands of the world*, pp. 679-739. Junk Publications, Dordrecht.

Junk, W.J., Piedade, M.T.F., Wittmann, F., Schöngart, J. y Parolin, P. (eds.) 2010. *Amazonian Floodplain Forests*. Ecological Studies 210. Springer.

Junk, W.J. y Piedade, M.T.F. 2011. Chapter 1. An introduction to South American Wetland Forests: Distribution, definitions and general characterization. En: W.J. Junk, M.T.F. Piedale, F. Wittmann, J. Schöngart y P. Parolin (eds.) *Amazonian Floodplain Forests,* pp. 3-25. Ecological Studies 210. Springer.

Kattan, G. H., Franco, P., Rojas, V. y Morales, G. 2004. Biological diversification in a complex region: a spatial analysis of faunistic diversity and biogeography of the Andes of Colombia. *Journal of Biogeography* 31:1829-1839.

Keeley, J.E. 1998. CAM photosynthesis in submerged aquatic plants. *The Botanical Review*,64: 122-175.

Killeen, T.J., Douglas, M., Consiglio, T., Jørgensen, P.M. y Mejia, J. 2007. Dry spots and wet spots in the Andean hotspot. *Journal of Biogeography*, 34(8): 1357-1373.

Lasso, C. A., Rial, A y González, V. 2013. *Morichales y Cananguchales de la Orinoquia y Amazonia. Colombia y Venezuela parte I. VII Serie Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia*. Insituto Alexander von Humboldt. Bogotá D.C.

Lasso, C. A. 2014. Tipología de aguas (blancas, claras y negras) y su relación con la identificación y caracterización de los humedales de la Orinoquia. *En*: C. A. Lasso, A. Rial, G. Colonnello, A. Machado-Allison y F. Trujillo (eds.) *XI. Humedales de la Orinoquia (Colombia-Venezuela). Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia*, pp. 50-61. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.

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

León, B. 1993. Catálogo anotado de las fanerógamas acuáticas del Perú. En: F. Kahn, B. León y K. R. Young (comps.) *Las Plantas vasculares en las aguas continentales del Perú*, pp. 11-128 Instituto Francés de Estudios andinos. Lima, Perú.

León, B. 2007 a. Isoetaceae. *Revista peruana de Biología* 13: 905s.

León, B. 2007 b. Podostemaceae. *Revista peruana de Biología* 13: 565s.

León, B. y Young, K.R. 1996. Aquatic plants of Peru: diversity, distribution and conservation. *Biodiversity and Conservation,* 5: 1169-1190.

León-Yánez, S., Valencia, R. Pitman, N., Endara, L., Ulloa, C. y Navarrete, H. (eds.). 2011. *Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador, 2 da. Edición*. Publicaciones del Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.

Mitsch, W., Bernal, B, y Hernández, M. 2015. Ecosystem services of wetlands. International Journal of biodiversity Science. *Ecosystem Service and Management,* 11(1): 1-4.

Mittermeier, R.A., Myers, N., Robles, R.P. y Goettsch, C. 1999. *Hotspots. Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions.* CEMEX-Conservation International, Washington, D.C.

Molinillo M. y Monasterio, M. 1997. Pastoralism in paramo environments: practices, forage and impact on the vegetation in the Cordillera of Mérida, Venezuela. *Mountain Research and Development,* 17:197-211.

Myers, N. 1988. Threatened biotas: Hotspots in tropical forests. *The Environmentalist*, 8(3): 1-20.

Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Da Fonseca, G.A. y Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403: 853-858.

Myster, R. W. 2009. Plant communities of Western Amazonia. *The Botanical Review* 75: 271–291.

Navarrete, H., Muriel, P., Moscoso, A. y Santiana, J. 2011. Familia Isoetaceae. En: S. León-Yánez, R. Valencia, N. Pitman, L. Endara, C. Ulloa y H. Navarrete (eds) *Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador, 2da. Edición,* pp. 825-826. Publicaciones del Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.

Navarro, G. 1993. Vegetación de Bolivia. El altiplano meridional. *Rivasgodaya,* 7: 69-98.

Orme, A. R. 2007. Tectonism, climate, and landscape change. En: T.T. Veblen, K. R. Young y A. R. Orme (eds.) *The Physical Geography of South America*, pp. 23-44. Oxford University Press, New York.

Philbrick, C.T., Bove, C.P. y Stevens, H. 2010. Endemism in neotropical Podostemaceae. *Annals of Missouri Botanical Garden,* 97(3): 425456.

Pires, J.M. 1961. Esbôço fitogeográfico da Amazônica. *Revista Soc. Agron. Pará,* 7: 3-8.

Posada-García, J. y López-Muñoz, M. 2011. *Plantas Acuáticas del Altiplano del Oriente Antioqueño, Colombia*. Grupo de Limnología y Recursos Hídricos. Dirección de Investigación y Desarrollo Universidad Católica de Oriente. Rionegro, Antioquia, Colombia.

Postigo, J.C., Young, K.R. y Crews, K.A. 2008. Change and continuity in a pastoralist community in the High Peruvian Andes. *Human Ecology,* 36: 535-551.

Prance, G.T. 1979. Notes on the vegetation of Amazonia III-The terminology of Amazonian forest types subject to inundation. *Brittonia,* 31(1): 26-38.

Ramírez, H.D.W. 2011. *Flora vascular y vegetación de los humedales de Conococha, Ancash, Perú*. Tesis Titulo Biólogo. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Ramos-Montaño, C., Cárdenas-Avella, N.M. y Herrera, Y. 2013. Caracterización de la comunidad de macrófitas acuáticas en lagunas del Páramo de La Rusia (Boyacá-Colombia). *Revista Ciencia en Desarrollo,* 4 (2): 73-82.

Rangel-Ch. O., Fernández, J.L., Celis, M y Sarmiento, J. 2000. Espermatófitos. En: O. Rangel-Ch.(ed.) *La Región de vida paramuna de Colombia. Diversidad Biótica III*, pp. 129-378. Universidad Nacional de Colombia, Unibiblos, Bogotá.

Rangel-Ch, O. y Aguirre, J. 1983- Comunidades acuáticas altoandinas-I. Vegetación sumergida y de ribera en el lago de Tota, Boyacá, Colombia. *Caldasia,* 13(65): 719-742.

Rial, A., 2003. El concepto de planta acuática en un humedal de los Llanos de Venezuela. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales*, 2001(155): 119-132.

Rial, A. 2009. *Plantas acuáticas de los Llanos del Orinoco*. Editorial Orinoco-Amazonas, Caracas.

Rial, A. 2014. Plantas acuáticas. Utilidad para la identificación y definición de límites en humedales de la Orinoquia. En: C.A. Lasso, A. Rial, G. Colonnello, A. Machado-Allison y F. Trujillo (eds.) *XI. Humedales de la Orinoquia (Colombia- Venezuela). Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia*, pp. 63-94. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.

Rial, A. y Lasso, C.A. 2014. Plantas acuáticas. En: C.A. Lasso, F. de P. Gutiérrez y D. Morales-B. (eds.) *2014. X. Humedales interiores de Colombia: identificación, caracterización y establecimiento de límites según criterios biológicos y ecológicos. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia*, pp. 103-112. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D.C., Colombia.

Ricaurte, L.F., Jokela, J., Siqueira, A., Núñez-Avellaneda, M., Marin, C., Velázquez-Valencia, A. y Wantzen, K.M. 2012. Wetland habitat diversity in the Amazonian Piedmont of Colombia. *Wetlands*, 32(6): 1189-1202.

Ricaurte, L.F., Núñez-Avellaneda, M., Pinilla, M.C., Marín, C.A., Velásquez-Valencia, A., Alonso, J.C., Mojica, J.I., Betancourt, B., Salazar, C., Caicedo, D., Acosta- Santos, A., Castro, W. y Argüelles, J. 2015. *Inventario y tipificación de humedales en la cuenca del río Orteguaza, Departamento del Caquetá, Amazonia colombiana*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi, Convención de Ramsar. Bogotá, Colombia.

Ritter, N. 2000. *Biodiversity and phytogeography of Bolivia's wetland flora*. PhD Thesis. University of New Hampshire.

Rodbell, D.T., Seltzer, G.O., Mark, B.G., Smith, J.A. y Abbott, M.B. 2008. Clastic sediment flux to tropical Andean lakes: records of glaciation and soil erosion. *Quaternary Science Reviews*, 27(15): 1612-1626.

Rodríguez, L.O. y Young, K.R. 2000. Biological diversity of Peru: Determining priority areas for conservation. *Ambio,* 29:329-337.

Romero, E. 2002. *Elaboración de los diseños detallados para la adecuación hidráulica y restauración ecológica del humedal de Torca*. Acueducto de Bogotá. Gerencia Técnica. Dirección Unidad Ambiental. Bogotá.

Romero, H. 2011. Familia Juncaceae. En: S. León-Yánez, R. Valencia, N. Pitman, L. Endara, C. Ulloa y H. Navarrete (eds.) *Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador, 2 da. Edición*, pp. 366-367. Publicaciones del Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.

Ruthsatz, B. 1993. Flora und ökologische Bedingungen hochandiner Moore Chiles zwischen 18° 00'(Arica) und 40° 30'(Osorno). *Phytocoenologia*, 23: 157-199.

Ruthsatz, B. 1995. Vegetation und Ökologie tropischer Hochgebirgsmoore in den Anden Nord-Chiles. *Phytocoenologia,* 25(2): 185-234.

Salafsky, N., Salzer, D., Stattersfield, A.J., Hilton-Taylor, C., Neugarten, R., Butchart, S.H., Collen, B., Cox, N., Master, L.L., O'Connor, S. y Wilkie, D. 2008. A standard lexicon for biodiversity conservation: unified classifications of threats and actions. *Conservation Biology*, 22(4): 897-911.

Salvador, F., Monerris, J y Rochefort, L. 2014. Peatlands of the Peruvian Puna ecoregion: types, characteristics and disturbance. *Mires and Peat*, 15: 1-17.

Sánchez, R., Rangel-Ch., J.O. y Aguirre, J. 1989. Estudios ecológicos en la Cordillera Oriental, IV: Aspectos sinecológicos de la brioflora de los depósitos turbosos paramunos de los alrededores de Bogotá. *Caldasia,* 16: 41-57.

Schmidt-Mumm, U. 1988. Vegetación acuática y palustre de la parte alta de la hoya del río Namay (Albán, Cundinamarca). *Pérez-Arbelaezia,* 2 (6-7): 9-41

Schmidt-Mumm, U. 1998. *Vegetación acuática y palustre de la sabana de Bogotá y plano del río Ubaté: ecología y taxonomía de la flora acuática y semiacuática*. Tesis de Maestría, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Schmidt-Mumm, U. y O. Vargas-Ríos. 2012. Comunidades vegetales de las transiciones terrestre-acuáticas del páramo de Chingaza, Colombia. *Revista de Biología Tropical,* 60 (1) 35-64.

Sculthorpe, C. D. 1967. *The Biology of Aquatic Vascular Plants*. Edward Arnold, London, U. K.

Sioli, H. 1950. Das Wasser im Amazonasgebiet. *Forsch. Fortschr.,* 26:274-280.

Sioli, H. 1951. Zum Alterungsprozess von Flüssen und Flüsstypen im Amazonasgebiet. *Arch. Hydrobiol.,* 45: 267-283.

Sioli, H. 1984. *The Amazon, Limnology and landscape ecology of a mighty river and its basin*. Dr. W. Junk Publishers. Dordrecht.

Suárez, E. y Medina, G. 2001. Vegetation structure and soil properties in Ecuadorian paramo grasslands with different histories of burning and grazing. *Arctic, Antarctic and Alpine Research,* 33: 158-164.

Terneus, E. 2001. Aquatic plant communities of the páramo lakes of Volcán Chiles, Ecuador. En: P.M. Ramsay (ed.) *The Ecology of Volcán Chiles: high altitude ecosystems on the Ecuador and Colombia border*, pp. 55-63. Plymouth. Pebble & Shell.

Terneus, E. 2002 a. *Estructura y composición florística de 70 lagunas de páramo y dos lagunas interandinas del Ecuador*. Tesis doctoral, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador.

Terneus, E. 2002 b. Comunidades de plantas acuáticas en las lagunas de los páramos del norte y sur del Ecuador. *Caldasia,* 24 (2): 379-391.

Terneus, E. 2007. Las plantas acuáticas en el sistema lacustre riberino Lagartococha, Reserva de Producción Faunística Cuyabeno, Ecuador. *Actualidades Biológicas,* 29 (86): 97-106.

Terneus, E. y Vásconez, J. 2004. Preliminary characterization of the aquatic ecosystems in Oyacachi and Muertepungu Basins. Lyonia, *Journal of Ecology and Applications,* 6 (2): 178-196.

Urrego, D. H., Bush, M.B, y Silman, M.R. 2010. A long history of cloud and forest migration from Lake Consuelo, Peru. *Quaternary Research,* 73: 364-373.

Urrego, L.E., Galeano, A., Sánchez, M. y Peñuela, M.C. 2013. Paleoecología, ecología y etnobotánica de los canaguchales de la Amazonia colombiana. En: C.A. Lasso, A. Rial y V. González (eds.) *Morichales y Cananguchales de la Orinoquia y Amazonia. Colombia y Venezuela parte I. VII Serie Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia*, pp. 217-246. Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá D.C.

Valencia, R., Pitman, N., León-Yánez, S. y Jørgensen, P.M. 2000. *Libro rojo de plantas endémicas del Ecuador*. Publicaciones del Herbario QCA. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.

Van der Hammen, T. 1974. The Pleistocene changes in vegetation and climate in tropical South America. *Journal of Biogeography,* 1: 3-26.

Vásquez, V.H. y Serrano, M.A. 2009. *Las áreas naturales protegidas de Colombia*. Conservación Internacional Colombia. Fundación Biocolombia. Bogotá D.C.

Velásquez, J. 1994. *Plantas acuáticas vasculares de Venezuela*. Universidad Central de Venezuela, CDCH. Caracas.

Veloza, C., García, I., Ortega, C. y Dávila, R. 2000. Contribución al estudio taxonómico de los hidrófitos de la laguna Negra de la región de Taquecitos, Páramo de Sumapaz (Colombia). *Actualidades Biológicas*, 22 (73): 177-194

Verzijl, A. y Guerrero Quispe, S. 2013. The system nobody sees: Irrigated wetland management and alpaca herding in the Peruvian Andes. *Mountain Research and Development,* 33: 280-293.

Verweij, P. 1995. *Spatial and temporal modelling of vegetation patterns. Burning and grazing in the paramo of Los Nevados National Park, Colombia*. Enschede: International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciencies, ITC.

Villarroel, E. K., Pacheco Mollinedo, P.L., Domic, A.I., Capriles, J.M. y Espinoza, C. 2014. Local management of Andean wetlands in Sajama National Park, Bolivia. *Mountain Research and Development,* 34: 356-368.

Wijninga, V.M., Rangel-Ch., O. y Cleef, A.M. 1989. Botanical ecology and conservation of the Laguna de la Herrera (Sabana de Bogotá, Colombia). *Caldasia,* 16 (76): 23-40.

Wink, R. y Wijninga, V. 1987. *The vegetation of the semi-arid region of Herrera, Cundinamarca*. Colombia.

Wittmann, F., Schöngart, J. y Junk, W.J. 2011. Chapter 4. Phytogeography, species diversity, community structure and dynamics of Central Amazonian floodplain forests. En: W. J. Junk, M. T. F. Piedade, F. Wittmann, J. Schöngart y P. Parolin (eds.) *Amazonian Floodplain Forests,* pp. 61-102. Ecological Studies 210. Springer.

World Resources Institute (WRI). 1998. *The decline of freshwater ecosystems*. World Resources Institute. http://www.wri.org/wr-98-99/freshwat.htm#habitats.

Young, K. R. y León, B. 1993. Capítulo III. Distribución geográfica y conservación de las plantas acuáticas vasculares del Perú. En: F. Kahn, B. León y K. R. Young (Comps.) *Las Plantas vasculares en las aguas continentales del Perú*, pp. 153-173. Instituto Francés de Estudios Andinos. Lima, Perú.

Young, K. R., León, B., Cano, A. y Herrera-MacBryde, O. 1997. Peruvian Puna. Tropical Andes CPD Site SA 33. En: S. Davis, V.H. Heywood, O. Herrera-MacBryde, J. Villa-Lobos y A.C. Hamilton (eds.) *Centres of Plant Diversity*, pp. 470-476. IUCN y WWF, London.

Capítulo 7. Áreas Clave para la Biodiversidad de agua dulce de los Andes Tropicales

Marcelo F. Tognelli[1], Laura Máiz-Tomé[2] y Kevin G. Smith[2]

7.1 Introducción 105
7.1.1 Áreas Clave para la Biodiversidad 106
7.2 Metodología 107
7.2.1 Un cambio de enfoque en la delimitación de ACB de agua dulce. 107
7.2.2 Aplicación del nuevo proceso de delimitación de ACB de agua dulce a los Andes Tropicales 109
7.3 Resultados del taller de consulta y delimitación de ZMC y ACB de agua dulce 110
7.3.1 Especies determinantes de ACB de agua dulce 110
7.3.2 Sub-cuencas de ríos y lagos definidas como Zonas de Manejo de Cuenca 111
7.3.3 Áreas Clave para la Biodiversidad de agua dulce delimitadas y adoptadas. 111
7.3.4 Área cubierta por Áreas Clave para la Biodiversidad y niveles actuales de protección. 123
7.3.5 Principales amenazas. 124
7.3.6 Actores potencialmente interesados 125
7.4 Conclusiones y recomendaciones 125
7.5 Referencias 126

7.1 Introducción

Las Áreas Clave para la Biodiversidad (ACB) son sitios de importancia para la persistencia global de la biodiversidad, que pueden ser protegidos bajo distintas categorías de manejo y diferentes mecanismos de gobernanza. Sin embargo, la identificación de ACB no implica acciones de conservación específicas, tales como la designación de áreas protegidas. Estas decisiones deben basarse en ejercicios que establezcan las prioridades de conservación, combinando datos sobre la importancia y la vulnerabilidad de las especies teniendo en cuenta otros factores como el coste de conservación, las oportunidades para la acción, la historia evolutiva y la conectividad (IUCN 2016).

La identificación y delimitación de Áreas Clave para la Biodiversidad es el paso lógico que sigue a la evaluación del riesgo de extinción de las especies utilizando la Lista Roja de la UICN. Así, una vez que se ha evaluado cuales son las especies que están en riesgo de extinción, es crucial identificar los sitios que son importantes para proteger esa biodiversidad. En general, hasta hace menos de diez años, las evaluaciones globales de especies realizadas utilizando la Lista Roja se habían enfocado en especies mayormente terrestres (ej. mamíferos, aves y anfibios), por lo que la identificación y delimitación de ACB de agua dulce había quedado relegada. Solo recientemente se han publicado algunos trabajos que han comenzado a llenar este vacío de información en los ecosistemas dulceacuícolas (Holland *et al*. 2012, Darwall *et al*. 2014, IUCN 2014). Además, es de suma urgencia identificar los sitios de la Alianza para la Extinción Cero (Alliance for Zero Extinction, AZE; Ricketts *et al*. 2005) de agua dulce. Estos sitios son componentes importantes de las ACB que contienen la última o única población remanente de una especie en las categorías En Peligro (EN) o En Peligro Crítico (CR) de la Lista Roja de la UICN. La ausencia de esta información no permite que la biodiversidad de agua dulce sea tenida en cuenta por los manejadores y tomadores de decisiones a la hora de desarrollar planes de conservación (Darwall *et al*. 2011).

1 IUCN-CI Biodiversity Assessment Unit. Global Species Programme. The Betty and Gordon Moore Center for Science. Conservation International. 2011Crystal Dr. Suite 500. Arlington, VA 22202, USA. Email: marcelo.tognelli@iucn.org
2 IUCN Global Species Programme. The David Attenborough Building. Pembroke Street, Cambridge, CB2 3QZ, UK.

En este capítulo, se recopilaron y utilizaron datos sobre la distribución, abundancia, ecología, amenazas y utilización por los seres humanos de las especies de agua dulce de los Andes Tropicales, además de los mapas de distribución geográfica y las categorías de la Lista Roja asignadas, para identificar aquellas sub-cuencas que cumplen con los criterios para ACB. El objetivo principal es proporcionar recursos e información esenciales para orientar la toma de decisiones sobre la conservación y el manejo sostenible de la biodiversidad de agua dulce en los Andes Tropicales de Bolivia, Perú, Ecuador y Colombia.

7.1.1 Áreas Clave para la Biodiversidad: antecedentes y nuevo estándar

Durante las últimas cuatro décadas, se han desarrollado una gran variedad de métodos para la identificación de Áreas Clave para la Biodiversidad (UICN 2014). Por lo general, la mayoría de estos métodos se centran en grupos de especies o biomas, o se aplican a gran escala, como las eco-regiones y los "hotspots" de biodiversidad. En consecuencia, se han empleado criterios de evaluación diferentes que han producido resultados dispares. Estos resultados además, se han almacenado en múltiples bases de datos desconectadas entre sí, lo que ha provocado cierta confusión entre los tomadores de decisiones y, en ocasiones, una duplicación de los esfuerzos realizados.

Para hacer frente a este problema y proporcionar un enfoque coherente y global, durante el Congreso Mundial para la Conservación, celebrado en Bangkok (Tailandia 2004), los miembros de la UICN pidieron a ésta que "convocara un proceso consultivo a nivel mundial para acordar una metodología que permitiera a los países identificar las Áreas Clave para la Biodiversidad." En respuesta a esta resolución (WCC 3.013), la Comisión de Supervivencia de Especies y la Comisión de Áreas Protegidas de la UICN, establecieron un Grupo de Trabajo Conjunto sobre Biodiversidad y Áreas Protegidas. El grupo de trabajo alentó y reunió aportes de las Comisiones, los miembros y el personal de la Secretaría de la UICN, así como de otras organizaciones conservacionistas, expertos, responsables en políticas públicas nacionales, donantes y el sector privado, a fin de consolidar los criterios científicos acordados globalmente y una metodología estandarizada para identificar las Áreas Clave para la Biodiversidad (ACB).

Macho de *Teinopodagrion temporale*, especie endémica de la Cordillera Central de Colombia. Foto: © Cornelio Bota-Sierra.

El nuevo estándar fue aprobado en la 88ª Reunión del Consejo de la UICN en Abril de 2016 (IUCN 2016) y será presentado oficialmente durante el Congreso Mundial de la Naturaleza en Hawaii en septiembre de este mismo año. Las ACB se constituyen así como sitios que contribuyen significativamente a la persistencia de la biodiversidad terrestre, acuática y marina a nivel mundial, identificados bajo umbrales y criterios estandarizados. Las ACB proporcionan información fundamental para ayudar en procesos tales como la planificación de la conservación y la aplicación de salvaguardias ambientales, y asisten a los países en la

Tabla 7.1 Metas de Aichi para las cuales las ACB proporcionan información esencial.

Metas Aichi	Aplicaciones de las ACB
Meta 2	Facilitan decisiones respecto a desarrollo y planificación.
Meta 4	Ayudan al sector privado y financiero a gestionar riesgos medioambientales.
Meta 9	Apoyan la selección de acciones para controlar especies invasoras en áreas de importancia biológica.
Meta 11	Informan la selección de lugares potenciales para la protección y facilitan monitoreo de metas globales y nacionales.
Meta 12	Pueden prevenir la extinción de especies amenazadas y la mejora de su estado de conservación.
Meta 13	Facilitan la identificación de lugares de importancia para la conservación *in situ* de especies parentales silvestres de plantas cultivadas y ancestros silvestres de ganado doméstico.
Meta 14	Contribuyen a recuperar y salvaguardar servicios esenciales de los ecosistemas.
Meta 17	Apoyan Estrategias y Planes de Acción Nacionales en materia de Diversidad Biológica (EPANDBs).
Meta 18	Proporcionan un reconocimiento adicional para áreas de importancia cultural o espiritual.

implementación y el seguimiento de los compromisos adquiridos a través de acuerdos intergubernamentales, como las Metas Aichi del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD) (Tabla 7.1).

7.2 Metodología

7.2.1 Un cambio de enfoque en la delimitación de ACB de agua dulce

El taller para la identificación de ACB de agua dulce en los Andes Tropicales (financiado por la Fundación MacArthur) tuvo lugar en la Pontificia Universidad Javeriana en Bogotá en mayo de 2015, antes de la aprobación del nuevo estándar, por lo que los criterios y los umbrales establecidos en el documento de consulta del nuevo estándar no fueron adoptados. En su lugar, se utilizó la única metodología publicada hasta el momento para la identificación y delimitación de ACB de agua dulce (Holland *et al.* 2012). Los criterios y los umbrales de esta metodología son directamente transferibles a la "nueva" versión (ver Tabla 7.2), por lo que las ACB identificadas en éste taller siguen siendo válidas bajo el nuevo estándar.

Dada la alta conectividad de los ecosistemas acuáticos y su dependencia de una gestión integrada de las cuencas hidrográficas para una conservación eficaz, el proceso de delimitación llevado a cabo en el taller adoptó un nuevo enfoque, en línea con el *Documento de consulta sobre un estándar de la UICN para la identificación de áreas clave para la biodiversidad* (Borrador 1 de octubre de 2014).

Enfoque previo

Empleando como referencia los umbrales publicados por Holland *et al.* (2012), las Áreas Clave para la Biodiversidad de agua dulce (ACB) eran delimitadas sobre cuencas y sub-cuencas hidrográficas, consideradas como unidades de manejo apropiadas para las especies de agua dulce. De esta forma, se tenía en cuenta la conectividad hidrológica y las interacciones de los ecosistemas acuático-terrestres.

Siguiendo éste enfoque, las sub-cuencas en las que se encontraban las especies determinantes, es decir, las especies que cumplen con los umbrales y los criterios establecidos por Holland *et al.* (2012) (Tabla 7.2), eran delineadas como ACB de agua dulce (referidas como "trigger species" en esa publicación). Resultando así, en extensas unidades a escala de paisaje, integradas en cuencas hidrográficas que suelen contar con diferentes autoridades de manejo.

Para algunas especies, dentro de las sub-cuencas delineadas como ACB, era posible identificar *áreas focales*. Es decir, áreas de especial importancia para su supervivencia, como por ejemplo, zonas de reproducción o de alimentación (Abell *et al.* 2007).

Participantes del taller de identificación y delimitación de ACB en los Andes Tropicales llevado a cabo en Bogotá, Colombia en mayo de 2015. Foto: © José Iván Mojica.

Tabla 7.2 Criterios antiguos de Holland *et al.* (2012) que coinciden con los criterios del Borrador 1 de octubre de 2014 para la identificación de ACB, utilizado como documento de referencia en el taller. Las unidades reproductivas funcionales se refiere al número mínimo y/o combinación de individuos necesarios para activar un evento reproductivo exitoso en un sitio.

Criterios ACB (Holland *et al.* 2012)	Criterios ACB (Borrador 1 oct. 2014)
Un sitio alberga o se cree que alberga regularmente...	*Un sitio alberga o se cree que alberga regularmente...*
1. Un número significativo de una o más especies globalmente amenazadas u otras especies de interés para la conservación. Umbral – Uno o más taxones En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN) o Vulnerable (VU) a nivel mundial.	A1: Taxones Amenazados. (b) El sitio alberga regularmente ≥ 0.5% de la población total Y ≥ 5 unidades reproductivas funcionales de un taxón En Peligro Crítico (CR) o En Peligro (EN) a nivel mundial; o (c) El sitio alberga regularmente ≥1% de la población total Y ≥10 unidades reproductivas funcionales de un taxón Vulnerable (VU) a nivel mundial.
2. Números no triviales de uno más taxones de distribución geográfica restringida. Umbral- 20,000 km2 para crustáceos, peces y moluscos; y 50,000 km2 para Libélulas (basándose en el área de la sub-cuenca).	B1: Especies de distribución geográfica restringida. El sitio alberga regularmente ≥20% o de la población total y ≥10 unidades reproductivas funcionales de una especie.

De esta manera, se establecía una diferencia entre los sitios importantes para las especies (áreas focales) y el área necesaria para el manejo efectivo de la biodiversidad de agua dulce (sub-cuencas delimitadas como ACB) (Figura 7.1a).

Sin embargo, este enfoque no coincidía con el enfoque adoptado para otras ACB 'terrestres' como las Áreas Importantes para las Aves (IBAs) o las Áreas Importantes para las Plantas (IPAs), que identifican unidades de manejo a escala de sitio. Además, al haber un gran número de especies de agua dulce amenazadas o globalmente restringidas a sub-cuencas individuales (particularmente en los hotspots de biodiversidad), muchas sub-cuencas cualificaban como ACB de agua dulce, resultando en áreas demasiado extensas para un manejo efectivo.

Nuevo enfoque

Teniendo en cuenta lo anterior y el borrador del nuevo estándar, la UICN cambió su enfoque en el taller de expertos organizado para la identificación de ACB de agua dulce en los Andes Tropicales. En vez de delinear las ACB a nivel del paisaje, considerando el área total de las sub-cuencas como la ACB, se decidió adoptar las *áreas focales* de las especies (del enfoque previo) como ACB. De esta forma, las ACB tienen una menor extensión y las especies pueden beneficiarse de medidas de conservación a escala de sitio (Figura 7.1b).

Las cuencas y sub-cuencas a escala del paisaje no se pierden con este nuevo enfoque, ya que se mantienen como un conjunto de datos separado, definido como Zona de Manejo de Cuenca

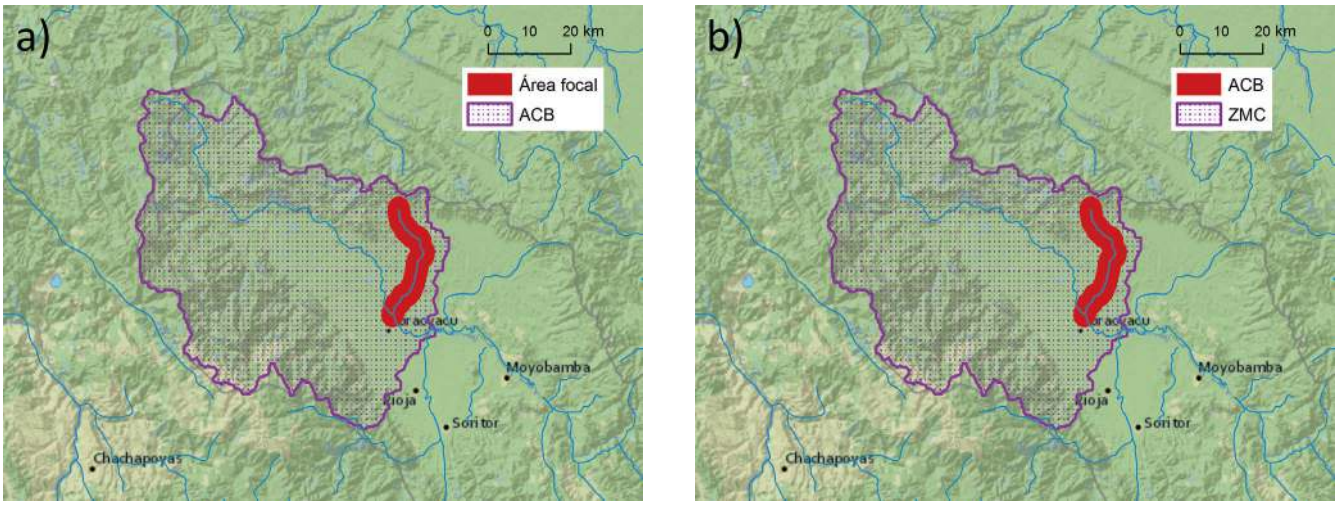


Figura 7.1 Ejemplo hipotético sobre las diferencias en la delimitación de Áreas Clave para la Biodiversidad (ACB) de agua dulce en el enfoque previo (a) y el enfoque nuevo (b). El área en rojo oscuro representa el sitio (p. ej. río tributario) donde se ha confirmado la presencia de una especie determinante (i. e. amenazada o de distribución restringida) o el hábitat esencial para una especie (p. ej. área de reproducción, alimentación). La cuenca en morado es una de las sub-cuencas del nivel 8 de HydroBASINS. ZMC = Zona de Manejo de Cuencas.

(ZMC). Las ZMC proporcionan información importante sobre el contexto geográfico más amplio y las necesidades de manejo de la cuenca hidrográfica en el que se encuentran las ACB de agua dulce. La idea detrás de este nuevo enfoque es que las ACB sean identificadas como unidades de manejo a escala de sitio dentro de las ZMC, y las ZMC se utilicen como marco para asegurar el manejo integrado de las cuencas hidrográficas, en las que existe una alta conectividad que puede permitir que amenazas como la contaminación o especies invasoras existentes fuera de las ACB se puedan propagar rápidamente.

7.2.2 Aplicación del nuevo proceso de delimitación de ACB de agua dulce a los Andes Tropicales

Para el proceso de identificación y delimitación de ACB de los Andes Tropicales se seleccionaron los peces de agua dulce y las libélulas, dado que son los dos grupos con mayor número de especies endémicas evaluadas en la región (656 peces y 214 libélulas) y con mejor información disponible. Una especie de bivalvo (*Acostaea rivolii*) también fue incluida en el análisis debido a su alto grado de amenaza (CR) y a que su única población remanente está restringida a una sola cuenca, correspondiendo así a un sitio AZE.

Para delimitar las Zonas de Manejo de Cuenca en las que se identificaron las ACB de agua dulce, se utilizó la capa digital HydroBASINS (Lehner y Grill 2013), una capa digital estandarizada a nivel global que delimita las cuencas hidrográficas de ríos y lagos en 12 niveles (anidados) de resolución. Este nuevo proceso, difiere de otros procesos de delimitación de ACB teniendo en cuenta la conectividad de los ecosistemas acuático-terrestres.

El proceso involucra dos pasos que se detallan a continuación. El primer paso es un análisis espacial de escritorio para la identificación preliminar de las sub-cuencas con alta riqueza de especies determinantes potenciales, mientras que el segundo incluye la realización de un taller con expertos, donde se valida la presencia de las especies determinantes en las sub-cuencas y se procede a identificar y delimitar las ACB.

Paso 1. Actividades preliminares para la preparación del taller de validación de las ACB

a. Recopilación de conjuntos de datos espaciales:

→ Mapas de distribución de biodiversidad de agua dulce evaluada según los Criterios y Categorías de la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN (ver detalles en Capítulo 2).

→ ACB, Sitios Ramsar y áreas protegidas existentes.
Se utilizó la Base de Datos Mundial de Áreas Protegidas (http://www.protectedplanet.net/), y las capas de ACB y sitios Ramsar existentes para identificar si las especies determinantes contaban con algún tipo de protección formal.

b. Identificación preliminar de límites de sitios basados en datos biológicos:

→ Superponiendo los mapas de distribución de las especies compilados en el paso anterior sobre la capa de HydroBASINS (Nivel 8) en un Sistema de Información Geográfico (SIG), se identificaron las sub-cuencas de ríos y lagos que contienen especies determinantes, es decir, especies que cumplen con los umbrales y los criterios para delimitar ACB. El proceso es automatizado utilizando un código del programa "R" para realizar un análisis de todas las sub-cuencas, comparándolas con los mapas de distribución de especies disponibles, e identificando la lista de especies determinantes presentes y los criterios que cumplen. Para el caso particular de los Andes Tropicales, solo se evaluaron los criterios 1 y 2 para la identificación de especies determinantes. El criterio 3 no pudo ser empleado dado que solo se tenía información de las especies endémicas del área de estudio (i. e. no se contaba con evaluaciones y mapas de distribución de especies presentes en otras áreas, además de los Andes Tropicales).

Paso 2. Taller de validación, identificación y delimitación de ACB

Para confirmar la presencia de las especies determinantes (i. e. que cumplen con los umbrales para los criterios de delimitación de ACB) identificadas dentro de las sub-cuencas en el Paso 1 y definir los límites de las ACB de agua dulce dentro de las Zonas de Manejo de Cuenca, se organizó un taller con la participación de expertos regionales en especies de agua dulce, personas responsables del manejo de las áreas protegidas, organizaciones no gubernamentales y representantes gubernamentales.

Validación de especies y delimitación de ZMC y ACB

A partir de las sub-cuencas que contienen especies determinantes identificadas en el Paso 1, los expertos siguieron los siguientes pasos:

1. Se delimitaron Zonas de Manejo de Cuenca tomando como referencia las sub-cuencas con mayor número de especies determinantes.
2. Se adoptaron ACB existentes en las que se confirmó la presencia de especies determinantes, incluyendo ACB terrestres como Áreas Importantes para las Aves (IBAs) y sitios de la Alianza para la Extinción Cero (AZE). Estos sitios y las especies determinantes validadas dentro de ellos fueron incluidas en las fichas de cada ZMC.
3. Al igual que en el paso anterior, se adoptaron Áreas Protegidas y/o sitios Ramsar existentes en los que se confirmó la presencia de especies determinantes. Estos sitios y las especies determinantes validadas dentro de ellos fueron incluidas en las fichas de cada ZMC.
4. Cuando no fue posible adoptar ninguna de las figuras anteriores, se delimitaron nuevas ACB de agua dulce (o se propusieron extensiones de sitios existentes), para incluir la/s especie/s determinante/s confirmada/s:

→ Se adoptaron las áreas de distribución de las especies determinantes con la mayor resolución posible (sub-cuencas de HydroBASINS a Nivel 12 –con una superficie media de 119 km^2). Cuando las sub-cuencas de HydroBASINS eran

demasiado grandes en relación a los sitios donde se confirmó la presencia de especies determinantes, se generaron nuevos polígonos para delimitar las ACB.

5. Finalmente, se recopiló información para documentar cada Zona de Manejo de Cuenca (ZMC) dentro de las que se identificaron las ACB de agua dulce, incluyendo:

→ El nombre de la ZMC
→ Una descripción general de las ACB delimitadas dentro de la ZMC
→ La lista de especies determinantes validadas para cada ACB
→ Principales hábitats presentes
→ Nombres de individuos/organizaciones potencialmente interesados en la ZMC
→ Amenazas (pasadas, presentes o potenciales) para las especies determinantes
→ Medidas de conservación actuales y recomendadas
→ Referencias bibliográficas

7.3 Resultados del taller de consulta y delimitación de ZMC y ACB de agua dulce

7.3.1 Especies determinantes de ACB de agua dulce

Para el área de los Andes Tropicales se consideraron 3348 sub-cuencas (nivel 8 de la capa HydroBASINS), cubriendo una superficie de 2 754 775 km². El análisis preliminar identificó 533 especies determinantes potenciales distribuidas en 1028 sub-cuencas, algunas conteniendo hasta 35 especies determinantes (Figura 7.2). Las sub-cuencas identificadas contienen especies de agua dulce amenazadas o de distribución geográfica restringida, o grupos representativos de especies endémicas, confirmando

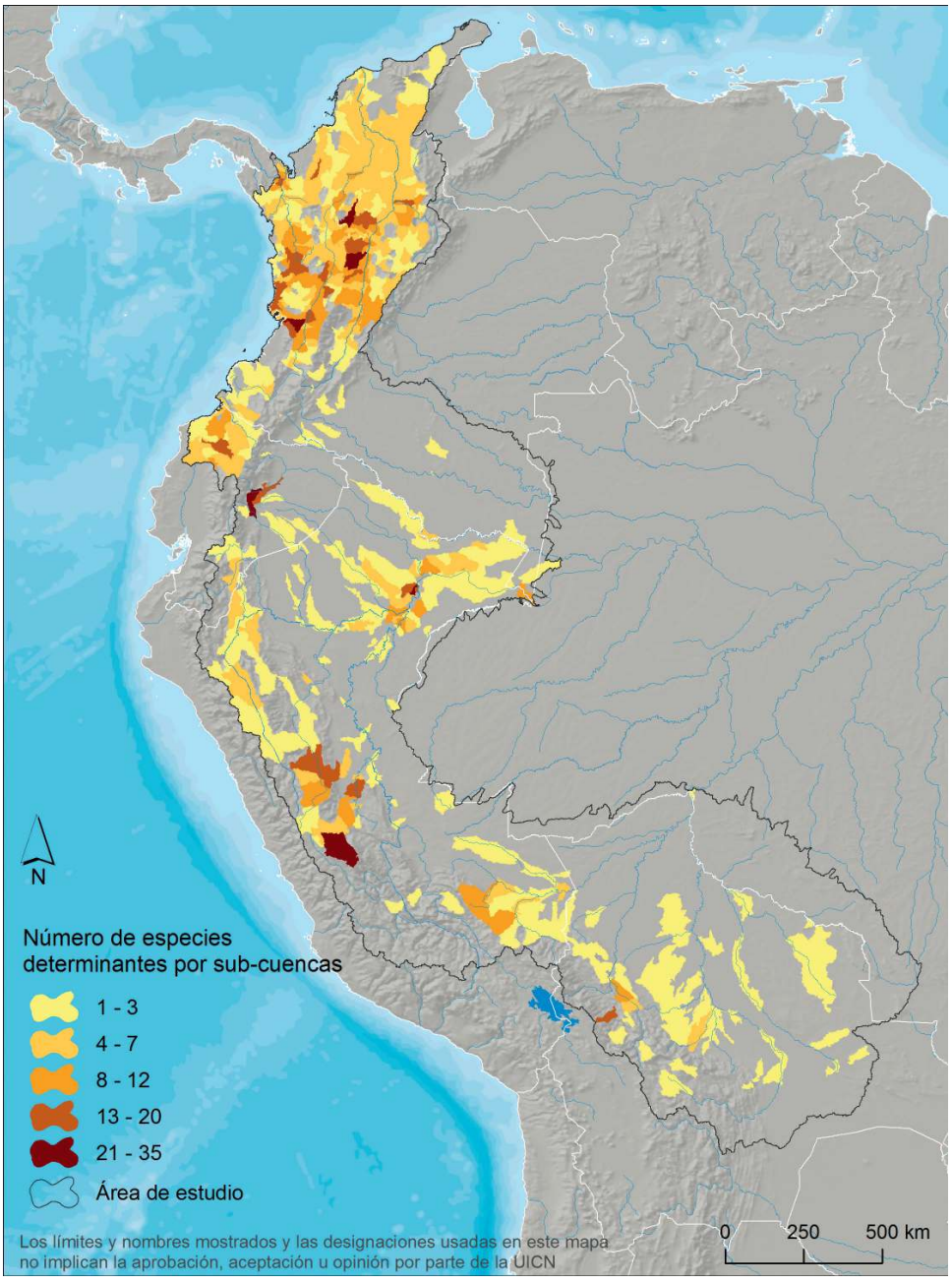


Figura 7.2 Sub-cuencas identificadas durante el estudio preliminar del proceso de delimitación que contienen especies determinantes (de acuerdo con Holland *et al.* 2012).

así la importancia y la urgencia de desarrollar e implementar acciones efectivas de conservación para la biodiversidad de agua dulce a través de los Andes Tropicales. La confirmación o validación de la presencia de estas especies en las sub-cuencas se realizó posteriormente en el taller con los actores interesados en la región.

7.3.2 Sub-cuencas de ríos y lagos definidas como zonas de manejo de cuenca

Durante el proceso de delimitación, un total de 31 Zonas de Manejo de Cuenca fueron identificadas (HydroBASINS, Nivel 8), cubriendo un área total de 235 035 km^2: seis en Bolivia, trece en Colombia, seis en Ecuador y seis en Perú (Tabla 7.3 y Figura 7.3). En estas 31 ZMC se confirmó la presencia de 255 especies determinantes (de las 533 identificadas en el análisis preliminar), entre las cuales 27 correspondieron a especies que determinan sitios AZE (Tabla 7.3). Algunas ZMC albergan hasta 23 especies determinantes (Figura 7.3).

7.3.3 Áreas Clave para la Biodiversidad de agua dulce delimitadas y adoptadas

Una vez delimitadas las ZMC, se procedió a identificar cuáles de las especies determinantes tenían mayores requerimientos de conservación a la escala de sitio para asegurar su persistencia (p. ej. especies que definen sitios AZE o que, además de cumplir con los criterios y umbrales para ser especies determinantes, presentan amenazas inminentes para su persistencia). Según estas especies se encontraran dentro de los límites de áreas protegidas o ACB existentes o no, se procedió a adoptar los sitios existentes o a delimitar nuevas ACB, respectivamente. Así,

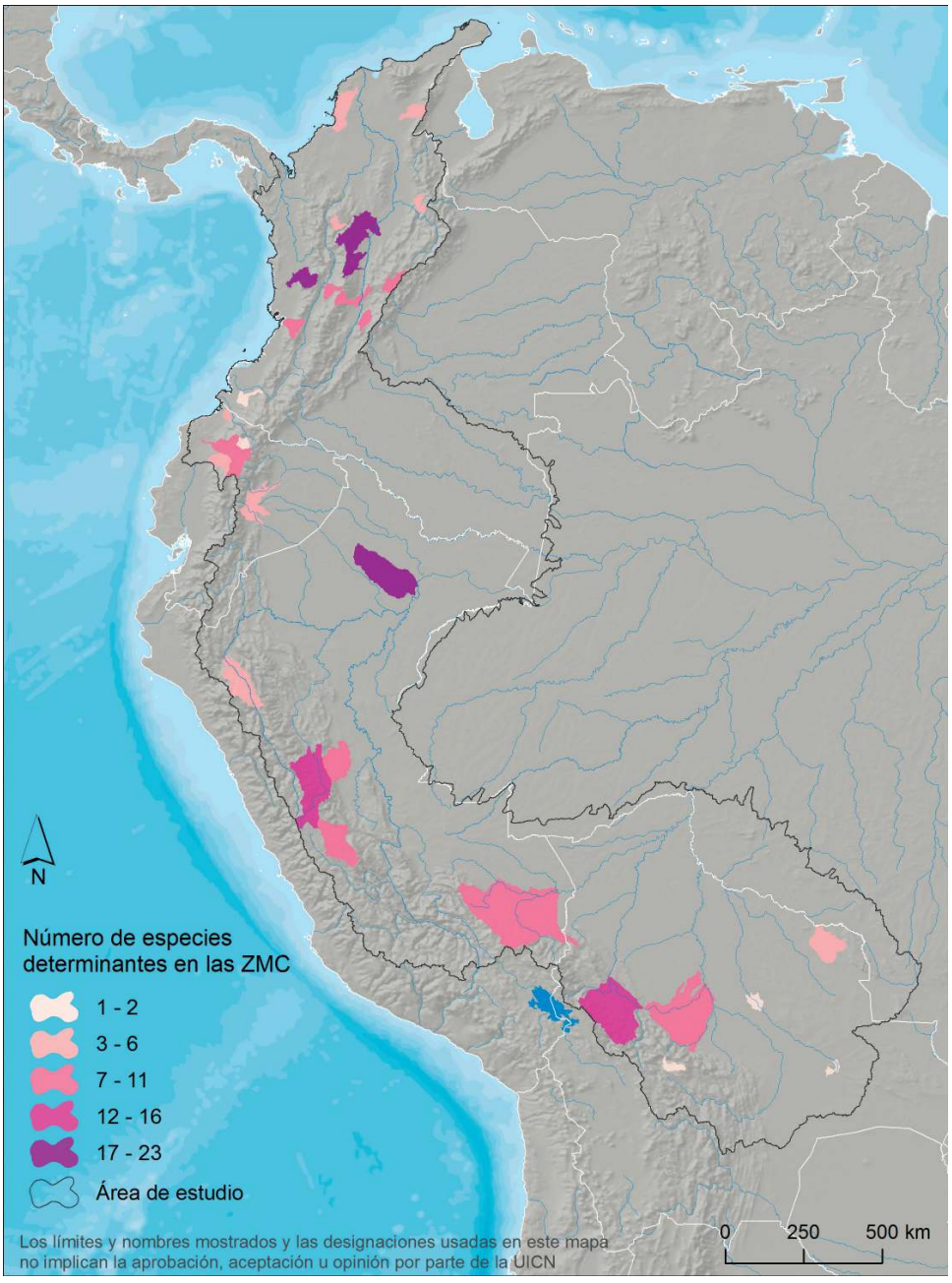


Figura 7.3 Zonas de Manejo de Cuenca (ZMC) delimitadas dentro del área de estudio, incluyendo el número de especies validadas dentro de cada una.

Tabla 7.3 Zonas de Manejo de Cuenca delimitadas por país y número de especies determinantes únicas (algunas especies califican para ambos criterios) validadas en cada ZMC. C1 = Criterio 1 (especies amenazadas); C2 = Criterio 2 (especies de distribución geográfica restringida); Especies AZE = especies que determinan sitios de la Alianza para la Extinción Cero. Cuenca: nombre de las cuencas donde se encuentran las ZMC de acuerdo con la figura 2.2 (Capítulo 2).

Zonas de Manejo de Cuenca (ZMC)	C1	C2	Especies determinantes únicas	Especies AZE	Cuenca	País
Alto Beni	2	15	15	0	Beni	Bolivia
Alto Río San Pablo	1	1	1	0	Iténez	Bolivia
Bajo Paraguá	1	4	4	1	Iténez	Bolivia
Chapare-Secure	3	8	9	1	Mamoré	Bolivia
Ríos de Cochabamba	1	1	1	0	Mamoré	Bolivia
Río San Pablo	1	1	1	1	Mamoré, Iténez	Bolivia
Arroyos Costeros Planicie Caribe	2	4	4	0	Bajo Magdalena, Sinú-Caribe	Colombia
Páramo Belmira	3	5	5	1	Nechí	Colombia
Río Bogotá	3	8	8	1	Sabana de Bogotá	Colombia
Río Calenturitas	5	2	6	1	César	Colombia
Río Coello	7	3	7	1	Alto Magdalena	Colombia
Río La Miel	11	14	20	0	Medio Magdalena	Colombia
Río La Vieja	6	8	11	0	Alto, Medio Cauca	Colombia
Río Lebrija	2	5	6	1	Medio Magdalena	Colombia
Río Nare	14	15	21	0	Medio Magdalena	Colombia
Río Prado	7	2	7	1	Alto Magdalena	Colombia
Río San Juan	9	20	20	3	Río San Juan	Colombia
Río Telembí	1	2	2	1	Bajo Patía	Colombia
Ríos Dagua-Anchicayá	7	10	10	0	Coyanero-Dagua	Colombia
Alto Guayllabamba	0	9	9	0	Esmeraldas	Ecuador
Alto Río Blanco	2	4	4	0	Esmeraldas	Ecuador
Alto Río Napo	1	3	3	1	Napo	Ecuador
Río Cachaví	1	3	3	1	Cayapas	Ecuador
Río Pastaza-Bobonaza	1	5	5	1	Pastaza	Ecuador
Sistema Hídrico Imbakucha	1	1	1	1	Mira	Ecuador
Alto Madre de Dios	5	9	10	1	Madre de Dios	Perú
Alto Perené	5	10	10	1	Ucayali	Perú
Alto Río Huallaga	5	16	16	3	Huallaga	Perú
Río Aguaytía	2	9	9	2	Ucayali	Perú
Río Alto Marañón	1	4	4	0	Marañón	Perú
Río Nanay	3	23	23	3	Amazonas	Perú

dentro de las 31 ZMC se adoptaron y delimitaron 59 ACB para 119 especies determinantes que podrían beneficiarse de medidas de conservación a escala de sitio (Figura 7.4).

Con toda la información recopilada durante el taller, se elaboraron 31 fichas técnicas para cada ZMC, para que sirvan de base para el monitoreo, a fin de detectar futuros cambios en las ACB de agua dulce (ver Apéndice 3 para ejemplo de una ficha). Estas fichas estarán disponibles pronto para su descarga y consulta en la página web de la World Biodiversity Database (WBDB), manejada por BirdLife International: http://www.birdlife.org/datazone/freshwater.

Durante el último día del taller, se revisaron ACB y Áreas Protegidas (AP) existentes fuera de las ZMC, para incluir especies determinantes que no habían sido cubiertas por las ACB de agua dulce delimitadas. Este paso adicional resultó en la delimitación de 27 ACB para 35 especies determinantes, de las cuales 3 son nuevas ACB, 15 son ACB existentes y 9 son AP adoptadas. La Tabla 7.4 enumera todas las ACB de agua dulce delineadas y adoptadas *fuera* de las ZMC y las especies determinantes en cada ACB. Para este proceso, no fue posible delinear ni documentar las ZMC debido a limitaciones de tiempo.

En resumen, para un total de 151 especies determinantes, se adoptaron 39 ACB y 22 AP existentes, y se delinearon 25 nuevas ACB de agua dulce en los Andes Tropicales (Tabla 7.5 y Apéndice 3). Las figuras 7.5, 7.6, 7.7 y 7.8 muestran las ACB identificadas por país: Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú.

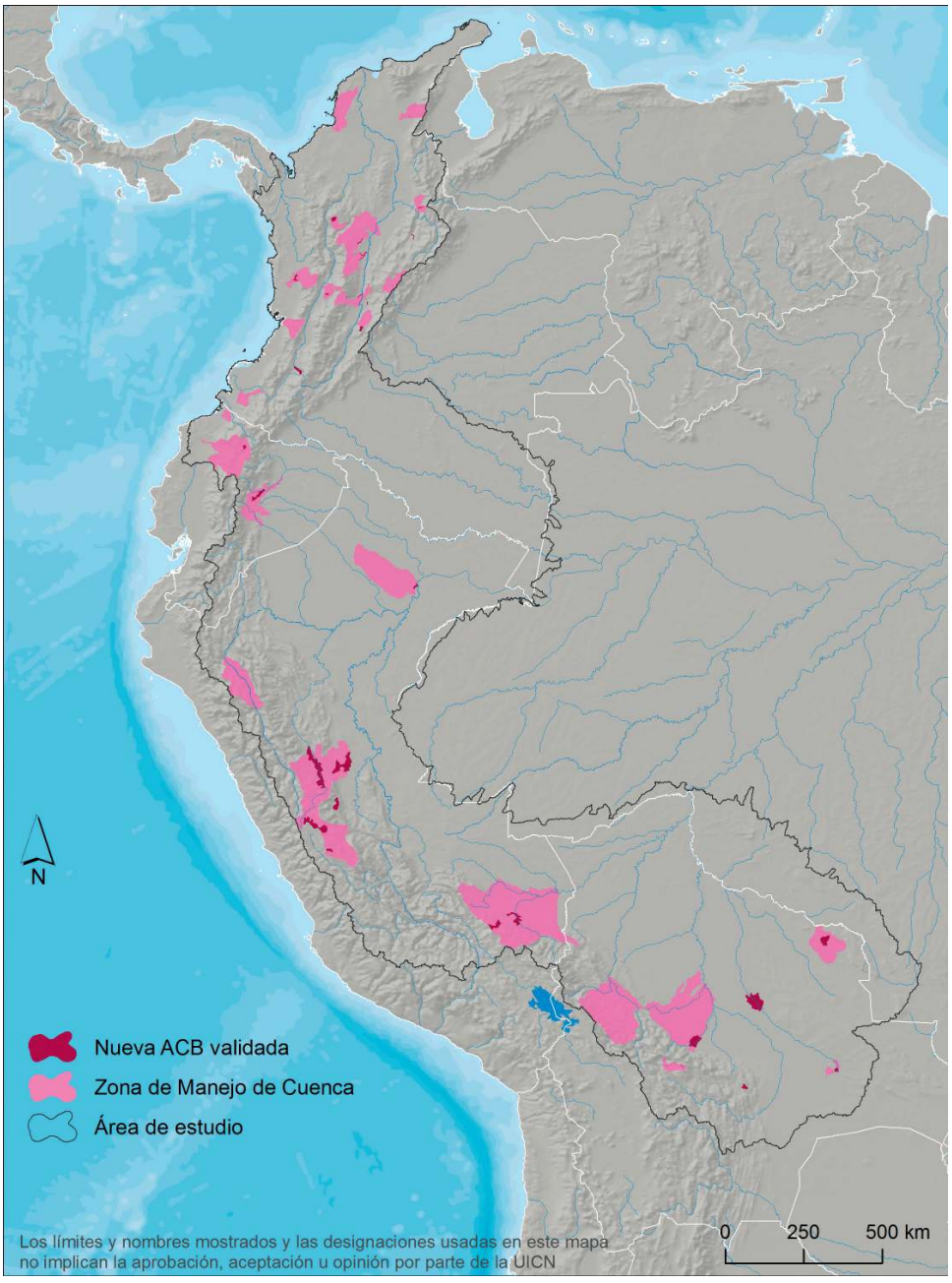


Figura 7.4 Nuevas ACB de agua dulce delimitadas dentro de las ZMC en los Andes Tropicales.

Tabla 7.4 Nuevas ACB de agua dulce delimitadas (*) y adoptadas fuera de ZMC, incluyendo las especies determinantes y grupo taxonómico. C1 = Criterio 1 (especies amenazadas); C2 = Criterio 2 (especies de distribución geográfica restringida); AZE = sitio de la Alianza para la Extinción Cero.

País	ACB	Especies Determinantes	Grupo	C1	C2	AZE
Bolivia	Río Achira*	*Argia rosseri*	Libélulas	-	Sí	No
Colombia	Cenagoso Del Bajo Sinú	*Cynopotamus atratoensis*	Peces	VU	No	No
		Hypostomus wilsoni	Peces	VU	No	No
Colombia	Cuenca Alta del Río Quindío, Salento	*Hemibrycon quindos*	Peces	-	Sí	No
Colombia	Haciendas Ganaderas del Norte del Cauca	*Brycon labiatus*	Peces	EN	Sí	No
		Callichthys fabricioi	Peces	VU	Sí	No
Colombia	La Forzosa-Santa Gertrudis	*Epigomphus pechumani*	Libélulas	-	Sí	No
Colombia	Laguna de Tota	*Rhizosomichthys totae*	Peces	CR	Sí	Sí
Colombia	Los Katíos	*Cynopotamus atratoensis*	Peces	VU	No	No
		Hypostomus wilsoni	Peces	VU	No	No
Colombia	Mana Dulce (extensión de bosques de Tolemaida, Piscilago y alrededores)	*Acanthagrion williamsoni*	Libélulas	EN	Sí	Sí
Colombia	Parque Nacional Natural Chingaza	*Astroblepus latidens*	Peces	VU	Sí	No
Colombia	Parque Nacional Natural Paramillo	*Brycon fowleri*	Peces	VU	Sí	No
Colombia	Quebrada Las Lajitas*	*Telebasis farcimentum*	Libélulas	VU	Sí	No
Colombia	Río Oibita*	*Callichthys oibaensis*	Peces	-	Sí	No
Colombia	Serranía de Los Yariguíes	*Astroblepus latidens*	Peces	VU	Sí	No
Ecuador	Cordillera del Cóndor (Ecuador)	*Astroblepus supramollis*	Peces	VU	Sí	No
		Chaetostoma branickii	Peces	VU	No	No
Ecuador	P. Nacional Sumaco Napo-Galeras y Baeza Lumbaqui	*Mesamphiagrion ecuatoriale*	Libélulas	-	Sí	No
Ecuador	Parque Nacional Podocarpus	*Archaeopodagrion armatum*	Libélulas	-	Sí	No
Ecuador	Reserva Biológica Limoncocha	*Peruviogomphus pearsoni*	Libélulas	-	Sí	No
		Aphylla silvatica	Libélulas	-	Sí	No
Perú	Ampiyacu-Apayacu Zona de Amortiguamiento	*Moenkhausia atahualpiana*	Peces	-	Sí	No
		Pimelodella cyanostigma	Peces	-	Sí	No
		Hypoptopoma bilobatum	Peces	-	Sí	No
		Hyphessobrycon robustulus	Peces	-	Sí	No
		Bryconamericus phoenicopterus	Peces	-	Sí	No
Perú	Cordillera del Cóndor (Perú)	*Astroblepus supramollis*	Peces	VU	Sí	No
		Chaetostoma branickii	Peces	VU	No	No
Perú	Cordillera Yanachaga extensión	*Polythore victoria*	Libélulas	-	Sí	No
Perú	El Sira Zona de Amortiguamiento	*Tahuantinsuyoa chipi*	Peces	VU	Sí	No

País	ACB	Especies Determinantes	Grupo	C1	C2	AZE
Perú	Junín Zona de Amortiguamiento	*Orestias polonorum*	Peces	EN	Sí	No
		Orestias empyraeus	Peces	-	Sí	No
		Orestias gymnota	Peces	EN	Sí	No
Perú	Lago de Junín	*Orestias polonorum*	Peces	EN	Sí	No
		Orestias empyraeus	Peces	-	Sí	No
Perú	Pacaya Samiria	*Apistogramma cinilabra*	Peces	VU	Sí	No
		Otocinclus cocama	Peces	EN	Sí	Sí
		Apistogramma rositae	Peces	-	Sí	No
Perú	Pacaya Samiria Zona de Amortiguamiento	*Apistogramma cinilabra*	Peces	VU	Sí	No
		Otocinclus cocama	Peces	EN	Sí	Sí
Perú	Reserva Comunal El Sira	*Polythore koepckei*	Libélulas	-	Sí	No
		Polythore spaeteri	Libélulas	-	Sí	No
Perú	Tarapoto	*Philogenia peruviana*	Libélulas	-	Sí	No

Tabla 7.5 Número de Zonas de Manejo de Cuenca (ZMC), Áreas Clave para la Biodiversidad Adoptadas (ACB), Áreas Protegidas Adoptadas (AP), Nuevas ACB, Número de Áreas Clave para la Biodiversidad (adoptadas + delineadas) y especies determinantes por país. El total tiene en cuenta duplicaciones de especies dentro de los países y por tanto no representa la suma de las filas.

País	ZMC	ACB Adoptadas	AP Adoptadas	Nuevas ACB	No. total ACB	No. especies Determinantes
Bolivia	6	1	1	6	8	17
Colombia	13	12	9	11	32	50
Ecuador	6	11	1	2	14	18
Perú	6	15	11	6	32	68
TOTAL	31	39	22	25	86	151

Bolivia

En Bolivia se identificaron seis ZMC y se delimitaron ocho ACB, de las cuales una es una ACB adoptada, una es una AP adoptada y seis son nuevas ACB (Tabla 7.5 y Figura 7.5). Las ACB adoptadas y delimitadas en Bolivia incluyen 17 especies determinantes (diez peces y siete libélulas), de las cuales todas tienen distribución restringida, seis están en alguna categoría de amenaza y tres son especies que determinan sitios AZE (Tablas 7.6 y 7.7). Las principales amenazas para las ACB identificadas en Bolivia son la desecación de humedales y el uso de agua para agricultura y ganadería y la contaminación por minería, residuos urbanos y agroquímicos usados en agricultura. A continuación se describen algunas de las ACB seleccionadas. Para mayor información sobre todas las ZMC y las ACB delimitadas dentro de ellas, se pueden ver las fichas en líneas en el enlace al WBDB que se mencionó arriba.

Dos ACB fueron delimitadas en la cuenca del río San Pablo, dentro de la cuenca del Iténez y parte en la cuenca del río Mamoré (Tabla 7.3). Una (Poza del Río San Pablo) en la parte alta de la cuenca, donde hay humedales temporales formados por el río San Pablo dentro del bosque Seco Chiquitano. Allí se encuentra la especie de pez killi, *Spectrolebias pilleti* (VU), endémico de una poza temporal, donde la expansión de la frontera agropecuaria (principalmente plantaciones de soja) sería la principal amenaza para el hábitat de esta especie. Se recomienda la protección de los humedales temporales y la educación y generación de conciencia en la comunidad y los productores agrícolas, además

Río tributario de la cuenca alta del río Chapare en la ZMC Chapare-Secure. Foto: © Fernando M. Carvajal-Vallejos.

de asegurar el cumplimiento y la ejecución de las regulaciones vigentes. La segunda ACB (Río San Pablo) es en la parte baja de la cuenca y corresponde a un sitio AZE para la especie de pez killi *Aphyolebias claudiae*, categorizado como CR. El hábitat donde ocurre esta especie corresponde a humedales temporales que estarían afectados por drenaje para agricultura y ganadería. Se recomiendan acciones de manejo y conservación para esta especie y la educación y concientización de la comunidad para mitigar los efectos de las principales amenazas.

Otra ACB importante de destacar es Río Chapare (incluida en la ZMC Chapare-Secure) en la cuenca del río Mamoré (Tabla 7.3), que corresponde a un sitio AZE para el pez de agua dulce *Knodus shinahota* (CR) y que también incluye al pez *Oligosarcus schindleri* (EN) y posiblemente otras especies que necesitan confirmación. El sitio está en el piedemonte del río Chapare y el hábitat corresponde a ríos de aguas blancas, con periodos de inundación irregulares y grandes áreas de inundación y cochas. Las principales amenazas son la contaminación por actividades agrícolas y por residuos urbanos y explotación de petróleo. Se recomienda la protección y restauración del hábitat para estas especies y la educación y concientización de la sociedad sobre los problemas de contaminación.

Las nuevas ACB identificadas y delimitadas en Bolivia no se encuentran dentro del corredor prioritario Madidi-Pilón Lajas-Cotapata identificado en el Perfil de Ecosistema del Hotspot de los Andes Tropicales, realizado por el Critical Ecosystem Parternship Fund (CEPF 2015) (Figura 7.5). Tampoco se encuentran dentro de los otros corredores identificados en el perfil (p. ej. Isiboro-Amboró). Esto se debe a que, por un lado, en el perfil de ecosistema no se incluyeron especies de agua dulce y, por el otro, que el presente proyecto incluyó la vertiente amazónica de los Andes Tropicales, donde se encuentran cuatro de las ACB delimitadas. Sin embargo, la única ACB existente adoptada en Bolivia (Cotapata), sí se encuentra dentro del corredor prioritario de CEPF y albergaría cuatro especies determinantes de agua dulce.

Colombia

Para Colombia, se identificaron 13 ZMC y se delimitaron 32 ACB, de las cuales 12 son ACB adoptadas, nueve son AP adoptadas y 11 son nuevas ACB (Tabla 7.5 y Figura 7.6). Las ACB adoptadas y delimitadas en Colombia incluyen 50 especies determinantes (35 peces, 14 libélulas y un molusco), de las cuales 42 tienen distribución restringida, 41 están en alguna categoría de amenaza y 12 son especies que determinan sitios AZE (Tablas 7.6 y 7.7). Las principales amenazas para las ACB identificadas en Colombia son la conversión de tierras para agricultura y ganadería y la contaminación por minería y agroquímicos usados en agricultura. A continuación se describen algunas de las ACB delimitadas en Colombia.

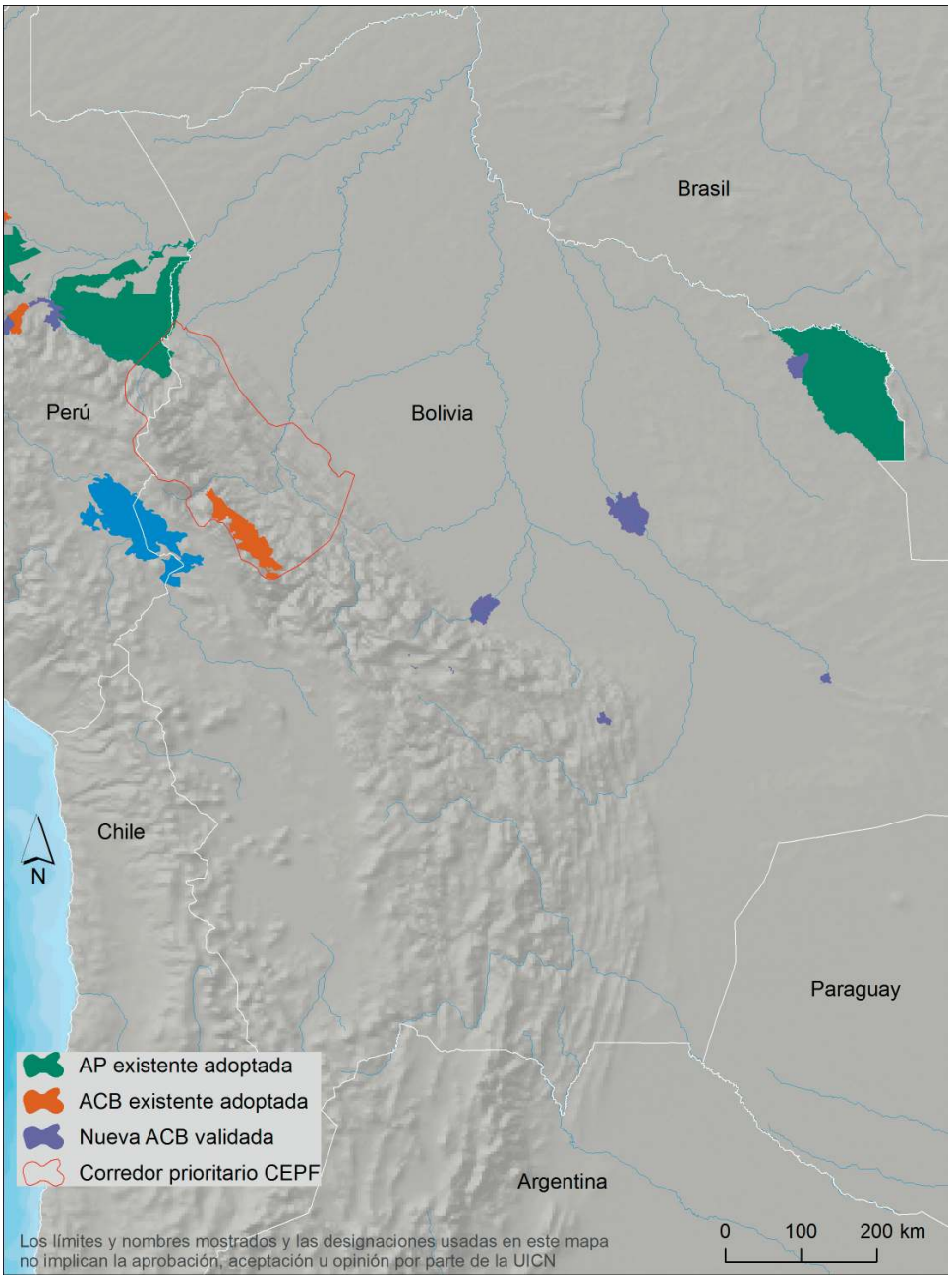


Figura 7.5 Áreas Protegidas, ACB existentes adoptadas y nuevas ACB de agua dulce delimitadas en Bolivia. En rojo se indican los corredores prioritarios identificados por CEPF.

Dos ACB fueron delimitadas en la cuenca del río Coello (ZMC Río Coello) en la cuenca del alto Magdalena (Tabla 7.3). Una (Quebrada Cay) es una extensión de la ACB existente Cañón del Río Combeima. La Quebrada Cay es de aguas transparentes, con pendiente alta y suelos rocosos y arenosos que se encuentra en el bosque montano. Allí se encuentran los peces de agua dulce *Bryconamericus tolimae* (VU) y *Trichomycterus transandianus* (VU), las especies que determinan esta ACB. Las principales amenazas son la contaminación por agroquímicos usados en las plantaciones de café y la erosión y sedimentación producto de la deforestación para agricultura. En las partes más bajas de la quebrada, hay también contaminación por desechos urbanos. La segunda ACB (Río Opia) está ubicada en la parte baja de la cuenca del río Opia y corresponde a un sitio AZE para la única especie de molusco de agua dulce incluida en este análisis, la ostra *Acostaea rivolii*, categorizada como CR. Esta especie se distribuía más ampliamente en otras cuencas de Colombia, pero debido a la extracción para consumo, sustracción de agua, urbanización y contaminación del hábitat, ahora solo se encuentra en un trecho de 28 km en la parte baja de la cuenca (Hoyos 2011). El río Opia es un río torrencial moderado, con rápidos y remansos y sustrato de arena y rocas. Actualmente, el río está afectado por contaminación, principalmente por agroquímicos de los cultivos de arroz y desechos urbanos e industriales. Existe un plan de manejo para *A. rivolii*, que recomienda la protección del hábitat crítico para la especie, monitoreo de la población, evaluar el nivel de extracción para subsistencia, investigación para mejorar el entendimiento de su distribución, ecología y las amenazas que la afectan e implementación de programas de educación (López-Delgado *et al*. 2009). Se recomienda el cumplimiento y la ejecución del plan de manejo y de las regulaciones vigentes para la protección de la ostra, así como

El río Opia, donde se encuentra la ostra *Acostaea rivolii* (CR), es un sitio AZE que define el Área Clave para la Biodiversidad río Opia.
Foto: © Gladys Reinoso.

también la restauración de su hábitat y la conservación *ex-situ* y re-introducción de la especie.

La ACB Páramo Belmira (dentro de la ZMC Páramo Belmira), es otra de las identificadas y delimitadas en Colombia, en la cuenca del río Nechí (Tabla 7.3). Corresponde a una extensión del Distrito de Manejo Integrado Sistema de Páramos y Bosques Altoandinos del Noroccidente Medio Antioqueño, considerado como un área protegida (que también fue adoptada como ACB para incluir dos especies de libélulas). La ACB Páramo Belmira incluye a dos especies determinantes de libélulas, *Mesamphiagrion gaudiimontanum* (EN) y *Rhionaeschna caligo* (EN), esta última correspondiente a un sitio AZE. El hábitat corresponde a bosque montano de altura (2400 a 3350 m s.n.m.) y pastizales de páramo con pozas y pequeñas lagunas y arroyos. Las principales amenazas son la minería, la expansión de la agricultura y ganadería y la introducción de la trucha (probablemente una de las amenazas más severas para las libélulas). Se recomienda la expansión del área protegida para incluir a las especies en la ACB y el control de la trucha.

Otra de las ACB para destacar en Colombia es Río San Juan (dentro de la ZMC Río San Juan), en la cuenca del mismo nombre (Tabla 7.3). La ACB incluye tres especies de peces que definen sitios AZE: *Chaetostoma palmeri* (EN), *Trichomycterus unicolor* (EN), e *Imparfinis spurrellii* (EN). La cuenca del río San Juan se caracteriza por arroyos de aguas blancas, torrenciales rodeados de bosques lluviosos tropicales. Las principales amenazas son la minería de oro y platino, tala ilegal y conversión de bosques a agricultura, particularmente plantaciones de coca. Se recomienda el cumplimiento y la ejecución de las regulaciones vigentes sobre las actividades mineras y la creación de un corredor ecológico entre el Parque Nacional Tatamá y la ACB.

Las nuevas ACB identificadas y delimitadas en Colombia no se encuentran dentro de los corredores prioritarios (Paraguas-Munchique y Cotacachi-Awá) identificados en el Perfil de Ecosistema del Hotspot de los Andes Tropicales (CEPF 2015) (Figura 7.6). Sin embargo, cuando se consideran otros corredores identificados en el perfil, el corredor Norte de la Cordillera Oriental alberga dos ACB (Río Lebrija y Río Oibita) y el corredor Sur de la Cordillera Central alberga parte de la ACB Quebrada Las Lajitas.

Ecuador

En Ecuador, se identificaron seis ZMC y se delimitaron 14 ACB, de las cuales 11 son ACB adoptadas, una es una AP adoptada y dos son nuevas ACB (Tabla 7.5 y Figura 7.7). Las ACB adoptadas

El Páramo Belmira en Antioquia, Colombia, fue identificado como ACB para dos especies de libélulas amenazadas.
Foto: © Cornelio Bota-Sierra.

Tabla 7.6 Número de especies amenazadas, especies de distribución geográfica restringida, especies determinantes y especies que determinan sitios AZE. El total tiene en cuenta la duplicación de especies y por lo tanto, en algunos casos, no equivale a la suma de las filas.

	Bolivia	Colombia	Ecuador	Perú	Total
Especies determinantes	17	50	18	68	**151**
Especies amenazadas	6	41	8	22	**75**
Especies de distribución geográfica restringida	17	45	17	66	**144**
Especies que determinan sitios AZE	3	12	4	11	30

y delimitadas en Ecuador incluyen 18 especies determinantes (ocho peces y diez libélulas), de las cuales 17 tienen distribución restringida, ocho están en alguna categoría de amenaza y cuatro son especies que determinan sitios AZE (Tablas 7.6 y 7.7). Las principales amenazas para las ACB identificadas en Ecuador son la deforestación para agricultura, ganadería y urbanización y la contaminación por minería y residuos urbanos. A continuación se describen algunas de las ACB seleccionadas.

La ACB Río Sinde (dentro de la ZMC Alto Río Napo), en la cuenca del río Napo (Tabla 7.3), incluye un sitio AZE determinado por la especie de libélula *Telebasis flammeola* (EN), que ocurre en las charcas y pantanos a los lados del río. El hábitat corresponde a arroyos de piedemonte amazónico. Las principales amenazas son la deforestación debido a la expansión de la agricultura y las áreas urbanas y la extracción de áridos. Se recomienda la protección de las charcas y pantanos donde se encuentra la especie, además de educación y concientización de la comunidad para preservar el hábitat.

Otra de las nuevas ACB delimitadas en Ecuador es la Laguna San Pablo y Zona de Captación (dentro de la ZMC Sistema Hídrico

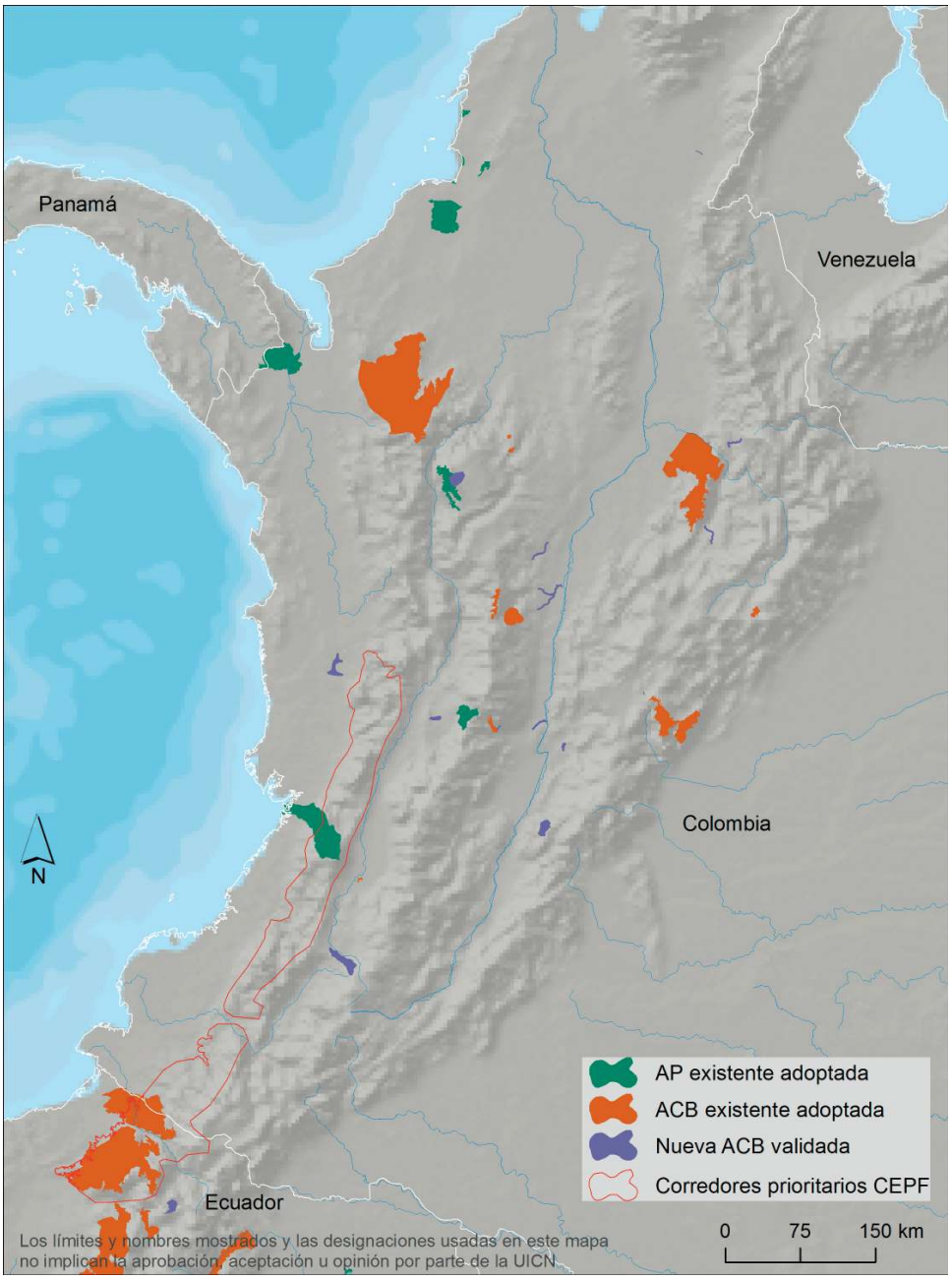


Figura 7.6 Áreas Protegidas, ACB existentes adoptadas y nuevas ACB de agua dulce delimitadas en Colombia. En rojo se indican los corredores prioritarios identificados por CEPF.

Imbakucha), en la cuenca del río Mira (Tabla 7.3), que incluye el sitio AZE determinado por el pez de agua dulce *Atroblepus ubidiai* (CR). El hábitat corresponde a lagunas permanentes y temporales y manantiales rodeadas de humedales y arroyos temporarios y con vegetación de poáceas y bosque secundario. Las principales amenazas para la ACB son las actividades agrícolas y ganaderas en la región, incluyendo la extracción de agua para agricultura y cultivo de pasturas, la contaminación por desechos urbanos y la introducción de especies como la tilapia. Se recomienda el manejo de los residuos urbanos y el control de especies introducidas.

Las nuevas ACB delimitadas en Ecuador no se encuentran dentro de los corredores prioritarios Noroeste de Pichincha y Cotacachi-Awá identificados en el Perfil de Ecosistema del Hotspot de los Andes Tropicales (CEPF 2015) (Figura 7.7). Sin embargo, dos ACB, ambas conteniendo sitios AZE fueron adoptadas por ACB existentes que se encuentran dentro de corredores identificados por el perfil de ecosistema. La primera es la adopción del ACB Corredor Ecológico Llanganates-Sangay que contiene el sitio AZE para la libélula *Metaleptobasis gibbosa* (CR), además de otras dos especies de libélulas determinantes *Archaeopodagrion bicorne* y *Teinopodagrion angulatum*. Esta ACB se encuentra dentro del corredor Cotopaxi-Amaluza, identificado por el perfil de ecosistema de CEPF. La otra ACB adoptada es Río Cachaví, incluida en la ACB existente Territorio Étnico Awá y alrededores que a su vez está dentro del corredor Cotacachi-Awá. Esta alberga el sitio AZE para el pez de agua dulce *Sturisomatichthys frenatus* (CR), además de otras dos especies de peces determinantes *Hypostomus annectens* y *Sicydium rosenbergii*.

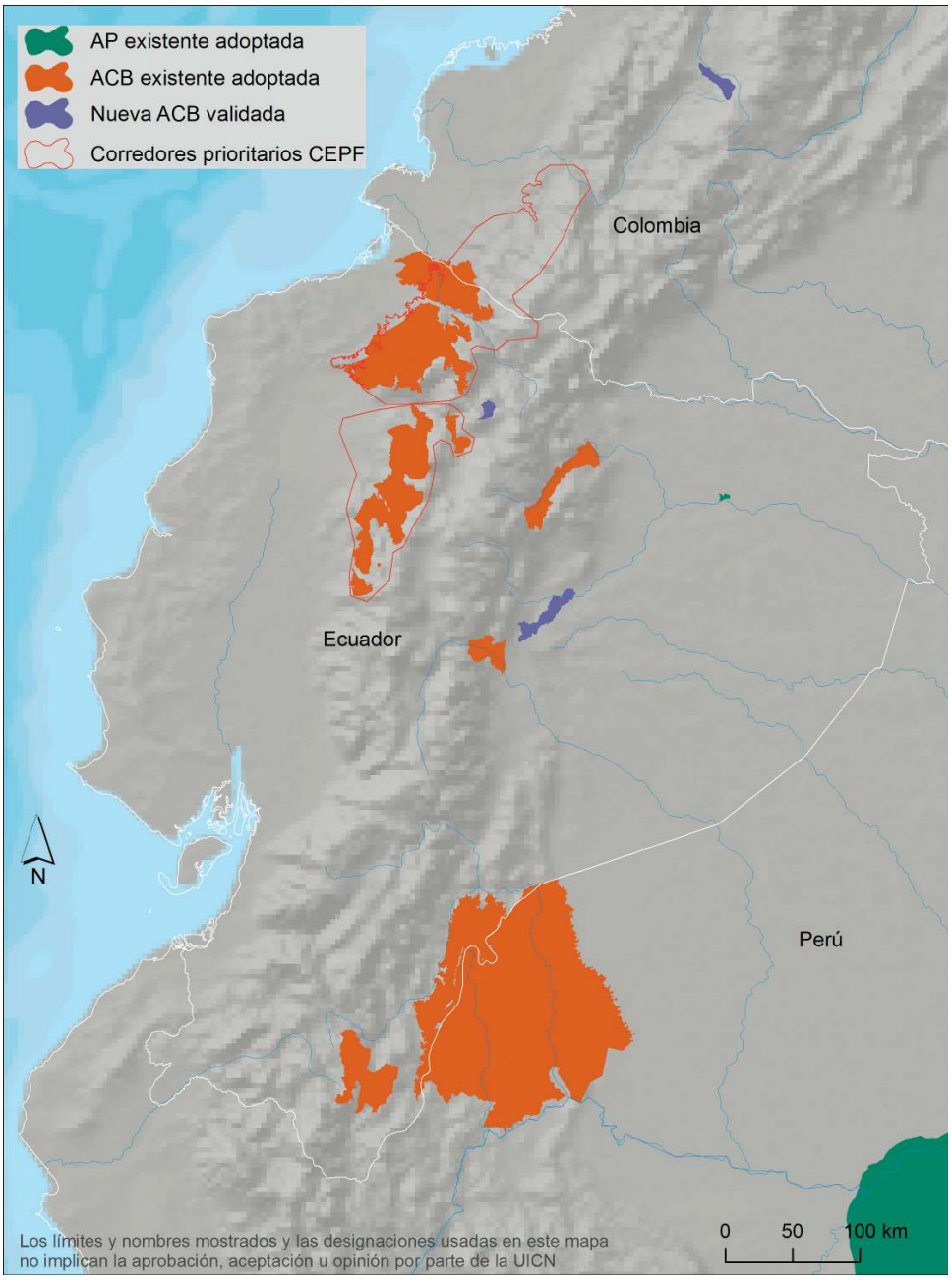


Figura 7.7 Áreas Protegidas, ACB existentes adoptadas y nuevas ACB de agua dulce delimitadas en Ecuador. En rojo se indican los corredores prioritarios identificados por CEPF.

Río Cachaví, en la cuenca del río Cayapas, es una ACB adoptada dentro de la ACB existente Territorio Étnico Awá.
Foto: © Pedro Jiménez Prado.

Tabla 7.7 Número de especies determinantes por grupo y por país.

Grupo	Bolivia	Colombia	Ecuador	Perú	Total
Peces	10	35	8	51	**104**
Libélulas	7	14	10	17	**46**
Moluscos	0	1	0	0	**1**

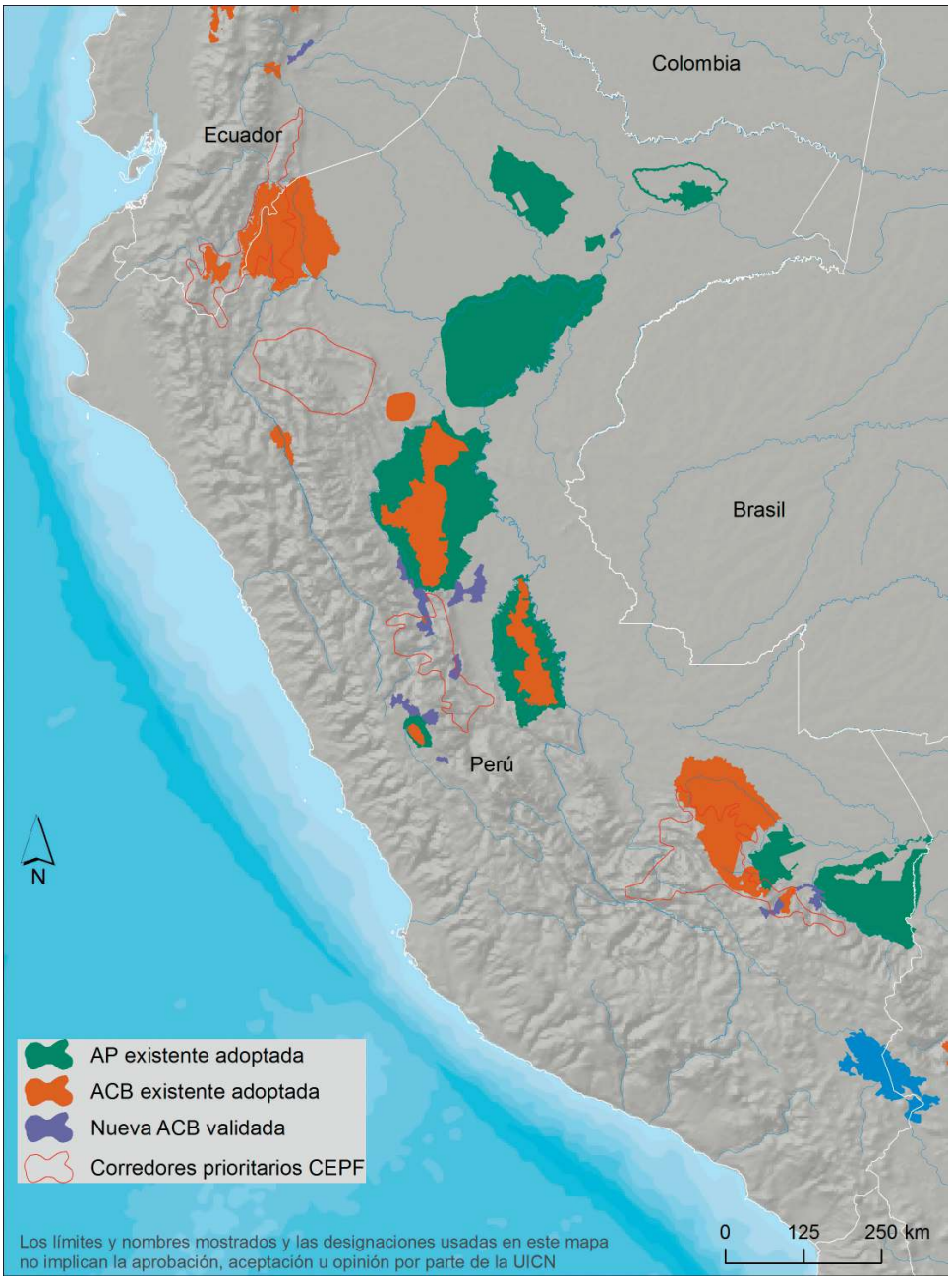


Figura 7.8 Áreas Protegidas y ACB existentes adoptadas y nuevas ACB de agua dulce delimitadas en Perú. En rojo se indican los corredores prioritarios identificados por CEPF.

Perú

Para Perú, se identificaron seis ZMC y se delimitaron 32 ACB, de las cuales 15 son ACB adoptadas, 11 son AP adoptadas y seis son nuevas ACB (Tabla 7.5 y Figura 7.8). Las ACB adoptadas y delimitadas en Perú incluyen 68 especies determinantes (51 peces y 17 libélulas), de las cuales 65 tienen distribución restringida, 22 están en alguna categoría de amenaza y 11 son especies que determinan sitios AZE (Tablas 7.6 y 7.7). Las principales amenazas para las ACB identificadas en Perú son la conversión de tierras para plantaciones de coca y palmas aceiteras,

contaminación por minería, desechos urbanos y agroquímicos usados en agricultura y silvicultura y represamientos de agua. A continuación se describen algunas de las ACB delimitadas en Perú.

Dos ACB fueron delimitadas o adoptadas en cada uno de cuatro ZMC (Alto Perené, Alto Río Huallaga, Río Nanay y Río Aguaytía), en las cuencas de los ríos Ucayali, Huallaga y Amazonas (Tabla 7.3). En Alto Perené, las ACB delimitadas fueron Río Alto Perené en Acobamba y Cabeceras del Río Perené. La primera se encuentra cerca del pueblo de Tarma y alberga el sitio AZE para el pez de agua dulce *Astroblepus formosus* (CR). La ACB Cabeceras del Río Perené fue delimitada para incluir las especies de peces *Orestias gymnota* (EN) y *O. empyraeus* (de distribución restringida). El hábitat corresponde a arroyos de montaña que discurren a través de matorrales fragmentados por áreas urbanas y agrícolas hacia el bosque de lluvias tropical degradado en el Valle de Chanchamayo. Las principales amenazas para los ecosistemas de agua dulce en esta región son la contaminación y deforestación para agricultura (incluyendo cultivos de coca) y expansión urbana. Se recomienda el control y manejo de las actividades que producen contaminación y sedimentación en la cuenca.

Orestias empyraeus, especie de distribución restringida determinante de la ACB Cabeceras del Río Perené, en la parte alta de la cuenca del río Ucayali, Perú. Foto: © Mikael Lundberg.

En la ZMC Río Aguaytía se delimitaron las ACB Río Aguaytía y Río San Alejandro, además de adoptarse la ACB existente Parque Nacional Cordillera Azul y su zona de amortiguamiento. La ACB Río Aguaytía alberga el sitio AZE para el pez de agua dulce *Aposturisoma myriodon* (CR) y además incluye las especies de peces de distribución restringida *Corydoras coriatae*, *Hemibrycon mikrostiktos* y *Tahuantinsuyoa macantzatza*. La ACB Río San Alejandro alberga el sitio AZE para el pez de agua dulce *Panaqolus albivermis* (EN) y además incluye las especies de peces de distribución restringida *Anablepsoides elongatus* y *Moenkhausia margitae*. El hábitat corresponde a ríos y arroyos permanentes, de aguas claras que fluyen hacia los bosques lluviosos en las zonas más bajas. Las principales amenazas para esta ZMC son la contaminación y deforestación por la expansión urbana y las plantaciones de coca. También, la especie *Panaqolus albivermis* es colectada para el mercado ornamental. Se recomienda la erradicación de los cultivos de coca, el manejo de la recolección de *Panaqolus albivermis* y la educación y concientización de la comunidad.

A excepción de tres ACB parcialmente cubiertas, los corredores prioritarios identificados en el Perfil de Ecosistema del Hotspot de los Andes Tropicales (CEPF 2015) (Figura 7.8) no incluyen las nuevas ACB delimitadas en Perú. Así, las ACB extensión Cordillera Yanachaga y Cuenca Media Huallaga se encuentran incluidas en el corredor Carpish-Yanachaga y la ACB río Marcapata dentro del corredor Cordillera de Vilcanota (Figura 7.8). El corredor Cordillera de Vilcanota incluye además parte de las ACB adoptadas Valle de Cosñipata, Quincemil, Kosnipata Carabaya y Manu y la AP adoptada Reserva Comunal Amarakaeri. Por su parte, el corredor prioritario Condor-Kutuku-Palanda incluye parte de la ACB adoptada Cordillera del Cóndor (Perú).

7.3.4 Área cubierta por Áreas Clave para la Biodiversidad y niveles actuales de protección

El área de las nuevas ACB de agua dulce delimitadas, es decir, excluyendo las ACB y las AP existentes que fueron adoptadas como ACB de agua dulce, es de sólo 12 071 km^2, en comparación

Tabla 7.8 Área cubierta por ACB, áreas protegidas y sub-cuencas determinantes en los Andes Tropicales.

	Área (km^2)	% del Área Total
Andes Tropicales	2 754 775	
Zonas de Manejo de Cuenca (ZMC)	235 035	8.53
ACB terrestres existentes	279 949	10.16
Áreas protegidas (WDPA todas las categorías)	857 339	31.12
Nuevas ACB de agua dulce delimitadas	12 071	0.44
ACB terrestres existentes adoptadas	84 703	3.07
Áreas protegidas adoptadas	121 482	4.40
Total de ACB + PA + ACB existentes	218 256	7.92

con los 84 703 km^2 cubiertos por las ACB existentes adoptadas y los 121 482 km^2 representados por las AP existentes adoptadas (Tabla 7.8). Si bien las nuevas ACB de agua dulce cubren menos del 0.5 % de la superficie total de la región de los Andes Tropicales, albergan 52 especies determinantes, incluyendo 17 especies que determinan sitios AZE.

El área de las ACB de agua dulce validadas dentro de los límites de áreas protegidas y otras ACB existentes es de 218 256 km^2, lo que representa un 7.92 % del área total del área de estudio. A pesar de que la mayoría de las ACB de agua dulce se encuentren dentro de ACB y áreas protegidas existentes, esto no es suficiente para garantizar su conservación, ya que a menudo, las especies determinantes de agua dulce, no se incluyen en los planes de manejo de estos sitios, designados principalmente para la protección de especies terrestres. Es necesario por tanto, informar a las autoridades administrativas responsables sobre la presencia de las especies determinantes de ACB de agua dulce dentro de las ACB y áreas protegidas existentes, para asegurar así que se tengan en cuenta en la planificación e implementación de acciones de conservación y manejo.

7.3.5 Principales amenazas

Las amenazas generales para cada grupo taxonómico ya fueron identificadas y detalladas en los respectivos capítulos. Aquí se incluye una breve descripción de los principales factores de amenaza identificados específicamente para las Zonas de Manejo de Cuencas y Áreas Clave para la Biodiversidad identificadas y delimitadas. En general, estos factores son muy similares a los ya descritos.

Las principales amenazas para la biodiversidad de agua dulce en las ZMC y ACB identificadas durante el taller, son causadas principalmente por la expansión de la agricultura y la ganadería, que han producido altas tasas de deforestación para diversos cultivos y para la expansión de los pastizales. La construcción de presas y embalses ha producido alteraciones en la hidrología y la conectividad de los ríos y lagunas y ha fragmentado el territorio con nuevas carreteras e infraestructuras. La minería ha causado la contaminación y destrucción de hábitats acuáticos y un importante desplazamiento humano para trabajar en las minas de oro como las de Madre de Dios en Perú (ACA 2013).

La contaminación por pesticidas, herbicidas y residuos domésticos se extiende rápidamente a través del curso de los ríos. A esta contaminación hay que añadir el cultivo ilegal de coca, que no solo está asociado con la deforestación, la sobrepesca y la caza ilegal, sino también a la contaminación de suelos, ríos y torrentes con queroseno, ácido sulfúrico y otros insumos químicos que se usan para procesar la coca como en el Chapare Secure (ACB de agua dulce) en Bolivia (CEPF 2015).

Especies exóticas introducidas a través de la acuicultura como la trucha arcoíris o la tilapia, pueden provocar graves daños al

Macho de *Mesamphiagrion gaudiimontanum* (EN), especie determinante de la ACB Páramo de Belmira, Colombia.
Foto: © Cornelio Bota-Sierra.

convertirse en competidoras y depredadoras de las especies autóctonas e introducir enfermedades. Además, estas especies invasoras colonizan nuevos lugares con facilidad al desplazarse a través de los cursos de agua. Algunas de estas especies son consideradas como transformadoras directas de los ecosistemas, ya que aumentan los niveles de eutrofización y deterioran la calidad de las aguas.

7.3.6 Actores potencialmente interesados

Ahora que las ACB de agua dulce han sido identificadas y delineadas en los Andes Tropicales, y que la información sobre cada ZMC estará disponible públicamente en el World Biodiversity Database (WBDB) y el Integrated Biodiversity Assessment Tool (IBAT), es necesario que diferentes organizaciones e individuos lideren el proceso que transforme las recomendaciones dispuestas en este reporte, en acciones que aseguren la persistencia de las especies determinantes identificadas.

Las ACB están diseñadas para ser utilizadas a nivel local y regional, en un proceso participativo que cuente con los actores locales interesados para maximizar la implementación de las prioridades para la conservación a escala de sitio. Durante el taller, fueron identificadas un total de 94 organizaciones e instituciones potencialmente interesadas en las Zonas de Manejo de Cuenca (Apéndice 3).

7.4 Conclusiones y recomendaciones

Los Andes Tropicales han sido reconocidos como una de las regiones de mayor biodiversidad del planeta, incluyendo una enorme diversidad y alto grado de endemismo de especies de agua dulce. Sin embargo, hasta el momento, los ejercicios de priorización de conservación en la región han estado enfocados en especies principalmente terrestres (CEPF 2015). La falta de información de base sobre el estado de conservación y la distribución de especies de agua dulce, ha impedido su incorporación en la identificación de sitios prioritarios de conservación, tales como las Áreas Clave para la Biodiversidad y los Corredores Prioritarios identificados por CEPF (2015). Este reporte pretende cubrir algunos de los vacíos de información de la biodiversidad de agua dulce en la región, utilizando criterios globales estandarizados y un enfoque que tiene en cuenta la conectividad hidrográfica de las cuencas de captación.

En el nuevo enfoque para la delimitación de ACB de agua dulce, puesto en práctica en este proyecto, resalta la adopción de Zonas de Manejo de Cuenca como un marco hidrográfico a escala de paisaje, que facilita el Manejo Integrado de Cuencas (Integrated River Basin Management), teniendo en cuenta la ACB contenida adentro. Así, el proceso promueve la gestión, conservación y el desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, incluyendo a todos los sectores involucrados en la ZMC (p. ej. industrial, agropecuario, ambiental, comunidad), con el fin de maximizar los beneficios económicos y sociales derivados de los recursos hídricos de manera equitativa, manteniendo y, de ser necesario, restaurando los ecosistemas de agua dulce (http://wwf.panda.org/about_our_earth/about_freshwater/rivers/irbm/). De esta manera, conociendo sobre la existencia de una o más especies determinantes dentro de la ZMC, para las cuales se han delimitado ACB, permitirá entonces integrarla en la toma de decisiones y promover actividades que aseguren su conservación.

Este proyecto ha confirmado la presencia de números excepcionales de especies endémicas y amenazadas, principalmente de peces y libélulas, que han determinado ACB y confirmado la importancia de la región para el mantenimiento de la biodiversidad de agua dulce a nivel global. La identificación y delimitación de estas ACB pone de manera efectiva a las especies de agua dulce en el mapa, proporcionando datos fundamentales que servirán como base para el desarrollo e implementación de acciones necesarias de conservación a escala de sitio. Es muy importante que las estrategias de conservación incorporen un inventario y monitoreo de las especies acuáticas de agua dulce. Las fichas informativas sobre las Zonas de Manejo de Cuenca pueden ser utilizadas para comparar información y hacer un seguimiento de las especies a mediano y largo plazo.

La identificación de 30 especies que determinan sitios AZE es indicativa de la importancia de la biodiversidad de agua dulce en la región, ya que éstos representan sitios irreemplazables en un posible portafolio de conservación. Esta información es vital para ser tenida en cuenta a la hora de planificar actividades de desarrollo e infraestructura en la región. Efectivamente, es en las áreas tropicales de países en desarrollo donde la conservación de la enorme biodiversidad existente y el incremento de la población y la creciente demanda de recursos, enfrenta los mayores desafíos. Sin embargo, ambas actividades tienen el potencial de beneficiarse mutuamente a partir de la coordinación de objetivos que tiendan a favorecer o al menos, no perjudicar a la otra actividad (Gorenflo y Warner 2016).

Las ACB han sido adoptadas dentro de las metas y objetivos de convenciones internacionales, como el Convenio sobre la Biodiversidad Biológica (específicamente en relación a la Meta 11 de Aichi, sobre la expansión de la red de áreas protegidas). De esta forma, las ACB pueden informar procesos de designación y expansión estratégica de nuevas áreas protegidas, que tengan en cuenta la biodiversidad de agua dulce, históricamente poco representada en los planes de manejo y en los sistemas nacionales de áreas protegidas.

En relación a la Convención de Ramsar, las ACB de agua dulce proporcionan información clave para la identificación y designación de humedales de importancia internacional. Varios criterios de las ACB se corresponden con los criterios para la designación de Sitios Ramsar, como por ejemplo el Criterio 2 “Un humedal deberá ser considerado de importancia internacional si sustenta especies Vulnerables, En Peligro o En Peligro Crítico, o comunidades ecológicas amenazadas”. Dados

los esfuerzos de la Convención de Ramsar para aumentar las designaciones de sitios para incluir especies diferentes a las aves (Criterios 7, 8 y 9), las ACB de agua dulce identificadas en este proyecto para peces y libélulas, pueden servir para expandir la red de sitios Ramsar a través de la región. En particular, las ACB aquí identificadas pueden contribuir a la *Iniciativa Regional de Ramsar para la Conservación y el Uso Racional de los Humedales Alto Andinos*. Esta iniciativa, contribuye a la implementación del nuevo Plan Estratégico de Ramsar (2016-2024) y promueve la cooperación regional y bilateral para el inventariado y el manejo integrado de humedales y sus cuencas hidrográficas, así como la movilización de recursos financieros para la aplicación de acciones de conservación sobre el terreno.

Las ACB son también utilizadas por los principales donantes como el Critical Ecosystem Partnership Fund (CEPF) y la Fundación MacArthur, para asignar sus recursos financieros de forma estratégica para la conservación. Además, las ACB han sido adoptadas como directrices de Salvaguardas Medioambientales por el sector privado e importantes donantes como el grupo del Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo. Una vez que las ACB han sido identificadas y delimitadas, es responsabilidad de estos actores asegurarse de que se llevan a cabo los esfuerzos necesarios para evitar cualquier impacto negativo que puedan causar sus inversiones u operaciones dentro de las ACB.

Finalmente, la biodiversidad de agua dulce es poco valorada por el público en general, lo cual reduce el apoyo necesario para el manejo efectivo de las ACB. Es necesario por tanto, una comunicación eficaz y estratégica para concientizar al público sobre el valor de estas especies y los pasos necesarios para su conservación y uso sostenible.

7.5 Referencias

Abell, R., Allan, J.D. y Lehner, B. 2007. Unlocking the potential of protected areas for freshwaters. *Biological Conservation*, 134: 48-63.

Amazon Conservation Association (ACA) .2013. *Illegal Gold Mining in Madre de Dios, Peru*. ACA, Washington, DC.

CEPF. 2015. *Perfil de Ecosistema: Hotspot de Biodiversidad de los Andes Tropicales*.

Darwall, W.R.T., Holland, R.A., Smith, K.G., Allen, D., Brooks, E.G.E., Katarya, V., Pollock, C.M., Shi, Y., Clausnitzer, V., Cumberlidge, N., Cuttelod, A., Dijkstra, K.-D.B., Diop, M.D., Garcia, N., Seddon, M.B., Skelton, P.H., Snoeks, J., Tweddle, D. y Vié, J.-C. 2011. Implications of bias in conservation research and investment for freshwater species. *Conservation Letters*, 4(6): 474–482.

Darwall, W., Carrizo, S., Numa, C., Barrios, V., Freyhof, J. y Smith, K. 2014. *Freshwater Key Biodiversity Areas in the Mediterranean Basin Hotspot: Informing species conservation and development planning in freshwater ecosystems*. IUCN, Cambridge, UK and Malaga, Spain.

Gorenflo, L.J. y Warner, D.B. 2016. Integrating biodiversity conservation and water development: in search of long-term solutions. *WIREs: Water*, 3: 301–311.

Holland, R.A., Darwall, W.R.T. y Smith, K.G. 2012. Conservation priorities for freshwater biodiversity: the Key Biodiversity Area approach refined and tested for continental Africa. *Biological Conservation*, 148(1): 167-179.

Hoyos, N.E.G. 2011. Aspectos bioecológicos de la ostra de agua dulce (*Acostaea rivolii*) en la cuenca del Río Opia, Departamento del Tolima. Tesis de pregrado Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.

IUCN. 2014. *Consultation Document on an IUCN Standard for the Identification of Key Biodiversity Areas*. http://www.kbaconsultation.org/#!executive-summary/c109f

IUCN. 2014. *Using freshwater KBAs for informing conservation and development policy and action in Kerala and Tamil Nadu. Results from the 'Refining and validating freshwater Key Biodiversity Areas (KBAs) for Kerala and Tamil Nadu' workshops, May 2014*. IUCN, Cambridge, UK.

IUCN. 2016. *A Global Standard for the Identification of Key Biodiversity Areas, Version 1.0*. First edition. IUCN, Gland, Switzerland.

Lehner, B. y Grill G. 2013. Global river hydrography and network routing: baseline data and new approaches to study the world's large river systems. *Hydrological Processes*, 27(15): 2171–2186. Datos disponibles en: www.hydrosheds.org.

López-Delgado, E.O., Vásquez-Ramos, J.M.Y., Reinoso-Flórez, G., Vejarano-Delgado, M.A. y García-Melo, J.E. 2009. Plan de Manejo de la Ostra de agua dulce *Acostaea rivoli* (Deshayes, 1827) del río Opia, Departamento del Tolima. CORTOLIMA - Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.

Ricketts, T.H., Dinerstein, E., Boucher, T., Brooks, T.M., Butchart, S.H., Hoffmann, M., Lamoreux, J.F., Morrison, J., Parr, M., Pilgrim, J.D. y Rodrigues, A.S. 2005. Pinpointing and preventing imminent extinctions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(51): 18497-18501.

Roux, D.J., Nel, J.L., Ashton, P.J., Deacon, A.R., de Moor, F.C., Hardwick, D., Hill, L., Kleynhans, C.J., Maree, G.A., Moolman, J. y Scholes, R.J. 2008. Designing protected areas to conserve riverine biodiversity: lessons from a hypothetical redesign of the Kruger National Park. *Biological Conservation,* 141: 100-117.

Capítulo 8. Evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático de las especies de agua dulce de los Andes Tropicales

Jamie A. Carr[1] y Marcelo F. Tognelli[2]

8.1 Introducción....127
8.2 Métodos....128
8.2.1 Antecedentes sobre la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático....128
8.2.2 Aplicación a las especies de los Andes Tropicales....128
8.2.3 Compilación de datos....130
8.2.4 Modelado de exposición....130
8.2.5 Cálculo de vulnerabilidad al cambio climático....131
8.3 Resultados....131
8.3.1 Peces de agua dulce....131
8.3.2 Moluscos de agua dulce....136
8.3.3 Libélulas....141
8.3.4 Plantas....146
8.4 Conclusiones y recomendaciones....151
8.5 Referencias....154

8.1 Introducción

En las últimas décadas, la creciente amenaza del cambio climático ha sido reconocida como un factor cada vez más importante que afecta el estado de muchas poblaciones de especies silvestres y es muy probable que también potencie otras amenazas ya existentes. Además, se espera que el efecto del cambio climático sea particularmente grave en las regiones montañosas, tal como los Andes Tropicales (Herzog *et al*. 2012). La región de los Andes Tropicales contiene el 99% de los glaciares tropicales del mundo (Kaser 1999); sin embargo, en los últimos 30 años han experimentado el mayor retroceso en área desde el final de la Pequeña Edad del Hielo durante el siglo XVII y comienzos del siglo XVIII (Rabatel *et al*. 2013). Esto genera flujos de agua menos previsibles, una mayor escasez de agua en regiones de gran altitud e impactos negativos directos sobre la biodiversidad y las personas (Maldonado *et al*. 2012). Un aumento de la temperatura tendrá también un impacto importante en las especies endémicas aisladas a grandes altitudes, ya que las temperaturas crecientes tenderán a reducir o eliminar el hábitat disponible (Anderson *et al*. 2012). Estas amenazas se verán agravadas por el crecimiento de la población humana, y la mayor demanda de recursos, energía, alimentos y agua. En particular, la demanda de agua en la región será crucial en el futuro cercano. Efectivamente, un estudio reciente muestra que los efectos inmediatos del crecimiento de la población pueden ser mayores que los efectos del cambio climático (Buytaert y De Bièvre 2012).

Para poder desarrollar estrategias de conservación efectivas, es importante tener en cuenta los impactos que el cambio climático pueda tener sobre las especies, para así poder integrarlos en las acciones de conservación en el terreno. Las evaluaciones de vulnerabilidad de las especies al cambio climático pueden ayudar en la priorización de sitios y especies que necesitan recibir atención para su conservación y, también, pueden ayudar a proporcionar una visión de las acciones específicas que se deben tomar. Este capítulo presenta los resultados de las evaluaciones de vulnerabilidad al cambio climático de las especies de peces de agua dulce, moluscos de agua dulce, libélulas y plantas acuáticas incluidas en este reporte.

La serie de tablas que se incluyen en este capítulo presentan los resultados de los análisis de las 967 especies evaluadas como parte de este proyecto. En el Apéndice 2 de este reporte se indica

1 IUCN Global Species Programme. The David Attenborough Building. Pembroke Street, Cambridge, CB2 3QZ, UK. Email: Jamie.carr@iucn.org
2 IUCN-CI Biodiversity Assessment Unit. Global Species Programme. The Betty and Gordon Moore Center for Science. Conservation International. 2011 Crystal Dr., Suite 500. Arlington, VA 22202, USA.

las especies que son vulnerables al cambio climático en función de una sola combinación de modelos, escenario y período futuro. Para información más detallada sobre la vulnerabilidad al cambio climático de cada especie, ver el apéndice en línea en la página web de la Unidad de Biodiversidad de Agua Dulce de la UICN (http://www.iucn.org/theme/species/our-work-ssc/our-work/freshwater-biodiversity). Se espera que este documento pueda ser utilizado para priorizar, tanto las especies como las áreas geográficas que requieran de atención, para desarrollar acciones de conservación que apunten específicamente a atenuar los impactos que el cambio climático tendrá sobre las especies y evitar así su extinción.

8.2 Métodos

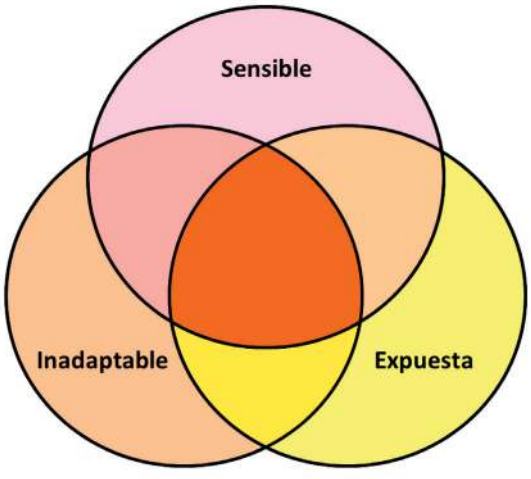
8.2.1 Antecedentes sobre la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático

La UICN ha desarrollado un enfoque basado en la relación entre el cambio en las condiciones del clima y los rasgos biológicos y ecológicos de las especies que podrían potenciar o atenuar el impacto del cambio climático sobre las especies. Este método, conocido como el Marco para la Evaluación de la Vulnerabilidad de las Especies al Cambio Climático, provee una seria de "reglas" que son empleadas para clasificar a las especies de acuerdo con las tres dimensiones de la vulnerabilidad al cambio climático (Foden *et al*. 2013) (Figura 8.1). Estas dimensiones son:

EXPOSICION: la medida en que el entorno físico de una especie cambiará debido al cambio climático.

SENSIBILIDAD: la falta de potencial de una especie para persistir *in-situ*.

Figura 8.1 La mayor vulnerabilidad ocurre cuando las especies se enfrentan a una mayor exposición al cambio climático y cuando además poseen rasgos biológicos o características que confieren sensibilidad y baja capacidad adaptativa a dichos cambios.



BAJA CAPACIDAD ADAPTATIVA: la incapacidad de una especie para evitar los impactos negativos del cambio climático a través de la dispersión y/o cambios micro-evolutivos.

De esta manera, las especies que están más expuestas, son más sensibles y tienen menor capacidad de adaptarse, se las consideran más vulnerables al cambio climático. Estas especies, representadas por el área de color naranja en el centro de la figura 8.1, se destacan por ser de mayor interés para la conservación. También, se puede obtener información adicional importante a partir de especies con valores altos en otras combinaciones de las dimensiones de vulnerabilidad al cambio climático. Esto se discute con más detalle más adelante en este capítulo.

Los rasgos utilizados para evaluar la Sensibilidad de una especie han sido clasificados en cinco grupos (Recuadro 8.1), mientras que los que se utilizan para evaluar Baja Capacidad Adaptativa se han clasificado en dos (Recuadro 8.2).

Guiados por estos grupos de rasgos, se seleccionaron los rasgos biológicos, ecológicos, fisiológicos y ambientales para cada grupo taxonómico. El desafío en la selección de rasgos está en encontrar un equilibrio entre la selección de los rasgos con bases teóricas fundadas y los aspectos prácticos de la disponibilidad y compilación de los datos. Otro reto fue definir los rasgos de manera objetiva y reproducible y, en la medida de lo posible, el desarrollo de medidas cuantitativas para cada uno de ellos. Para cada especie se asignaron categorías de "alto", "bajo" o "desconocido", para cada rasgo, basado en una amplia gama de fuentes de información (se discuten con más detalle a continuación). Mientras que en algunos casos los umbrales de riesgo eran claros (p. ej. "la especie solo se distribuye en la cima de la montaña"), en muchos otros no había una base *a priori* para establecer un umbral de amenaza de extinción de la especie en particular. Para tales rasgos (p. ej. tolerancia a la exposición de cambios de temperatura proyectados), se utilizó un umbral arbitrario, categorizando como "alto" al 25% de las especies más gravemente afectadas dentro del grupo.

Las evaluaciones de la Exposición se realizaron superponiendo los cambios proyectados en las variables climáticas sobre mapas refinados de distribución de las especies para obtener medidas simples de los cambios climáticos a los que estará expuesta cada especie. Nuevamente, las especies se categorizaron como "alto", "bajo" o "desconocido" para esta dimensión del Marco. Dado que rara vez se han establecido umbrales a la exposición a los cambios climáticos, los valores son derivados a través del ranking de las especies y la selección de las especies más afectadas (se explica con más detalle en la sección 8.2.4).

8.2.2 Aplicación a las especies de los Andes Tropicales

En este estudio se aplicó el Marco para la Evaluación de la Vulnerabilidad de las Especies al Cambio Climático a cuatro grupos taxonómicos de agua dulce (peces, moluscos, libélulas y plantas acuáticas) de los Andes Tropicales (tal como está definida

Recuadro 8.1 Los cinco grupos de rasgos utilizados para evaluar Sensibilidad de acuerdo con el Marco para la Evaluación de la Vulnerabilidad de las Especies al Cambio Climático.

1. **Requerimiento de hábitat/micro-hábitat especializado:** Numerosos estudios de animales y plantas muestran que las especies amenazadas incluyen un número desproporcionado de especialistas, en comparación con especies generalistas y con rangos geográficos amplios (Cardillo *et al*. 2009). En virtud del cambio climático, la mayoría de las especies tendrá que hacer frente a modificaciones en sus hábitats y micro-hábitats y, se esperaría que las que sean menos dependientes de condiciones y requisitos específicos, sean probablemente más resilientes. La sensibilidad de una especie aumenta a medida que tiene más etapas de vida, cada una con diferentes requerimientos de hábitat o micro-hábitat (p. ej. las larvas de anfibios que dependen del agua), o bien cuando el hábitat o micro-hábitat al que la especie está especializada es particularmente vulnerable a los impactos del cambio climático (p. ej. manglares, bosques de niebla o hábitats polares). Sin embargo, en algunos casos (p. ej. peces abisales), la especialización extrema puede permitir que las especies escapen de los impactos de la competencia de especies nativas o invasoras, por lo que la interacción de estos rasgos con el cambio climático deben ser considerados cuidadosamente para cada grupo de especies en particular. Este grupo de rasgos no es independiente de la baja capacidad de adaptación de las especies, ya que la especialización de hábitat y/o micro-hábitat también disminuye las posibilidades de colonización exitosa si las especies son capaces de dispersarse a nuevas áreas climáticamente adecuadas (p. ej. plantas confinadas a afloramientos de piedra caliza, murciélagos que habitan en cuevas).

2. **Tolerancias ambientales reducidas o umbrales que pueden ser sobrepasados debido al cambio climático en cualquier etapa del ciclo de vida:** La fisiología y ecología de muchas especies está extremadamente ligada a rangos muy específicos de las variables climáticas, tales como temperatura, precipitación, pH y niveles de dióxido de carbono; aquellas especies con márgenes de tolerancia estrechos son particularmente susceptibles a cambios en el clima (Deutsch *et al*. 2008). Aún aquellas especies con amplias tolerancias ambientales y requerimientos de hábitat no especializados, podrían ya estar cerca de los umbrales por encima de los cuales la función ecológica o fisiológica se altera rápidamente (p. ej. fotosíntesis en plantas, función de proteínas y enzimas en los animales).

3. **Dependencia de un factor ambiental desencadenante específico que podría ser alterado por el cambio climático:** Muchas especies dependen de desencadenantes o disparadores ambientales para la migración, reproducción, puesta de huevos, germinación de semillas, hibernación, eclosión de huevos, y una serie de otros procesos. Mientras que algunas señales (p. ej. la duración del día y los ciclos lunares) no se verán afectadas por el cambio climático, otras, tales como la precipitación y la temperatura (incluyendo su interacción y los efectos acumulativos), pueden verse gravemente afectadas. Las especies tienden a ser susceptibles a los cambios en la magnitud y momento de ocurrencia de las señales cuando esto lleva a un desacoplamiento con los recursos o procesos ecológicos esenciales. Por ejemplo, el calentamiento temprano a principios de la primavera podría provocar la emergencia o aparición de una especie antes que sus fuentes de alimentos estén disponibles. La vulnerabilidad de una especie se ve agravada cuando las diferentes etapas de la historia de vida, o los diferentes sexos dependen de distintos disparadores ambientales.

4. **Dependencia de interacciones interespecíficas que podrían ser alteradas por el cambio climático:** Las interacciones de muchas especies con presas, huéspedes, simbiontes, agentes patógenos y competidores se verán afectadas por el cambio climático, ya sea debido a la disminución o pérdida de estas especies dentro del rango de la especie dependiente, o bien por pérdida de la sincronización en la fenología. Las especies que dependen de interacciones que son susceptibles a ser alteradas por cambios en el clima están en riesgo de extinción, sobre todo cuando tienen un alto grado de especialización con otra especie en particular y es poco probable que puedan cambiar o sustituir por otras especies.

5. **Rareza:** La vulnerabilidad inherente de pequeñas poblaciones al efecto Allee (i. e. fenómeno que relaciona el tamaño y/o la densidad poblacional y la tasa reproductiva de una población o especie) y a eventos catastróficos, así como su reducida capacidad general para recuperarse rápidamente después de eventos de extinción local, sugieren que muchas especies raras se enfrentarán a mayores impactos por el cambio climático respecto de las especies más comunes y/o más ampliamente distribuidas. Se consideran entonces especies raras aquellas con pequeños tamaños poblacionales y las que, aun pudiendo ser localmente abundantes, están muy restringidas geográficamente. En casos en los que sólo una pequeña proporción de los individuos de una población se reproducen (p. ej. especies con sistemas de apareamiento poligínico o poliándrico o con proporción asimétrica de sexos), se utiliza una estimación del tamaño efectivo de la población para evaluar la rareza de las especies y, donde se sabe que las especies están disminuyendo o están sujetas a fluctuaciones extremas en el tamaño de la población (i. e. mayor que un orden de magnitud), se establecen umbrales de tamaño poblacional menos conservadores.

Recuadro 8.2 Los dos grupos de rasgos utilizados para evaluar Baja Capacidad Adaptativa de acuerdo con el Marco para la Evaluación de la Vulnerabilidad de las Especies al Cambio Climático.

1. **Baja capacidad de dispersión:** En general, el conjunto particular de condiciones ambientales a las que están adaptadas cada especie se desplazará hacia mayores latitudes y/o altitudes en respuesta al cambio climático. Las especies con tasas bajas o distancias cortas de dispersión (p. ej. caracoles de tierra, hormigas y plantas con esporas dispersadas por la salpicadura de gotas de lluvia), es poco probable que migren suficientemente rápido para mantenerse dentro de estos sobres climáticos cambiantes, y se enfrentarán a un aumento en el riesgo de extinción en la medida que sus hábitats estén expuestos a cambios climáticos progresivamente mayores. Aun cuando las especies tuvieran la capacidad para dispersarse a nuevas áreas adecuadas, barreras extrínsecas podrían disminuir el éxito de dispersión. Las barreras a la dispersión pueden ser características geográficas, tales como elevaciones no adecuadas (p. ej. especies confinadas a cadenas de montaña), los océanos (p. ej. especies en islas pequeñas o en los extremos polares), ríos y, para especies marinas, corrientes marinas y gradientes de temperatura; hábitats inadecuados y/o transformación antropogénica pueden también actuar como barreras de dispersión para las especies con especialización de hábitat. En este contexto, se describen como especies que tienen barreras a la dispersión, tanto cuando existen zonas adecuadas pero los factores extrínsecos hacen poco probable llegar a ellos, como cuando es poco probable que existan nuevas áreas con hábitat adecuado (p. ej. especies polares).
2. **Baja capacidad evolutiva** El potencial de las especies para modificaciones genéticas rápidas determinará si serán capaces de experimentar adaptaciones evolutivas a una velocidad suficiente como para sobrellevar los cambios provocados por el clima en su entorno. Las especies con baja diversidad genética, generalmente evidenciadas por cuellos de botella en sus tamaños poblacionales, pueden potencialmente padecer endogamia y, generalmente, exhiben escasa variabilidad genotípica y fenotípica. Como resultado, estas especies tienden a tener menos características novedosas que podrían facilitar la adaptación a las condiciones climáticas nuevas. En caso que estén disponibles, las medidas directas de la variabilidad genética pueden ser complementadas con información sobre la naturalización de las especies fuera de sus rangos nativos y sobre el éxito de cualquier esfuerzo pasado de translocación de poblaciones. Las medidas indirectas de la capacidad evolutiva de las especies se relacionan con la velocidad y el rendimiento de la reproducción y, por consiguiente, con la velocidad a la que nuevos genotipos ventajosos podrían acumularse en las poblaciones y especies (Chevin *et al*. 2010). La evidencia sugiere que la adaptación evolutiva es posible en períodos de tiempo relativamente cortos (p. ej. 5 a 30 años; Bradshaw y Holzapfel 2006), pero para la mayoría de las especies con ciclos de vida de larga duración (p. ej. animales grandes y muchas plantas perennes), es poco probable que dicha adaptación se mantenga al ritmo de los cambios provocados por el clima en sus ambientes.

la región en el capítulo 2). Debido a limitantes en la información de especies que se distribuyen fuera del área de estudio de este proyecto, solo se incluyeron las especies endémicas de la región (excepto para las plantas acuáticas que solo se incluyó un grupo seleccionado por los expertos).

8.2.3 Compilación de datos

Tanto los datos de distribución de las especies como los rasgos utilizados en este capítulo fueron colectados en los talleres de evaluación con los expertos, detallados en el capítulo 2 de este reporte.

8.2.4 Modelado de Exposición

El modelado de Exposición, cuyo objetivo es cuantificar cambios en los factores climáticos biológicamente relevantes en todo el rango geográfico de cada especie, utiliza una combinación de polígonos (que representan la distribución geográfica de las especies) y proyecciones de temperatura y precipitación hacia el futuro en toda el área de estudio del trabajo. Para este proyecto, y para este componente del estudio, se siguió el proceso de Foden *et al*. (2013) y Carr *et al*. (2013). Por razones de brevedad, en el presente informe sólo se destacan las etapas clave del proceso y las principales desviaciones de este protocolo. Para mayor detalle, pueden referirse a los artículos mencionados.

El modelado de Exposición fue desarrollado utilizando ArcGIS 10 (Esri 2011) y el paquete estadístico R (R Development Core Team 2010). El número total de especies evaluadas para este componente fue de 952, dado que para 15 especies no se pudieron realizar mapas de distribución. Los datos utilizados para este proceso incluyen:

- Polígonos de distribución de especies generados como parte del proceso de evaluación de la Lista Roja.
- Datos climáticos (temperatura media y precipitación total), promediados para el período considerado como presente (1950 a 2000, en adelante referido como 1975).
- Proyecciones climáticas futuras del Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5; http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/) basadas en tres modelos de circulación general (CCSM4: producido por National Center for Atmospheric Research (NCAR) e indicado como NC en los análisis; HadGEM2-AO: producido por National Institute for Meteorological Research (NIMR) e indicado como NI en los análisis; MIROC5: producido por Model for Interdisciplinary Research on Climate (MIROC) e indicado como MI en los análisis),

dos escenarios representados por Rutas de Concentración Representativas (en inglés, Representative Concentration Pathways; RCP 4.5 y RCP 8.5), y dos períodos de tiempo representando intervalos de 30 años: 2040 a 2069 (en adelante referido como 2055) y 2070 a 2099 (en adelante referido como 2085). Los datos provienen de CGIAR Research Program on Climate Change Agriculture and Food Security (CCAFS) (Ramirez y Jarvis 2008; http://ccafs-climate.org/).

Los polígonos de distribución de especies, junto con las capas de proyecciones climáticas futuras, fueron procesados (rasterizados/re-muestreados) para convertirlos a formato de raster a una resolución de 10 minutos de arco, con el fin de que coincidan con las capas climáticas 1975. Se considera que la elección de los Modelos de Circulación Global (MCG) utilizados en este estudio reflejan bien los niveles generales de incertidumbre en todos los modelos disponibles en el ensamble de modelos CMIP5 a escala global. Esto implicaría que (a) los modelos de exposición generados no están sesgados por un modelo en particular, y (b) los resultados pueden ser utilizados luego para comparar con otras evaluaciones de este tipo en otras regiones del mundo.

Una vez convertidas todas las capas a formato raster, se procedió a calcular promedios de base generales (PBG) para todas las especies, para cada período (1 presente y 2 futuros) y para ambas variables (temperatura y precipitación). Los PBGs se calculan como el promedio de los valores de todas las celdas (i. e. pixeles) a lo largo de todo el rango de distribución de una especie. Luego se utilizaron las diferencias entre los valores de PBG del presente y las de los dos períodos de tiempo futuro como medidas de cambio proyectadas en los valores medios de temperatura en todo el rango actual de cada especie para el período futuro respectivo. Para los cambios proyectados en la precipitación media, se utilizó la razón absoluta entre los valores de PBG del presente y futuros. Además, para todas las especies y para ambas variables climáticas, se calculó la desviación absoluta media (DAM), un estadístico que resume la dispersión de los datos. Las diferencias en los valores de la DAM entre los datos del presente y las dos proyecciones futuras y las razones absolutas de los datos del presente y los DAM proyectados se utilizaron como medidas de cambio proyectado en la temperatura y precipitación en los rangos de distribución de las especies. Los resultados fueron ordenados en un ranking y se asignaron a las categorías "alto", "bajo" o "desconocido", tal como se describe en la sección 8.2.1.

8.2.5 Cálculo de vulnerabilidad al cambio climático

Los valores de cada una de las dimensiones de vulnerabilidad al cambio climático (i. e. Sensibilidad, Baja Capacidad Adaptativa y Exposición) de cada especie fueron combinados para obtener valores generales de vulnerabilidad, calculados en dos pasos lógicos. Primero, a cada especie se le asignó un valor "alto" en cada dimensión de vulnerabilidad si tenían algún rasgo que calificara para esa categoría (p. ej. la especie es considerada susceptible porque es especialista de hábitat, la especie es considerada susceptible por tener baja capacidad de dispersión). Segundo, al momento de determinar la vulnerabilidad general de las especies, solo se consideraron como vulnerables aquellas que fueron categorizadas como "alto" en cada una de las tres dimensiones de Sensibilidad, Baja Capacidad Adaptativa y Exposición. Para el caso de especies que no tenían datos para algún rasgo, cada uno de los pasos anteriores fueron realizados dos veces; la primera vez se asumió que el rasgo faltante tenía una calificación "bajo", mientras que la segunda se lo consideró como "alto". Estos representan el escenario más favorable (optimista) y el menos favorable (pesimista), respectivamente.

Es muy importante destacar que, puesto que muchos de los umbrales de los rasgos son simplemente puntos de corte relativos de variables continuas (p. ej. 25% de las especies de mayor exposición a los cambios en las temperaturas medias) en vez de umbrales de vulnerabilidad empíricamente determinados, este enfoque ofrece una medida relativa, no absoluta, de la vulnerabilidad al cambio climático. Los números reales y los porcentajes de las especies identificadas como vulnerables a través de este enfoque sólo representan el grado de solapamiento entre las tres dimensiones de la vulnerabilidad, en vez de una medida de la vulnerabilidad general. Por lo tanto, no es apropiado utilizar los resultados para comparar grados de vulnerabilidad entre los distintos grupos taxonómicos. Las especies identificadas como vulnerables al cambio climático deben ser consideradas como estimaciones de las especies más vulnerables, señalando que en algunos grupos taxonómicos, todas las especies pueden estar en riesgo por los efectos del cambio climático, mientras que en otros, las especies que pueden verse afectadas negativamente son mucho menos que las que en realidad identificamos como más vulnerables.

8.3 Resultados

8.3.1 Peces de agua dulce

Como se ha mencionado anteriormente en esta publicación, solamente se incluyeron en el análisis las especies endémicas del área de estudio, representando un total de 666 especies de peces de agua dulce. Como parte de la evaluación de vulnerabilidad al cambio climático se consideraron 14 rasgos biológicos, de los cuales 10 estuvieron relacionados con Sensibilidad y cuatro con Baja Capacidad Adaptativa. Estos se muestran en las tablas 8.1 y 8.2, respectivamente.

Los rasgos de Sensibilidad más comunes en peces son la especialización de hábitats y micro-hábitats, con 58.4% and 45.2% de las especies sensibles a cada uno de estos rasgos, respectivamente (Tabla 8.1). La mayor incertidumbre asociada a la sensibilidad de las especies de peces está relacionada con las señales ambientales y factores desencadenantes que pueden ser perturbados por el cambio climático (10.4% de las especies en la categoría "desconocida"). En general, los resultados muestran que un alto porcentaje (89%) de los peces endémicos del área de estudio serían sensibles al cambio climático (Tabla 8.1). Estos representan 33 de las 34 familias incluidas en el análisis.

Tabla 8.1 Rasgos de sensibilidad al cambio climático utilizados para evaluar los peces de agua dulce de los Andes Tropicales, incluyendo los umbrales utilizados para clasificar las especies y el número total de especies que califican en cada categoría para cada rasgo (A = Alto, B = Bajo).

Grupo de rasgos	Rasgos (nivel 1)	Rasgos (nivel 2)	Umbrales	Peces de Agua Dulce Total de especies = 666		
SENSIBILIDAD				**Alto**	**Bajo**	**Desconocido**
A. Requerimientos de hábitat y/o micro-hábitat	Especialización de hábitat	**S1:** Número de tipos de hábitats de UICN ocupados por la especie	B = >1; A = 1	389	264	13
	Especialización de micro-hábitat	**S2:** La especie es dependiente de uno o más micro-hábitats identificados	B = Falso; A = Verdadero	301	351	14
B. Tolerancias ambientales reducidas o umbrales que son probables de ser sobrepasados debido al cambio climático en alguna etapa del ciclo de vida	Tolerancia a cambios en los regímenes de precipitación	**S3:** Tolerancia de amplio rango de precipitación (precipitación anual máxima y mínima usadas para calcular el rango tolerado)	Desviación Absoluta Media de precipitación a lo largo de la distribución histórica de la especie: B = 75% más alto; A = 25% más bajo	164	492	10
	Tolerancia a cambios de temperatura	**S4:** Rango de temperatura (temp max – temp min)	Desviación Absoluta Media de temperatura a lo largo de la distribución histórica de la especie: B = 75% más alto; A = 25% más bajo	164	492	10
	Tolerancia a cambios en oxígeno disuelto	**S5:** Tolerancia a niveles reducidos o extremos de oxígeno disuelto (la especie ocurre exclusivamente en aguas hipóxicas (<4 mg/L) o saturadas (>12 mg/L))	B = Falso; A = Verdadero	10	649	7
	Migración limitada por cambios en niveles de agua	**S6:** La especie migra aguas arriba para reproducirse y/o desovar y/o los juveniles migran de vuelta a cuerpos de agua mayores (p. ej. de hábitats temporarios) durante la bajada estacional de agua	B = Falso; A = Verdadero	11	646	9
	Tolerancia a incrementos en turbidez y/o sedimentación	**S7:** La especie usa sistemas de reconocimiento visual intra-especifico, que podría ser afectado por cambios en la turbidez o sedimentación y/o deposita huevos en sustratos/hábitats que son especialmente vulnerables a incrementos en sedimentación	B = Falso; A = Verdadero	112	527	27

Grupo de rasgos	Rasgos (nivel 1)	Rasgos (nivel 2)	Umbrales	Peces de Agua Dulce Total de especies = 666		
SENSIBILIDAD				**Alto**	**Bajo**	**Desconocido**
C. Dependencia de desencadenantes ambientales específicos que podrían ser perturbados por el cambio climático	Dependencia de disparadores o desencadenantes ambientales	**S8:** La especie depende de desencadenantes ambientales para migración, apareamiento, desarrollo de huevos, deposición de huevos y/o comienzo/emergencia de hibernación o estivación	B = No dependencia; A = Dependencia de uno o más desencadenantes climáticos	53	548	65
D. Interacciones interespecíficas que podrían ser perturbadas/aparecer como resultado de cambio climático	Disminución de interacciones positivas con otras especies	**S9:** La especie depende de una o varias otras especies para alimento, modificación de y/o creación de nido o abrigo	B = No dependencia; A = Dependencia de uno o más interacciones especificas	0	639	27
	Incremento de interacciones negativas con otras especies	**S10:** La especie podría experimentar incrementos en uno o más de lo siguiente como resultado del cambio climático: depredación, competencia, parasitismo, enfermedades, caza por humanos	B = Falso; A = Verdadero	4	622	40
Total (suma de especies con valor Alto en al menos un rasgo)				**594**	**61**	**11**
Porcentaje				**89%**	**9%**	**2%**

El rasgo de Baja Capacidad Adaptativa más frecuente es el que corresponde al tipo de estrategias de vida de las especies (15%), que no serían conducentes a una adaptación genética rápida *in situ* (Tabla 8.2). La mayor incertidumbre en torno a la capacidad de adaptación de las especies corresponde al rasgo de variabilidad genética (30% desconocida) que, en caso de ser baja, podría reducir la capacidad de las especies para responder rápidamente a los cambios en el clima. En general, los resultados muestran que

Tabla 8.2 Rasgos de capacidad adaptativa al cambio climático utilizados para evaluar los peces de agua dulce de los Andes Tropicales, incluyendo los umbrales utilizados para clasificar las especies y el número total de especies que califican en cada categoría para cada rasgo (A = Alto, B = Bajo).

Grupo de rasgos	Rasgos (nivel 1)	Rasgos (nivel 2)	Umbrales	Peces de Agua Dulce Total de especies = 666		
BAJA CAPACIDAD ADAPTATIVA				**Alto**	**Bajo**	**Desconocido**
A. Baja capacidad de dispersión	Barreras extrínsecas a la dispersión	**A1:** Barreras extrínsecas a la dispersión	B = Sin barreras conocidas; A = Ocurre exclusivamente en cimas de montañas, pequeñas islas y/o en áreas donde la dispersión está bloqueada por hábitat inadecuado (natural o por actividades antrópicas) o represas;	6	652	8
	Baja capacidad intrínseca de dispersión	**A2:** Distancia de dispersión mediana por año	B = >1 km/ año; A = ≤ 1 km/ año	36	614	16

Grupo de rasgos	Rasgos (nivel 1)	Rasgos (nivel 2)	Umbrales	Peces de Agua Dulce Total de especies = 666		
BAJA CAPACIDAD ADAPTATIVA				**Alto**	**Bajo**	**Desconocido**
B. Baja capacidad evolutiva	Estrategia de vida	**A3:** La especie tiene una estrategia de vida (definida por Winemiller and Rose 1992) que no es conducente a adaptaciones micro-evolutivas in-situ	B = Estrategia oportunista o periódica; A = La especie tiene: crecimiento rápido, larga vida con baja fecundidad; o crecimiento lento, corta vida con baja fecundidad; o crecimiento lento, larga vida con baja fecundidad	100	512	54
	Baja diversidad genética	**A4:** Evidencia de baja diversidad genética o cuello de botella genético	B = La variabilidad genética de la especie no se considera como baja; A = La especie muestra evidencia de tener baja variabilidad genética (p. ej. cuello de botella genético) en todos sus individuos	4	459	203
Total (suma de especies con valor Alto en al menos un rasgo)				**143**	**325**	**198**
Porcentaje				**21%**	**49%**	**30%**

un total de 143 especies de peces (21%) tendrían baja capacidad para adaptarse al cambio climático, y estarían representados por 12 de las 34 familias evaluadas.

La evaluación de la Exposición de los peces de agua dulce al cambio climático muestra que un gran número son considerados como altamente expuestos. En efecto, cuando se tienen en cuenta las distintas combinaciones de modelos, escenarios de emisiones y períodos, entre 452 (69%) y 656 (100%) de las 656 especies que fueron analizadas para este componente se prevé que estén altamente expuestas al cambio climático (Tabla 8.3).

Cuando se combinan los valores de Sensibilidad, Baja Capacidad Adaptativa y Exposición para calcular el valor relativo de vulnerabilidad de las especies de peces de agua dulce de los Andes Tropicales, se tiene que entre 70 (usando el modelo MI, RCP 4.5, proyecciones para el período de 2055, y un supuesto optimista para los valores de datos faltantes) y 123 especies (usando alguno de los modelos MI o NC, RCP 8.5, proyecciones para el período de 2055, y un supuesto optimista para los valores de datos faltantes) presentan una categoría "alta" para cada una de las dimensiones (ver apéndice en línea).

La combinación de los tres modelos, usando el escenario RCP 4.5, proyecciones para el período 2055 y un supuesto optimista para los valores de datos faltantes, resulta en 70 (11%) especies de peces vulnerables al cambio climático, 322 (48%) presentan categoría "alta" para Sensibilidad y Exposición, 54 (8%) presentan categoría "alta" para Sensibilidad y Baja Capacidad Adaptativa y 16 (2%) presentan categoría "alta" para Exposición y Baja Capacidad Adaptativa (Figura 8.2). Cabe resaltar que 17 especies presentaron categoría "baja" para las tres dimensiones y, por lo tanto, no están representadas en la figura 8.2.

La distribución geográfica de peces de agua dulce vulnerables al cambio climático (usando la misma combinación de valores que en la Figura 8.2) muestra una concentración de especies en las partes media y baja de la cuencas de los ríos Mamoré, y Beni y en las partes alta y media de la cuenca del río Orthon en Bolivia; en la parte baja de los ríos Ucayali y Madre de Dios y en el río

Tabla 8.3 Número de especies de peces de agua dulce de los Andes Tropicales considerados como altamente expuestos en cada una de las combinaciones de parámetros del modelo: tres modelos (MI= miroc_miroc5; NC = ncar_ccsm4; NI= nimr_hadgem2_ao), dos períodos de tiempo (centrados alrededor de 2055 o 2085) y dos escenarios (RCP y RCP 4.5 a 8.5).

		Período			
		2055		2085	
Escenario		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Modelo	MI	456	656	525	509
	NC	452	656	491	516
	NI	457	465	656	547

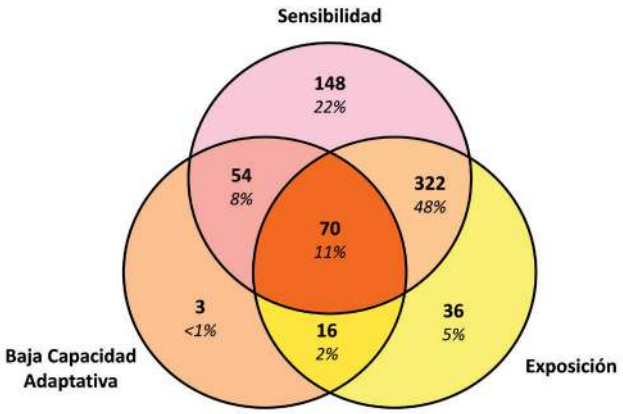


Figura 8.2 Números y porcentajes de los peces de agua dulce de los Andes Tropicales que fueron categorizados como "alto" en todas las combinaciones de las tres dimensiones del marco (usando una combinación de los tres modelos, RCP 4.5, proyecciones para el período de 2055, y un supuesto optimista para los valores de datos faltantes).

Amazonas en Perú; en la parte baja de las cuencas de los ríos Napo y Cunambo en Ecuador, y en las partes alta y media de las cuencas de los ríos Magdalena y Cauca en Colombia (Figura 8.3a).

En términos del porcentaje de peces vulnerables al cambio climático respecto del total de especies incluidas en esta evaluación, se observa que el patrón de distribución es similar al de riqueza de especies en algunas cuencas (p. ej. Bolivia, Perú y Ecuador), pero en Colombia destacan otras cuencas (Figura 8.3b). Altos porcentajes del total de especies son vulnerables al cambio climático en sub-cuencas de las partes bajas de las cuencas de los ríos Mamoré, Beni, Madre de Dios y Orthon en Bolivia; en la parte baja de la cuenca del Ucayali y en el río Amazonas en Perú, y en la parte alta de las cuencas de los ríos Caquetá, Sogamoso y San Juan en Colombia (Figure 8.3b). En general, para la mayoría de las cuencas en Ecuador la relación entre el número de especies vulnerables y el total de peces endémicos no es mayor del 50% (Figure 8.3b).

Solamente 8 de las 34 familias de peces de agua dulce evaluados presentan especies que son vulnerables al cambio climático. Las familias Rivulidae, Astroblepidae y Callicthydae son las que tienen más especies vulnerables, con 14, 13 y 12, respectivamente (Figura 8.4). De las 70 especies vulnerables, solo nueve (12.8%) están además en alguna categoría de amenaza (VU, EN, CR) y 7 (10%) Casi Amenazadas (Figura 8.4). Es de destacar que la mayoría de los peces de agua dulce que serían vulnerables al cambio climático están en las categorías de Preocupación Menor

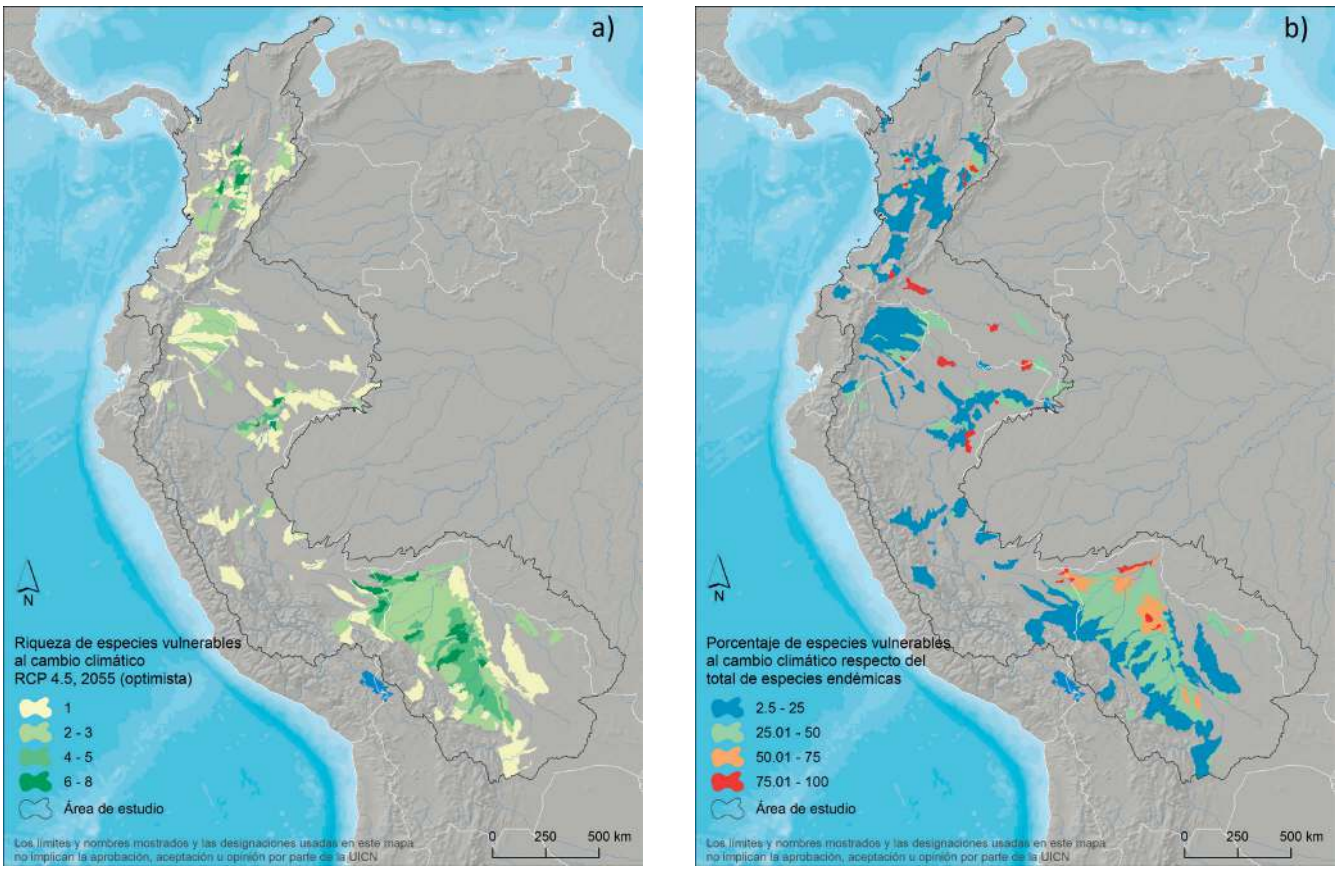


Figura 8.3 a) Riqueza de especies de peces de los Andes Tropicales vulnerables al cambio climático por sub-cuenca; b) porcentaje de especies vulnerables al cambio climático respecto del total de especies endémicas en la región por sub-cuenca (en ambas figuras se usó una combinación de los tres modelos, RCP 4.5, proyección para el período 2055, y un supuesto optimista para los valores de datos faltantes).

El río Orthon en Bolivia alberga varias especies de peces vulnerables al cambio climático. Foto: © Fernando M. Carvajal-Vallejos.

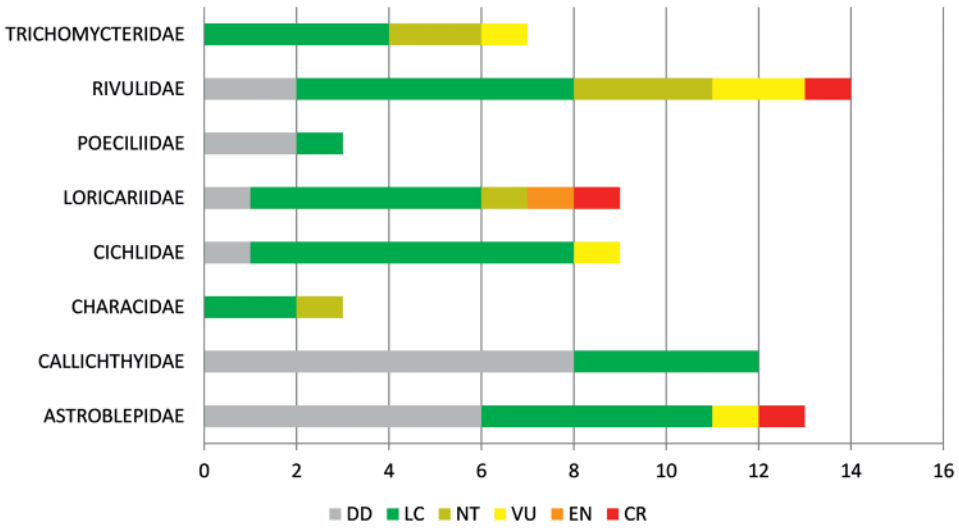


Figura 8.4 Distribución de las 70 especies de peces de agua dulce de los Andes Tropicales vulnerables al cambio climático por familia y por categoría de amenaza (usando una combinación de los tres modelos, RCP 4.5, proyección para el período 2055, y un supuesto optimista para los valores de datos faltantes).

(LC) con 34 especies (48.6%) y Datos Insuficientes con 20 especies (28.6%).

8.3.2 Moluscos de agua dulce

En este proyecto se incluyeron 34 especies de moluscos de agua dulce endémicos de los Andes Tropicales. Como parte de la evaluación de vulnerabilidad al cambio climático se consideraron 15 rasgos biológicos, de los cuales 11 estuvieron relacionados con Sensibilidad y cuatro con Baja Capacidad Adaptativa. Estos se muestran en las tablas 8.4 y 8.5, respectivamente.

Los rasgos de Sensibilidad más comunes en moluscos son la especialización de hábitat (47%) y el incremento de la competencia de la especie invasora *Pomacea canaliculata*, especialmente afectando otras especies de *Pomacea* (38%) (Tabla

Tabla 8.4 Rasgos de sensibilidad al cambio climático utilizados para evaluar los moluscos de agua dulce de los Andes Tropicales, incluyendo los umbrales utilizados para clasificar las especies y el número total de especies que califican en cada categoría para cada rasgo (A = Alto, B = Bajo).

Grupo de rasgos	Rasgos (nivel 1)	Rasgos (nivel 2)	Umbrales	Moluscos de Agua Dulce Total de especies = 34		
SENSIBILIDAD				**Alto**	**Bajo**	**Desconocido**
A. Requerimientos de hábitat y/o micro-hábitat	Dependencia temporaria de agua dulce	**S1:** la especie depende exclusivamente de hábitats de agua dulce temporarios	B = Falso; A = Verdadero	0	28	6
	Especialización de hábitat	**S2**: Número de tipos de hábitats de UICN ocupados por la especie	B = >1; A = 1	16	3	15
	Especialización de micro-hábitat	**S3:** La especie es dependiente de uno o más micro-hábitats identificados	B = Falso; A = Verdadero	0	26	8
B. Tolerancias ambientales reducidas o umbrales que son probables de ser sobrepasados debido al cambio climático en alguna etapa del ciclo de vida	Tolerancia a los cambios de regímenes de precipitación	**S4:** Tolerancia de amplio rango de precipitación (precipitación anual máxima y mínima usadas para calcular el rango tolerado)	Desviación Absoluta Media de precipitación a lo largo de la distribución histórica de la especie: B = 75% más alto; A = 25% más bajo	8	23	3
	Tolerancia a cambios de temperatura	**S5:** Rango de temperatura (temp max – temp min)	Desviación Absoluta Media de temperatura a lo largo de la distribución histórica de la especie: B = 75% más alto; A = 25% más bajo	8	23	3
	Tolerancia a cambios en oxígeno disuelto	**S6:** Tolerancia a niveles reducidos o extremos de oxígeno disuelto (la especie ocurre exclusivamente en aguas hipóxicas (<4 mg/L) o saturadas (>12 mg/L))	B = Falso; A = Verdadero	0	28	6
	Dependencia de un régimen hidrológico especifico	**S7:** La especie depende de un solo tipo de régimen hidrológico (de las 10 opciones provistas), que no es perenne por naturaleza	B = Falso; A = Verdadero	0	14	20
C. Dependencia de desencadenantes ambientales específicos que podrían ser perturbados por el cambio climático	Dependencia de desencadenantes ambientales	**S8:** Se sabe que la especie libera glochidia (lasidia) luego de un cambio en la temperatura y/o química del agua	B = Falso; A = Verdadero	1	28	5

Grupo de rasgos	Rasgos (nivel 1)	Rasgos (nivel 2)	Umbrales	Moluscos de Agua Dulce Total de especies = 34		
SENSIBILIDAD				**Alto**	**Bajo**	**Desconocido**
D. Interacciones interespecíficas que podrían ser perturbadas/ aparecer como resultado de cambio climático	Disminución de interacciones positivas con otras especies	**S9:** La especie depende de una o varias otras especies para creación o modificación de su hábitat	B = Falso; A = Verdadero	0	28	6
		S10: La especie depende de una o varias otras especies para que actúe como huésped intermediario en alguna etapa de su ciclo de vida	B = Falso; A = Verdadero	6	26	0
	Incremento de interacciones negativas con otras especies	**S11:** La especie podría experimentar incrementos en uno o más de lo siguiente como resultado del cambio climático: depredación, competencia, parasitismo, enfermedades, o la especie tiene un depredador conocido que solo se alimenta de ella	B = Falso; A = Verdadero	13	11	10
Total (suma de especies con valor Alto en al menos un rasgo)				**29**	**5**	**0**
Porcentaje				**85%**	**15%**	**0%**

8.4). La mayor incertidumbre asociada a la Sensibilidad de las especies de moluscos está relacionada con si la especie depende o no de un solo tipo de régimen hidrológico para persistir (58.8% de las especies en la categoría "desconocida"). En general, los resultados muestran que un alto porcentaje (85%) de los moluscos de agua dulce endémicos del área de estudio serían sensibles al cambio climático (Tabla 8.4), representando el total de las nueve familias incluidas en la evaluación.

El rasgo de Baja Capacidad Adaptativa más frecuente en los moluscos de agua dulce es el que corresponde a las barreras de tipo físico, extrínsecas, particularmente los diques o represas que impedirían la dispersión de las especies (Tabla 8.5). La mayor incertidumbre en cuanto a la capacidad de adaptación de las especies evaluadas se refiere a sus capacidades intrínsecas para dispersarse, ya sea en términos del mecanismo/s utilizado o la distancia típica de las que son capaces de dispersarse. En general se considera que un total de nueve especies (26.5%) tendrían baja capacidad de adaptación al cambio climático (Tabla 8.5).

En cuanto a la Exposición al cambio climático, se encontró que un gran número de las especies de moluscos de agua dulce considerados en esta evaluación estarían altamente expuestas al cambio climático. En todos los modelos, escenarios de emisiones y períodos entre 19 (61%) y 31 (100%) de las 31 especies (tres especies para las cuales no se pudieron generar mapas de distribución no fueron incluidas en el análisis) que fueron evaluadas para este componente se prevé que estén muy expuestas (Tabla 8.6).

Las evaluaciones finales de vulnerabilidad al cambio climático en las que se combinaron los tres modelos utilizados para Exposición, sugieren que entre cuatro (usando RCP 4.5, para los dos períodos 2055 y 2085) y nueve especies (usando RCP 8.5 para el período

Tabla 8.5 Rasgos de capacidad adaptativa al cambio climático utilizados para evaluar los moluscos de agua dulce de los Andes Tropicales, incluyendo los umbrales utilizados para clasificar las especies y el número total de especies que califican en cada categoría para cada rasgo (A = Alto, B = Bajo).

Grupo de rasgos	Rasgos (nivel 1)	Rasgos (nivel 2)	Umbrales	Moluscos de Agua Dulce Total de especies = 34		
BAJA CAPACIDAD ADAPTATIVA				Alto	Bajo	Desconocido
A. Baja capacidad de dispersión	Barreras extrínsecas a la dispersión	**A1:** Barreras extrínsecas a la dispersión	B = Sin barreras conocidas; A = Ocurre exclusivamente en cimas de montañas, pequeñas islas y/o en áreas donde la dispersión está bloqueada por hábitat inadecuado (natural o por actividades antrópicas) o represas;	7	21	6
	Baja capacidad intrínseca de dispersión	**A2:** Distancia de dispersión mediana por año	B = >1 km/ año; A = ≤ 1 km/ año o la especie depende exclusivamente de un vector animal accidental, eventos de inundación o no posee mecanismo de dispersión	3	17	14
B. Baja capacidad evolutiva	Baja tasa reproductiva	**A3:** La especie tiene una estrategia reproductiva que no es propicia para la adaptación micro-evolutiva in-situ	A = La especie se reproduce < una vez por año y/o lleva >5 años para alcanzar la madurez sexual; B = lo anterior es falso	0	25	9
	Baja diversidad genética	**A4:** Evidencia de baja diversidad genética o cuello de botella genético	B = La variabilidad genética de la especie no se considera como baja; A = La especie muestra evidencia de tener baja variabilidad genética (p. ej. cuello de botella genético) en todos sus individuos	0	34	0
Total (suma de especies con valor Alto en al menos un rasgo)				9	11	14
Porcentaje				26.5%	32.5%	41%

Tabla 8.6 Número de especies de moluscos de agua dulce de los Andes Tropicales considerados como altamente expuestos en cada una de las combinaciones de parámetros del modelo: tres modelos (MI= miroc_miroc5; NC = ncar_ccsm4; NI= nimr_hadgem2_ao), dos períodos de tiempo (centrados alrededor de 2055 o 2085) y dos escenarios (RCP y RCP 4.5 a 8.5).

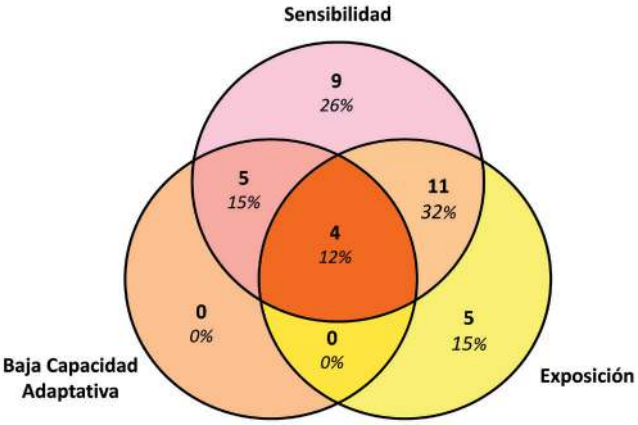
		Período			
		2055		2085	
Escenario		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Modelo	MI	20	31	23	24
	NC	21	31	19	21
	NI	21	19	31	21

2055) serían vulnerables al cambio climático, asumiendo una posición optimista para los valores de datos faltantes (i. e. considerados como bajos). Al igual que con las evaluaciones de las especies de peces, vale la pena señalar que estas cifras no reflejan los altos grados de Sensibilidad y Exposición evidentes en las evaluaciones, debido a una alta capacidad de adaptación percibida entre las especies evaluadas. La combinación de los tres modelos, usando el escenario RCP 4.5, proyecciones para el período 2055 y un supuesto optimista para los valores de datos faltantes, resulta en cuatro (12%) especies de moluscos vulnerables al cambio climático, 11 (32%) presentan categoría "alta" para Sensibilidad y Exposición y cinco (15%) presentan categoría "alta" para Sensibilidad y Baja Capacidad Adaptativa (Figura 8.5).

Las cuatro especies de moluscos de agua dulce que fueron considerados como vulnerables al cambio climático son tres bivalvos, distribuidos en tres familias (Etheriidae, Mycetopodidae y Sphaeriidae) y un gasterópodo perteneciente a la familia Planorbidae. Dos de las especies están categorizadas como Datos Insuficientes (DD), una como Preocupación Menor (LC) y una como En Peligro Crítico (CR).

La distribución geográfica de los moluscos de agua dulce vulnerables al cambio climático (usando la misma combinación de valores que en la Figura 8.5), nos muestra una concentración de especies en la cuencas del Magdalena medio y del río Cesar en Colombia, en las cuencas de los ríos Esmeraldas y Morona en Ecuador y en la cuenca del río Marañón en Perú (Figura 8.6a). El porcentaje de moluscos vulnerables al cambio climático respecto del total de especies incluidas en esta evaluación muestra un patrón de distribución similar al de riqueza de especies (Figura 8.3b).

Figura 8.5 Números y porcentajes de los moluscos de agua dulce de los Andes Tropicales que fueron categorizados como "alto" en todas las combinaciones de las tres dimensiones del marco (usando una combinación de los tres modelos, RCP 4.5, proyecciones para el período de 2055, y un supuesto optimista para los valores de datos faltantes).



El bivalvo de agua dulce *Acostaea rivolii* (CR) es una de las especies de moluscos vulnerables al cambio climático. Foto: © Jorge García.

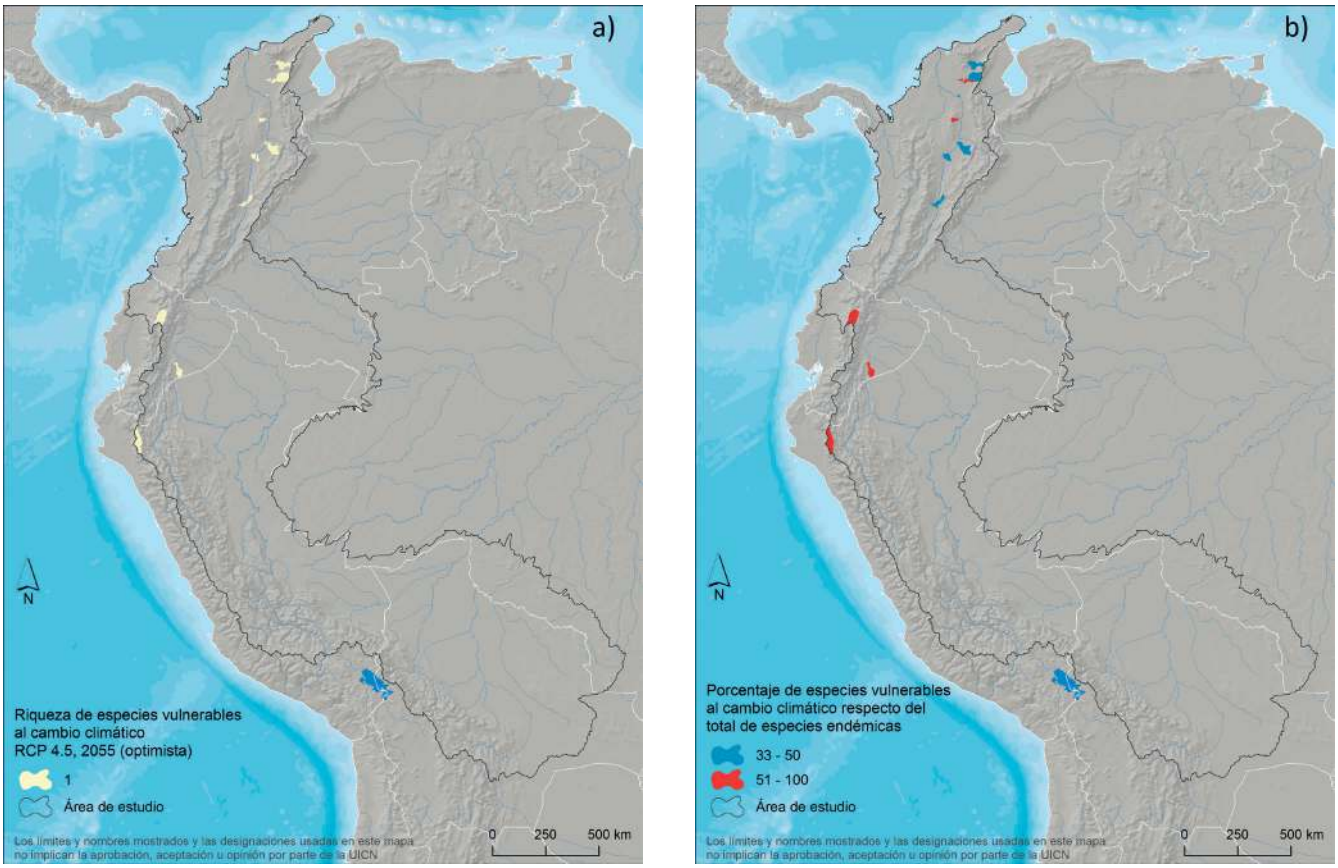


Figura 8.6 a) Riqueza de especies de moluscos de agua dulce de los Andes Tropicales vulnerables al cambio climático por sub-cuenca; b) porcentaje de especies vulnerables al cambio climático respecto del total de especies endémicas en la región por sub-cuenca (en ambas figuras se usó una combinación de los tres modelos, RCP 4.5, proyección para el período 2055, y un supuesto optimista para los valores de datos faltantes).

8.3.3 Libélulas

En este proyecto consideramos 216 especies de libélulas endémicas de los Andes Tropicales. Como parte de la evaluación de vulnerabilidad al cambio climático se consideraron 14 rasgos biológicos, de los cuales 11 estuvieron relacionados con Sensibilidad y tres con Baja Capacidad Adaptativa. Estos se muestran en las tablas 8.7 y 8.8, respectivamente.

El rasgo de Sensibilidad más común es especialización de hábitat, en particular la dependencia de cauces de agua pequeños (arroyos, caños o quebraditas) de corrientes lentas, lo que es evidente en un gran número de las especies evaluadas (Tabla 8.7). Los rasgos que presentan mayor incertidumbre en torno a la sensibilidad de las especies son los desencadenantes ambientales que podrían ser perturbados por el cambio climático (en particular si las especies dependen de un período de diapausa en la etapa de huevo durante el invierno para regular su ciclo de vida) y en las interacciones interespecíficas negativas potenciales que puedan surgir o que empeoren como resultado del cambio climático. En general, se considera que un total de 161 especies (74.5%) de libélulas de los Andes Tropicales serían sensibles al cambio climático (Tabla 8.7).

El rasgo de Baja Capacidad Adaptativa más frecuente está relacionado con la pobre capacidad intrínseca de dispersión de las especies, que sería menor que 1 km por año en 25 especies (Tabla 8.8). Este mismo rasgo es también el que tiene mayor nivel de incertidumbre asociado (49 especies sin información). En general se considera que un total de 42 especies (19%) tendrían una baja capacidad para adaptarse al cambio climático (Tabla 8.8).

En cuanto a la Exposición al cambio climático, se encontró que un gran número de las especies de libélulas incluidas en esta evaluación estarían altamente expuestas al cambio climático. En todos los modelos, escenarios de emisiones y períodos, entre 150 (71%) y 214 (100%) de las 214 especies (dos especies para las cuales no se pudieron generar mapas de distribución no fueron incluidas en el análisis) que fueron evaluadas para este componente se prevé que estén muy expuestas al cambio climático (Tabla 8.9).

Tabla 8.7 Rasgos de sensibilidad al cambio climático utilizados para evaluar las libélulas de los Andes Tropicales, incluyendo los umbrales utilizados para clasificar las especies y el número total de especies que califican en cada categoría para cada rasgo (A = Alto, B = Bajo).

Grupo de rasgos	Rasgos (nivel 1)	Rasgos (nivel 2)	Umbrales	Libélulas Total de especies = 216		
SENSIBILIDAD				**Alto**	**Bajo**	**Desconocido**
A. Requerimientos de hábitat y/o micro-hábitat	Especialización de hábitat	**S1**: Número de tipos de hábitats de UICN ocupados por la especie	B = >1; A = 1	94	64	58
	Especialización de micro-hábitat	**S2:** La especie es dependiente de uno o más micro-hábitats identificados	B = Falso; A = Verdadero	15	185	16
	Especificidad en la puesta de huevos	**S3:** La especie es endofítica, con tipos de sustrato limitado o pone los huevos en zonas secas que luego se inundan	B = Falso; A = Verdadero	9	173	34
B. Tolerancias ambientales reducidas o umbrales que son probables de ser sobrepasados debido al cambio climático en alguna etapa del ciclo de vida	Tolerancia a los cambios de regímenes de precipitación	**S4:** Tolerancia de amplio rango de precipitación (precipitación anual máxima y mínima usadas para calcular el rango tolerado)	Desviación Absoluta Media de precipitación a lo largo de la distribución histórica de la especie: B = 75% más alto; A = 25% más bajo	53	161	2
	Tolerancia a cambios de temperatura	**S5:** Rango de temperatura (temp max – temp min)	Desviación Absoluta Media de temperatura a lo largo de la distribución histórica de la especie: B = 75% más alto; A = 25% más bajo	53	161	2
	Tolerancia a cambios en oxígeno disuelto	**S6:** Tolerancia a niveles reducidos o extremos de oxígeno disuelto (la especie ocurre exclusivamente en aguas hipóxicas (<4 mg/L) o saturadas (>12 mg/L))	B = Falso; A = Verdadero	28	180	8
	Dependencia de un régimen hidrológico específico	**S7:** La especie depende de un solo tipo de régimen hidrológico (de las 10 opciones provistas), que no es perenne por naturaleza	B = Falso; A = Verdadero	4	180	32
C. Dependencia de desencadenantes ambientales específicos que podrían ser perturbados por el cambio climático	Depende de diapausa durante el estadio de huevo, seguido de temperaturas más altas	**S8:** La especie depende de un período de diapausa en la fase de huevo durante el invierno que regula la sincronización del ciclo de vida (que se rompe cuando aparecen temperaturas más altas)	B = Falso; A = Verdadero	0	103	113

Grupo de rasgos	Rasgos (nivel 1)	Rasgos (nivel 2)	Umbrales	Libélulas Total de especies = 216		
SENSIBILIDAD				**Alto**	**Bajo**	**Desconocido**
C. Dependencia de desencadenantes ambientales específicos que podrían ser perturbados por el cambio climático	Otros disparadores o desencadenantes ambientales	**S9:** La especie depende de desencadenantes ambientales para migración, apareamiento y/o metamorfosis	B = Falso; A = Verdadero	0	137	79
D. Interacciones interespecíficas que podrían ser perturbadas/ aparecer como resultado de cambio climático	Disminución de interacciones positivas con otras especies	**S10:** La especie depende de una o varias otras especies para creación o modificación de su hábitat	B = Falso; A = Verdadero	0	182	34
	Incremento de interacciones negativas con otras especies	**S11:** La especie podría experimentar incrementos en uno o más de lo siguiente como resultado del cambio climático: depredación, competencia, parasitismo, enfermedades, o se sabe que la especie experimenta algún tipo de depredación/ competencia/ perturbación debido a una nueva especie (tanto nativa como introducida) dentro de su rango	B = Falso; A = Verdadero	9	101	106
Total (suma de especies con valor Alto en al menos un rasgo)				**161**	**15**	**40**
Porcentaje				**74.5%**	**7%**	**18.5%**

Tabla 8.8 Rasgos de capacidad adaptativa al cambio climático utilizados para evaluar las libélulas de los Andes Tropicales, incluyendo los umbrales utilizados para clasificar las especies y el número total de especies que califican en cada categoría para cada rasgo (A = Alto, B = Bajo).

Grupo de rasgos	Rasgos (nivel 1)	Rasgos (nivel 2)	Umbrales	Libélulas Total de especies = 34		
BAJA CAPACIDAD ADAPTATIVA				**Alto**	**Bajo**	**Desconocido**
A. Baja capacidad de dispersión	Barreras extrínsecas a la dispersión	**A1:** Barreras extrínsecas a la dispersión	B = Sin barreras conocidas; A = Ocurre exclusivamente en cimas de montañas, pequeñas islas y/o en áreas donde la dispersión está bloqueada por hábitat inadecuado (natural o por actividades antrópicas) o represas;	17	196	3
	Baja capacidad intrínseca de dispersión	**A2:** Distancia de dispersión mediana por año	B = >1 km/ año; A = ≤ 1 km/ año o la especie depende exclusivamente de un vector animal accidental, eventos de inundación o no posee mecanismo de dispersión	25	142	49
B. Baja capacidad evolutiva	Baja tasa reproductiva	**A3:** La especie tiene una estrategia reproductiva que no es propicia para la adaptación micro-evolutiva in-situ	A = La especie se desarrolla en => 2 años, pone =< 1 camada de huevos por año y no produce > 1 generación al año; B = lo anterior es falso	0	184	32
Total (suma de especies con valor Alto en al menos un rasgo)				**42**	**105**	**69**
Porcentaje				**19%**	**49%**	**32%**

Tabla 8.9 Número de especies de libélulas de los Andes Tropicales considerados como altamente expuestos en cada una de las combinaciones de parámetros del modelo: tres modelos (MI= miroc_miroc5; NC = ncar_ccsm4; NI= nimr_hadgem2_ao), dos períodos de tiempo (centrados alrededor de 2055 o 2085) y dos escenarios (RCP y RCP 4.5 a 8.5).

		Período			
		2055		**2085**	
Escenario		**RCP 4.5**	**RCP 8.5**	**RCP 4.5**	**RCP 8.5**
Modelo	**MI**	150	214	167	175
	NC	150	214	160	173
	NI	151	155	214	174

Cuando combinamos los valores de Sensibilidad, Baja Capacidad Adaptativa y Exposición para calcular el valor relativo de vulnerabilidad de las especies de libélulas de los Andes Tropicales, encontramos que entre 23 (usando el escenario RCP 8.5, proyecciones para el período de 2055, y un supuesto optimista para los valores de datos faltantes) y 25 especies (usando el escenario RCP 4.5, proyecciones para ambos períodos 2055 y 2085, y un supuesto optimista para los valores de datos faltantes) presentan una categoría "alta" para cada una de las dimensiones (ver apéndice en línea).

La combinación de los tres modelos, usando el escenario RCP 4.5, proyecciones para el período 2055 y un supuesto optimista para los valores de datos faltantes, resulta en 25 (12%) especies de libélulas vulnerables al cambio climático, 86 (40%) presentan categoría "alta" para Sensibilidad y Exposición, 7 (3%) presentan

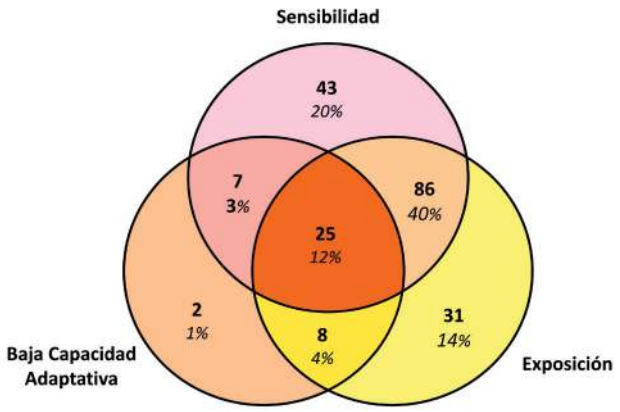


Figura 8.7 Números y porcentajes de las libélulas de los Andes Tropicales que fueron categorizados como "alto" en todas las combinaciones de las tres dimensiones del marco (usando una combinación de los tres modelos, RCP 4.5, proyección para el período 2055, y un supuesto optimista para los valores de datos faltantes).

categoría "alta" para Sensibilidad y Baja Capacidad Adaptativa y 8 (4%) presentan categoría "alta" para Exposición y Baja Capacidad Adaptativa (Figura 8.7). Cabe resaltar que 14 especies presentaron categoría "baja" para las tres dimensiones y, por lo tanto, no están representadas en la figura 8.7. Una vez más, es importante destacar que estas cifras no reflejan los altos grados de Sensibilidad y Exposición evidente en las evaluaciones, debido a una alta capacidad de adaptación percibida entre las especies evaluadas.

La distribución geográfica de las 25 especies de libélulas vulnerables al cambio climático (usando la misma combinación de valores que en la Figura 8.7), nos muestra una concentración de especies en la cuenca del río Nechí y las partes medias de los ríos Magdalena y Cauca en Colombia; en la cuenca del río Napo en Ecuador; en las cuencas de los ríos Ucayali, Amazonas y Madre de Dios en Perú, y en las cuencas de los ríos Mamoré y Beni en Bolivia (Figura 8.8a).

En términos del porcentaje de libélulas vulnerables al cambio climático respecto del total de especies incluidas en esta evaluación, vemos que el patrón de distribución es similar al de riqueza de especies (Figura 8.8b). Altos porcentajes del total de especies son vulnerables al cambio climático en sub-cuencas de las partes bajas de la cuenca del río Mamoré en Bolivia, en sub-cuencas de los ríos Madre de Dios y Ucayali en Perú y en sub-cuencas del río Cauca en Colombia (Figura 8.8b).

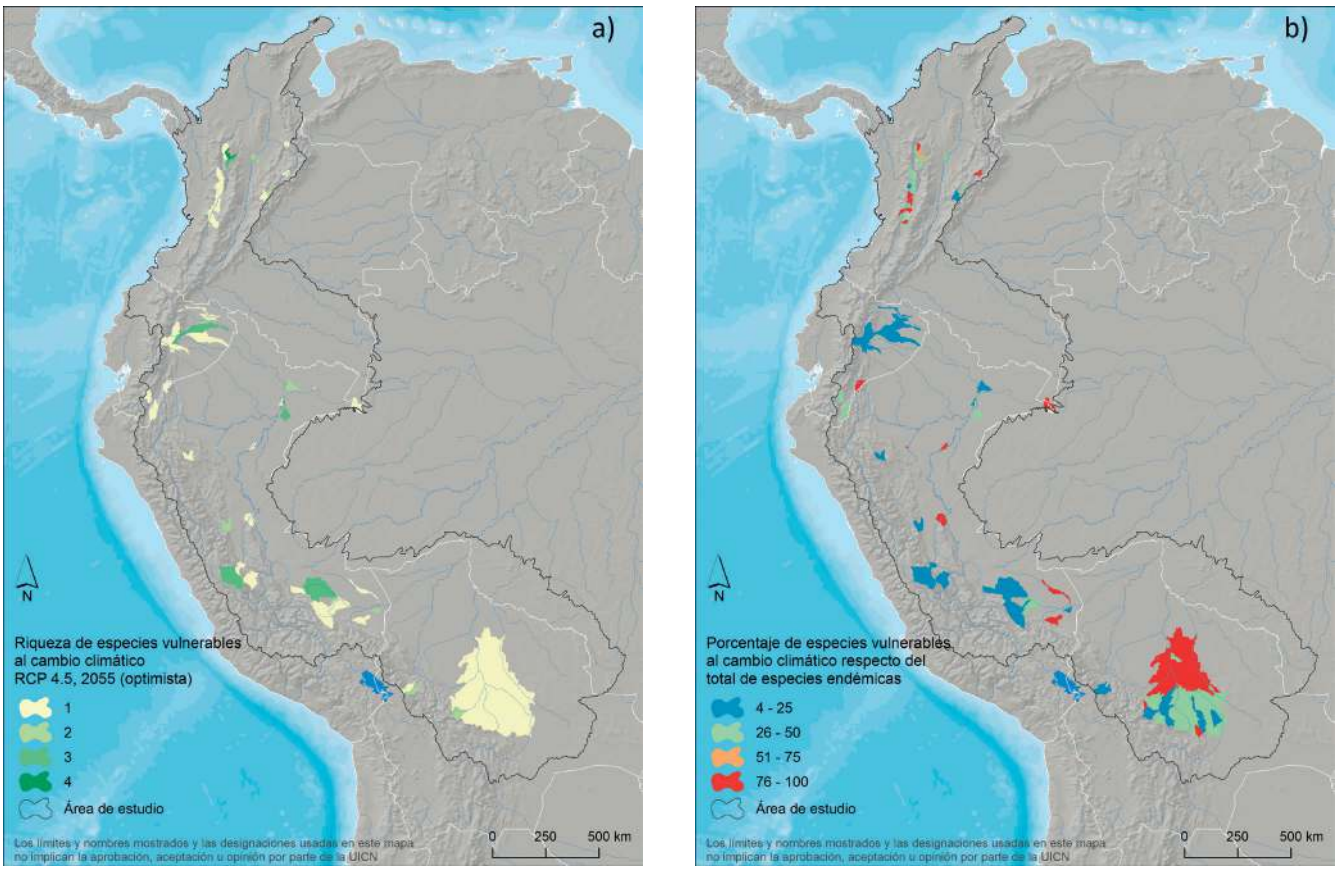


Figura 8.8 a) Riqueza de especies de libélulas de los Andes Tropicales vulnerables al cambio climático; b) porcentaje de especies vulnerables al cambio climático respecto del total de especies endémicas en la región (en ambas figuras se usó una combinación de los tres modelos, RCP 4.5, proyección para el período 2055, y un supuesto optimista para los valores de datos faltantes).

Hábitat de *Protallagma hoffmanni* (NT), en la Laguna Querococha, Cordillera Blanca de Perú a 3,980 m s.n.m. Esta especie es conocida solo de este sitio y es vulnerable al cambio climático. Foto: © Joachim Hoffmann (paisaje), © Franz-Josef Schiel (libélula).

Solamente seis de las 10 familias de libélulas evaluadas presentan especies que son vulnerables al cambio climático. La familia Coenagrionidae es la que tiene más especies vulnerables, con 18 (Figura 8.9). De las 25 especies vulnerables, solo 6 (24%) están además en alguna categoría de amenaza (EN, CR) y 1 (4%) Casi Amenazada (Figura 8.9). Es de destacar que la mayoría de las libélulas que serían vulnerables al cambio climático están en las categorías de Preocupación Menor (LC) con 11 especies (44%) y Datos Insuficientes con 7 especies (28%).

8.3.4 Plantas acuáticas

En el presente proyecto se seleccionaron 51 especies de plantas endémicas de los Andes Tropicales. Como parte de la evaluación de vulnerabilidad al cambio climático se consideraron 18 rasgos biológicos, de los cuales 14 estuvieron relacionados con Sensibilidad y cuatro con Baja Capacidad Adaptativa. Estos se muestran en las tablas 8.10 y 8.11, respectivamente.

Los rasgos de Sensibilidad más comunes son la especialización de hábitat (31%) y las tolerancias a los cambios de precipitación y temperatura (ambos con 25%) (Tabla 8.10). El rasgo que presenta mayor incertidumbre en torno a la sensibilidad de las especies es el requerimiento de un banco de semillas de largo plazo como parte esencial del ciclo de vida de la especie (63%). En general, se considera que un total de 35 especies (68.2%) de las plantas acuáticas de los Andes Tropicales serían sensibles al cambio climático (Tabla 8.10).

Figura 8.9 Distribución de las 25 especies de libélulas de los Andes Tropicales vulnerables al cambio climático por familia y por categoría de amenaza (usando una combinación de los tres modelos, RCP 4.5, proyección para el período 2055, y un supuesto optimista para los valores de datos faltantes).

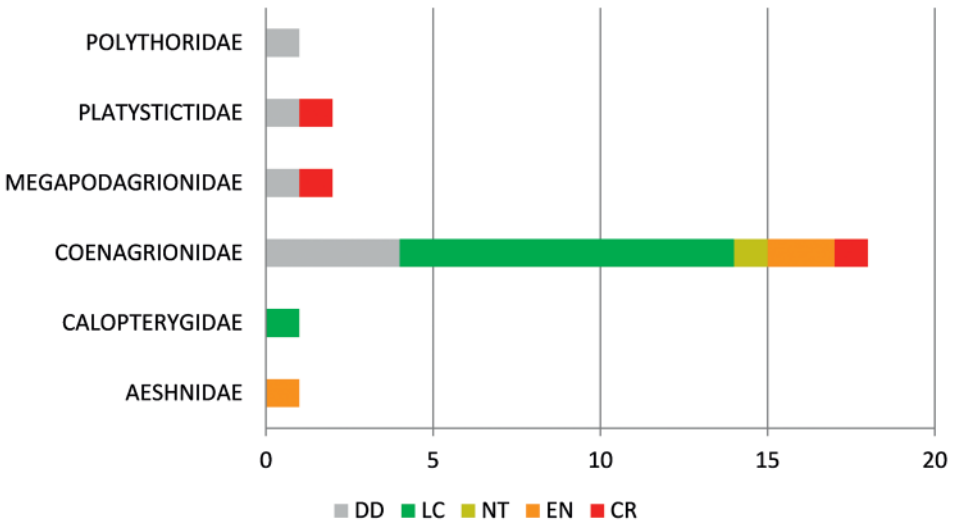


Tabla 8.10 Rasgos de sensibilidad al cambio climático utilizados para evaluar las plantas acuáticas de los Andes Tropicales, incluyendo los umbrales utilizados para clasificar las especies y el número total de especies que califican en cada categoría para cada rasgo (A = Alto, B = Bajo).

Grupo de rasgos	Rasgos (nivel 1)	Rasgos (nivel 2)	Umbrales	Plantas Acuáticas Total de especies = 51		
SENSIBILIDAD				**Alto**	**Bajo**	**Desconocido**
A. Requerimientos de hábitat y/o micro-hábitat	Dependencia temporaria de agua dulce	**S1:** la especie depende exclusivamente de hábitats de agua dulce temporarios	B = Falso; A = Verdadero	3	46	2
	Especialización de hábitat	**S2**: Número de tipos de hábitats de UICN ocupados por la especie	B = >1; A = 1	16	21	14
	Especialización de micro-hábitat	**S3:** La especie es dependiente de uno o más micro-hábitats identificados	B = Falso; A = Verdadero	0	51	0
	Banco de semillas de largo plazo	**S4:** Un banco de semillas de largo plazo es una parte esencial del ciclo de vida de la especie	B = Falso; A = Verdadero	2	17	32
B. Tolerancias ambientales reducidas o umbrales que son probables de ser sobrepasados debido al cambio climático en alguna etapa del ciclo de vida	Tolerancia a los cambios de regímenes de precipitación	**S5:** Tolerancia de amplio rango de precipitación (precipitación anual máxima y mínima usadas para calcular el rango tolerado)	Desviación Absoluta Media de precipitación a lo largo de la distribución histórica de la especie: B = 75% más alto; A = 25% más bajo	13	38	0
	Tolerancia a cambios de temperatura	**S6:** Rango de temperatura (temp max – temp min)	Desviación Absoluta Media de temperatura a lo largo de la distribución histórica de la especie: B = 75% más alto; A = 25% más bajo	13	38	0
	Tolerancia a inundaciones	**S7:** La especie es altamente intolerante a la inundación (sólo puede tolerar < 1 mes)	B = Falso; A = Verdadero	1	35	15
	Tolerancia a la ausencia de agua	**S8:** La especie es altamente intolerante a la ausencia de agua (sólo puede tolerar < 1 mes)	B = Falso; A = Verdadero	2	32	17
C. Dependencia de desencadenantes ambientales específicos que podrían ser perturbados por el cambio climático	Requerimiento de sequía seguido por lluvias	**S9:** La especie requiere de un período de sequía, seguido por lluvias para poder germinar	B = Falso; A = Verdadero	0	31	20

Grupo de rasgos	Rasgos (nivel 1)	Rasgos (nivel 2)	Umbrales	Plantas Acuáticas Total de especies = 51		
SENSIBILIDAD				**Alto**	**Bajo**	**Desconocido**
C. Dependencia de desencadenantes ambientales específicos que podrían ser perturbados por el cambio climático	Requerimiento de disminución en el nivel de agua	**S10:** La especie requiere de una disminución en el nivel de agua para poder florecer	B = Falso; A = Verdadero	5	35	11
	Otros requerimientos de germinación	**S11:** La especie tiene un requerimiento de germinación peculiar (indicado por el evaluador) que podría ser perturbado por el cambio climático	B = Falso; A = Verdadero	0	33	18
D. Interacciones interespecíficas que podrían ser perturbadas/ aparecer como resultado de cambio climático	Disminución de interacciones positivas con otras especies	**S12:** La especie requiere que su hábitat sea pisoteado por grandes animales (generalmente ungulados) con el fin de hacerlo apto para el crecimiento	B = Falso; A = Verdadero	0	42	9
		S13: La especie es un carnívoro especialista que se alimenta de 5 o menos especies de presa, o es un especialista en alimentarse de nematodos	B = Falso; A = Verdadero	0	51	0
	Incremento de interacciones negativas con otras especies	**S14:** La especie podría experimentar incrementos en uno o más de lo siguiente como resultado del cambio climático: depredación, competencia, parasitismo, enfermedades	B = Falso; A = Verdadero	2	24	25
Total (suma de especies con valor Alto en al menos un rasgo)				**35**	**5**	**11**
Porcentaje				**68.5%**	**10%**	**21.5%**

El rasgo de Baja Capacidad Adaptativa más frecuente en las plantas acuáticas de los Andes Tropicales está relacionado con las barreras físicas, extrínsecas, a la dispersión (Tabla 8.11). Por otro lado, las barreras intrínsecas a la dispersión es el rasgo que tiene mayor nivel de incertidumbre asociado (20 especies sin información). En general se considera que un total de 35 especies de plantas (68.2%) tendrían una baja capacidad para adaptarse al cambio climático (Tabla 8.11).

En cuanto a la Exposición al cambio climático, se encontró que un gran número de las especies de plantas incluidas en esta evaluación estarían altamente expuestas al cambio climático. En todos los modelos, escenarios de emisiones y períodos, entre 37 (73%) y 51 (100%) de las 51 especies que fueron evaluadas para este componente se prevé que estén muy expuestas al cambio climático (Tabla 8.12).

Tabla 8.11 Rasgos de capacidad adaptativa al cambio climático utilizados para evaluar las plantas acuáticas de los Andes Tropicales, incluyendo los umbrales utilizados para clasificar las especies y el número total de especies que califican en cada categoría para cada rasgo (A = Alto, B = Bajo).

Grupo de rasgos	Rasgos (nivel 1)	Rasgos (nivel 2)	Umbrales	Plantas acuáticas Total de especies = 51		
BAJA CAPACIDAD ADAPTATIVA				Alto	Bajo	Desconocido
A. Baja capacidad de dispersión	Barreras extrínsecas a la dispersión	**A1:** Barreras extrínsecas a la dispersión	B = Sin barreras conocidas; A = Ocurre exclusivamente en cimas de montañas, pequeñas islas y/o en áreas donde la dispersión está bloqueada por hábitat inadecuado (natural o por actividades antrópicas) o represas;	30	19	2
	Baja capacidad intrínseca de dispersión	**A2:** La especie se dispersa exclusivamente por barocoria o zoocoria	B = Falso; A = Verdadero	4	27	20
B. Baja capacidad evolutiva	Baja tasa de desarrollo de nuevos rasgos	**A3:** La especie solo se reproduce asexualmente	B = Falso; A = Verdadero	2	49	0
	Baja diversidad genética	**A4:** Evidencia de baja diversidad genética o cuello de botella genético	B = La variabilidad genética de la especie no se considera como baja; A = La especie muestra evidencia de tener baja variabilidad genética (p. ej. cuello de botella genético) en todos sus individuos	0	49	2
Total (suma de especies con valor Alto en al menos un rasgo)				35	11	5
Porcentaje				68.5%	21.5%	10%

Tabla 8.12 Número de especies de plantas acuáticas de los Andes Tropicales considerados como altamente expuestos en cada una de las combinaciones de parámetros del modelo: tres modelos (MI= miroc_miroc5; NC = ncar_ccsm4; NI= nimr_hadgem2_ao), dos períodos de tiempo (centrados alrededor de 2055 o 2085) y dos escenarios (RCP y RCP 4.5 a 8.5).

		Período			
		2055		2085	
Escenario		RCP 4.5	RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 8.5
Modelo	MI	37	51	40	44
	NC	37	51	51	44
	NI	37	37	51	43

Cuando combinamos los valores de Sensibilidad, Baja Capacidad Adaptativa y Exposición para calcular el valor relativo de vulnerabilidad de las especies de libélulas de los Andes Tropicales, encontramos que entre 20 (usando los escenarios RCP 4.5 y RCP 4.5, la proyección para el período 2055 y un supuesto optimista para los valores de datos faltantes) y 22 especies (usando los escenarios RCP 4.5 y RCP 4.5, la proyección para el período 2085 y un supuesto optimista para los valores de datos faltantes) presentan una categoría "alta" para cada una de las dimensiones (ver apéndice en línea).

La combinación de los tres modelos, usando el escenario RCP 4.5, proyecciones para el período 2055 y un supuesto optimista para los valores de datos faltantes, resulta en 20 (39%) especies

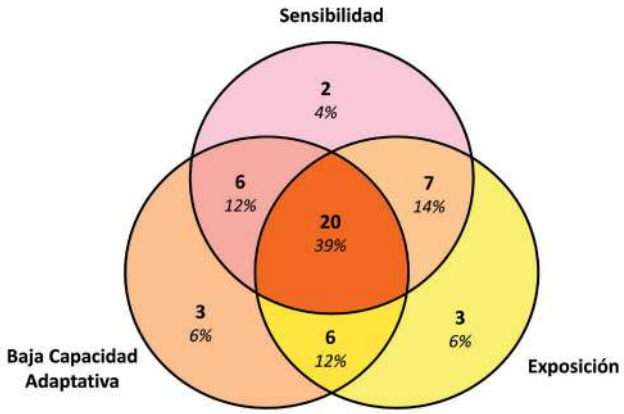


Figura 8.10 Números y porcentajes de las plantas acuáticas de los Andes Tropicales que fueron categorizados como "alto" en todas las combinaciones de las tres dimensiones del marco (usando una combinación de los tres modelos, RCP 4.5, proyección para el período 2055, y un supuesto optimista para los valores de datos faltantes).

de plantas vulnerables al cambio climático, 7 (14%) presentan categoría "alta" para Sensibilidad y Exposición, 6 (12%) presentan categoría "alta" para Sensibilidad y Baja Capacidad Adaptativa y 6 (12%) presentan categoría "alta" para Exposición y Baja Capacidad Adaptativa (Figura 8.10). Cabe resaltar que cuatro especies presentaron categoría "baja" para las tres dimensiones y, por lo tanto, no están representadas en la figura 8.7.

La distribución geográfica de las 20 especies de plantas vulnerables al cambio climático (usando la misma combinación de valores que en la Figura 8.10), nos muestra una concentración de especies en la región andina de Ecuador, particularmente en la parte alta de la cuenca de los ríos Santiago, Napo y Mira; en la región andina de Perú, principalmente en las cuencas de los ríos Marañón, Mantaro y Urubamaba y en las partes altas de las cuencas de los ríos Beni, Iténez y Mamoré en Bolivia (Figura 8.11a).

En términos del porcentaje de plantas acuáticas vulnerables al cambio climático respecto del total de especies incluidas en esta evaluación, vemos que el patrón de distribución es similar al de riqueza de especies (Figura 8.11b). Altos porcentajes del total de especies son vulnerables al cambio climático en toda la región andina de Perú y Ecuador, y en sub-cuencas de los ríos Mamoré e Iténez en Bolivia (Figura 8.11b).

De las 25 familias de plantas acuáticas evaluadas, solamente 14 tienen especies que son vulnerables al cambio climático. La familia Isoetaceae es la que tiene más especies vulnerables, con

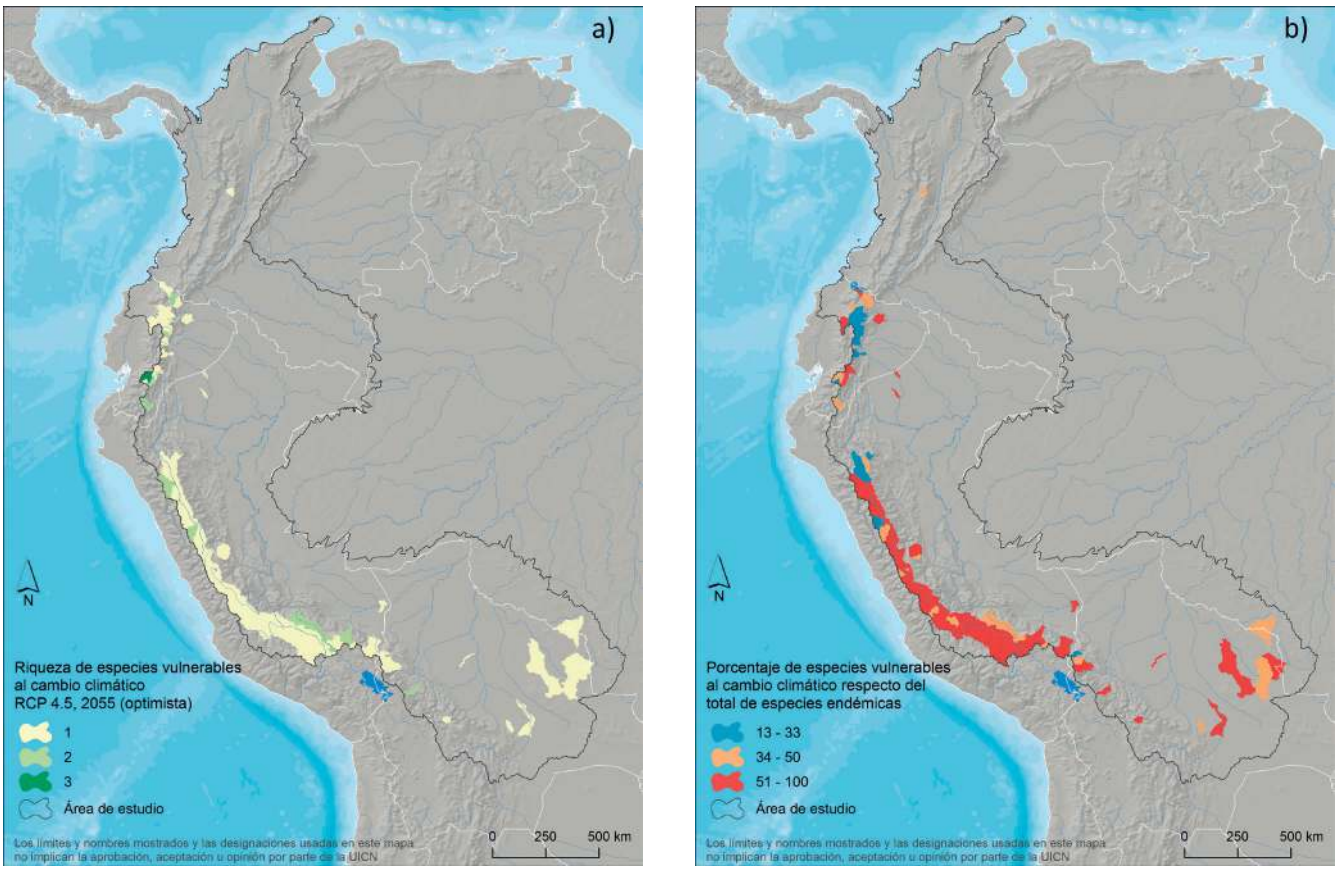
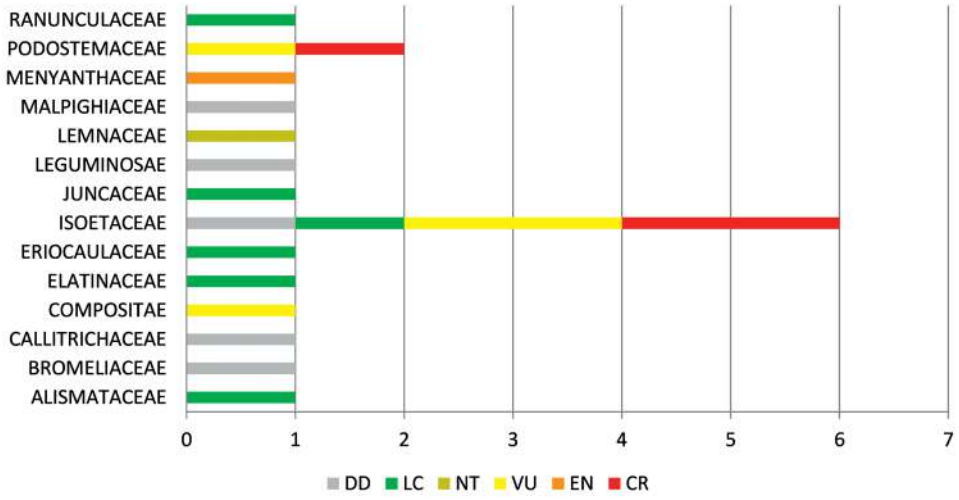


Figura 8.11 a) Riqueza de especies de plantas acuáticas de los Andes Tropicales vulnerables al cambio climático; b) porcentaje de especies vulnerables al cambio climático respecto del total de especies endémicas en la región (en ambas figuras se usó una combinación de los tres modelos, RCP 4.5, proyección para el período 2055, y un supuesto optimista para los valores de datos faltantes).

Figura 8.12 Distribución de las 20 especies de plantas acuáticas de los Andes Tropicales vulnerables al cambio climático por familia y por categoría de amenaza (usando una combinación de los tres modelos, RCP 4.5, proyección para el período 2055, y un supuesto optimista para los valores de datos faltantes).



seis especies (Figura 8.12). De las 20 especies vulnerables, 8 (40%) están además en alguna categoría de amenaza (VU, EN, CR) y 1 (5%) Casi Amenazada (Figura 8.12). Seis especies de las especies vulnerables al cambio climático (30%) están en la categoría de Preocupación Menor (LC) y cinco especies (25%) con Datos Insuficientes.

8.4 Conclusiones y recomendaciones

De los cuatro grupos taxonómicos evaluados en este capítulo, las plantas acuáticas aparecen con el mayor porcentaje de especies vulnerables al cambio climático (40%), seguido por los otros tres grupos con casi el mismo porcentaje de especies vulnerables cada uno (11-12%). Sin embargo, esto no debería tomarse como indicativo de la situación general de las plantas acuáticas de la región, dado que solo se evaluaron un grupo selecto de especies que estuvo sesgado a taxones principalmente de áreas por encima de los 2000 m s.n.m. Las proyecciones climáticas de los modelos regionales muestran que el incremento de la temperatura en los Andes tropicales aumenta con la altitud (Anderson *et al*. 2012), lo que en cierta forma explicaría el alto porcentaje de plantas vulnerables al cambio climático reportadas en este estudio.

La distribución de peces de agua dulce que serían susceptibles a cambios en el clima no muestra un claro patrón de incremento con la altitud, como se esperaría. Estas especies se concentran mayormente en las cuencas bajas de Bolivia, Perú y Ecuador y en los valles inter-cordilleranos en Colombia; aunque en este último país, también hay concentración de peces vulnerables a mayores altitudes (Figura 8.3a). Este patrón de distribución estaría relacionado con la cantidad de especies vulnerables en algunas familias con características particulares. Por ejemplo, las especies de la familia Rivulidae (con el mayor número de especies vulnerables al cambio climático) tienen distribuciones muy restringidas (algunas solo conocidas de la localidad tipo o unas pocas localidades) y son típicas de zonas más bien bajas (generalmente por debajo de los 400 m de altitud), con requerimientos de hábitats específicos, ya que generalmente ocurren en pequeños arroyos o charcas temporarias, cuya estacionalidad podría verse afectada por los cambios en el clima. Además, son especies anuales, que depositan los huevos en el sedimento de las charcas, para luego eclosionar durante el comienzo de la nueva temporada de lluvias (Costa 2003). La dependencia de este disparador o desencadenante ambiental, sumado a la especificidad de hábitat, hace que estas especies sean particularmente vulnerables al cambio climático. La familia Callichthydae es también principalmente de tierras bajas, con numerosas especies en las llanuras inundables de la Amazonia boliviana y peruana, algunas con distribuciones muy restringidas y que podrían verse afectadas por los efectos del cambio climático. La familia Astroblepidae ocurre principalmente en elevaciones medias y altas (800 a 3000 m s.n.m.), lo que podría estar reflejando el patrón de especies en áreas más altas en Colombia. Las especies en esta familia habitan generalmente arroyos o quebradas en bosque húmedo y tienen alto requerimiento de oxígeno, por lo que son muy sensibles a cambios en la temperatura del agua y la concentración de oxígeno disuelto. Por lo tanto, un aumento en la temperatura del agua producido por el cambio climático, causaría una reducción en la concentración de oxígeno, afectando así a las especies de este grupo.

Si bien esta especie (*Astroblepus guentheri*) tiene una distribución relativamente amplia en Colombia y fue categorizado como Preocupación Menor (LC), es especialista de hábitat y tiene alto requerimiento de oxígeno, por lo que sería sensible a cambios en la temperatura del agua. Foto: © Ictiología Universidad Católica de Oriente (imagen en línea, Flickr bajo licencia Creative Commons 2.0).

Los moluscos vulnerables al cambio climático se encuentran distribuidos tanto en áreas altas como bajas de Colombia, Ecuador y Perú. Un caso particular es la ostra *Acostaea rivolii*, que además está En Peligro Crítico ya que su distribución ha sido reducida drásticamente, de 18 ríos en donde se conocía en 1973 (Granados 1973), a solo una pequeña porción del río Opia, afluente de la parte media del río Magdalena (López-Delgado *et al*. 2009). Esta sección del río Opia está entre los 230 y 540 m de elevación y cambios en la temperatura y/o reducción del caudal de agua por efecto del cambio climático podrían reducir aún más la población de esta especie, o inclusive provocar su desaparición.

Las especies de libélulas vulnerables al cambio climático tienen un patrón similar al de los peces, con mayoría de especies en áreas bajas de Bolivia, Perú y Ecuador, aunque con mayor concentración de especies en áreas medias y altas en Colombia (Figura 8.8a). Esto último puede deberse a que varias de las especies de libélulas susceptibles al cambio climático son endémicas de páramos. Este ecosistema ocurre en parches entre 3000 m y aproximadamente 5000 m de altitud en los Andes, desde Colombia hasta el norte de Perú y se caracteriza por albergar numerosas especies endémicas (Cuesta *et al*. 2012, CEPF 2015). Estudios recientes, utilizando modelos de variaciones en la distribución de los biomas en función del cambio climático, indicarían que el páramo es el bioma que sufriría mayor pérdida de su área actual de distribución debido al cambio climático, con un promedio de 46% para el período 2050 (Cuesta *et al*. 2012). En otro estudio (Tovar *et al*. 2013), se encontró que la mayor parte (75-80%) de los ecosistemas de la región del hotspot de los Andes Tropicales se mantendrían estables para el año 2050; sin embargo, el páramo sería uno de los que se vería más afectado, con una pérdida del 31% de su área.

Aunque no es estrictamente correcto comparar los resultados de los rasgos más importantes desde el punto de vista de vulnerabilidad al cambio climático de los distintos grupos taxonómicos (dado que los umbrales que se usaron son relativos a las otras especies dentro de cada grupo y que algunos rasgos fueron específicos para algunos grupos), se mencionan aquí las principales coincidencias encontradas. La especificidad del hábitat (y en algunos casos, de micro-hábitat), por ejemplo, aparece como el principal rasgo de Sensibilidad de las especies al cambio climático en los cuatro grupos taxonómicos. Este resultado no es sorprendente, dado que un gran número de especies de agua dulce en los Andes Tropicales tienen distribuciones restringidas y muchas de ellas están asociadas a hábitats específicos, como pueden ser pequeños ríos, arroyos, quebradas, charcas temporarias, ciénagas y hasta especies que habitan aguas subterráneas. En el caso de las libélulas, las especies que son especificas a hábitats de altura (p. ej. páramos) estarían sufriendo modificaciones en la estructura de la vegetación (p. ej. bosques avanzando sobre los pastizales de altura), que limitaría la disponibilidad de hábitat adecuado para las especies. Por lo tanto, es necesario resaltar la importancia de mantener la integridad y el funcionamiento saludable de los ecosistemas

Laguna en páramo colombiano, uno de los biomas más vulnerables al cambio climático en los Andes Tropicales. Foto: © Cornelio Bota-Sierra.

dulceacuícolas para así poder conservar la biodiversidad que albergan. Cabe aclarar, sin embargo, la necesidad de realizar estudios más detallados y enfocados en las distintas especies y sus requerimientos particulares para poder determinar efectivamente su especificidad de hábitat y los cambios que estos podrían estar experimentando debido al cambio climático.

En cuanto a los rasgos que definen la Baja Capacidad de Adaptación de las especies, encontramos que las barreras extrínsecas a la dispersión fue el rasgo más relevante para las plantas y los moluscos, mientras que las barreras intrínsecas lo fueron para las libélulas y la estrategia de vida (no conducente a una adaptación micro-evolutiva *in-situ* rápida) para los peces. Como se mencionó anteriormente, la mayoría de las plantas evaluadas en este proyecto son principalmente de zonas altas, por lo que su capacidad de dispersión estaría limitada por las áreas bajas entre las montañas. Este resultado destaca la importancia de mantener o incrementar la conectividad del hábitat para que las especies puedan dispersarse naturalmente. En el caso de los odonatos, la mayoría de las especies identificadas como vulnerables al cambio climático son de distribución restringida (i. e. ocurriendo en una o dos sub-cuencas), lo que estaría indicando que son especies con baja capacidad de dispersión. Por otro lado, la baja capacidad adaptativa en los peces se da principalmente en las especies que tienen estrategia de vida denominada de equilibrio, caracterizada por una alta supervivencia de juveniles, baja fecundidad y larga vida, o bien tienen crecimiento lento, baja fecundidad y corta vida.

Es importante destacar que la mayoría de las especies que fueron identificadas como vulnerables al cambio climático están en las categorías de Preocupación Menor (LC) o Datos Insuficientes (DD). Para el caso de las especies en la categoría LC, esto estaría indicando que, si bien algunas especies no tendrían amenazas evidentes que estén afectando sus poblaciones actualmente, serían susceptibles a una amenaza no tan aparente tal como es el cambio climático. Esto se debe principalmente a que el impacto del cambio climático es un proceso lento que afectaría a las especies en el mediano a largo plazo. Por otro lado, en el caso de las especies en la categoría DD, si bien no se cuenta con información suficiente para evaluar su riesgo de extinción usando la Lista Roja, la poca información que se tiene, en conjunción con las proyecciones de cambios en las condiciones climáticas, estaría revelando que serían vulnerables al cambio climático. En consecuencia, se recomienda priorizar la recopilación de información para las especies DD y monitorear las poblaciones de las especies LC que serían vulnerables al cambio climático, para asegurar que cualquier impacto sobre ellas por cambios en el clima pueda ser tenido en cuenta y atenuado.

Particular importancia se debe prestar a aquellas especies que han sido identificadas como amenazadas y que, además, serían vulnerables al cambio climático. Por ejemplo, de los grupos taxonómicos evaluados, el 40% de las plantas estarían en esta situación, al igual que el 25% de las libélulas y los moluscos y 12% de los peces. En estos casos, las medidas de conservación para estas especies no solo deben tener en cuenta mitigar las amenazas identificadas a través de la evaluación de la Lista Roja, sino también considerar las medidas que se deberían tomar para atenuar el impacto del cambio climático. Así, cuando se identifiquen áreas geográficas para priorizar acciones de conservación, sería recomendable enfocarse en sitios que tengan alta riqueza de especies amenazadas y vulnerables al cambio climático; de esta manera, se lograría un mayor impacto de conservación en función del esfuerzo y costo.

Foden *et al*. (2013) presentan las distintas combinaciones en que las tres dimensiones de la vulnerabilidad al cambio climático interactúan y sus implicaciones para la conservación de las especies (Figura 8.3). Como ya se ha visto, las especies en el centro del diagrama (representado por el número 1) son las que presentan más riesgo y las que requieren mayor y más pronta atención. Las especies que sean susceptibles a solamente dos de las tres dimensiones, estarían en distintos niveles de riesgo y requerirían de menor atención, por el momento (números 2-4 de la figura). Dado el amplio alcance taxonómico y geográfico de este trabajo y la gran variabilidad de los impactos previstos por el cambio climático, es difícil proporcionar recomendaciones concretas que se puedan aplicar para todas las especies o para toda la región. Más bien, la intención es que la información presentada aquí (así como la información por especies individuales en el apéndice en línea), se pueda usar para informar y guiar las acciones y decisiones de conservación, teniendo en cuenta además otros factores específicos del contexto que no se cubren aquí. Sin embargo, los resultados presentados en este trabajo sí pueden ser utilizados para priorizar los sitios en los que se desarrollan las acciones de conservación, así como la especie o grupos de especies sobre las que se deberían centrar.

Al momento de identificar medidas de conservación para atenuar los efectos del cambio climático, los rasgos biológicos identificados en este estudio, en conjunción con sus mecanismos de impacto, pueden proveer lineamientos importantes para la conservación efectiva de las especies. Como se menciona anteriormente, no es posible proporcionar una orientación específica sobre las medidas que serían más eficaces, debido a las diferencias de contexto que existen en casi todos los casos. Sin embargo, con el fin de ilustrar cómo los rasgos de vulnerabilidad podrían informar las acciones de conservación, se proporcionan aquí unos ejemplos sencillos:

- Para las especies que tienen limitaciones para dispersarse como una respuesta al cambio climático, sería recomendable facilitar su dispersión, ya sea a través de asegurar la conectividad del paisaje (es decir, la eliminación barreras) o manualmente mediante la reubicación de poblaciones a zonas con un clima más adecuado.
- Para las especies que tienen un rango de tolerancia estrecha para alguna variable ambiental (p. ej. incendios, inundaciones, temperatura, etc.), se recomienda utilizar distintas técnicas de manejo del hábitat (p. ej. gestión del régimen de fuego, hidrología) para asegurar que persistan

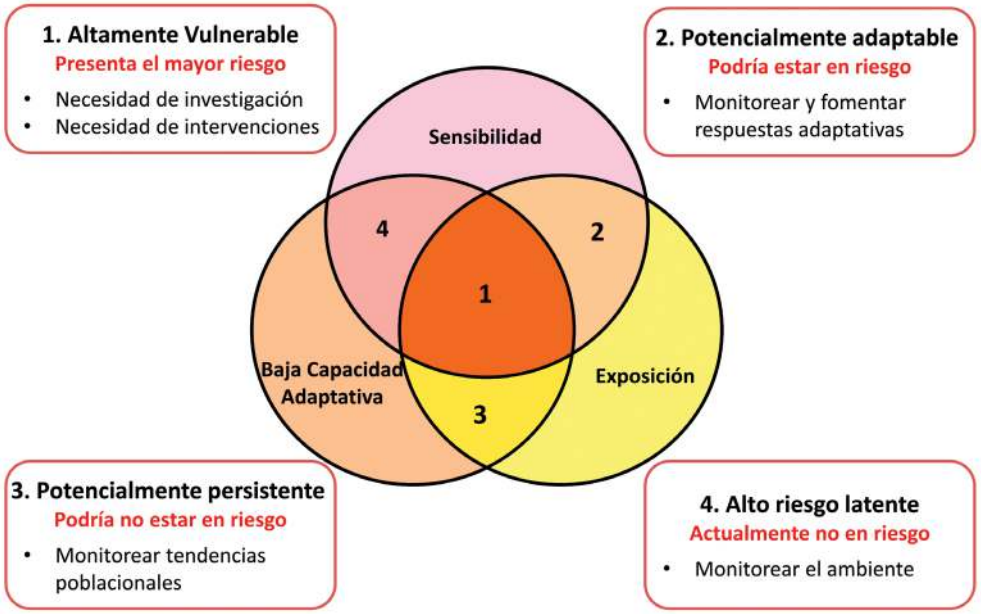


Figura 8.13 Combinaciones de las tres dimensiones del Marco para la Evaluación de la Vulnerabilidad de las Especies al Cambio Climático y las implicaciones para la conservación de las especies en cada caso (adaptado de Foden *et al*. 2013).

las condiciones adecuadas dentro del rango de distribución actual de las especies.

- Para las especies con dependencias interespecíficas conocidas (p. ej. especies que tienen presas específicas), se recomienda monitorear la especie sobre la cual la especie focal depende y, de ser necesario, manejar la población de esta especie para garantizar que el cambio climático no repercuta negativamente sobre las poblaciones de la especie focal.

Esta serie de ejemplos no son exhaustivos ni inclusivos para todas las especies, pero sirven para dar una idea de cómo se podrían usar algunos de los rasgos biológicos identificados aquí (y los mecanismos subyacentes que estarían actuando) para implementar acciones de conservación. Se espera que esta información, en conjunto con otra información relevante, sea tomada en cuenta por los tomadores de decisión y encargados de manejar las especies para diseñar e implementar estrategias de conservación.

8.5 Referencias

Anderson, E., Marengo, J., Villalba, R., Halloy, S., Young, B., Cordero, D., Gast, F., Jaimes, E. y Ruiz, D. 2012. Consecuencias del Cambio Climático en los Ecosistemas y Servicios Ecosistémicos de los Andes Tropicales. En: S.K. Herzog, R. Martínez, P.M. Jørgensen y H. Tiessen, (eds.), *Cambio Climático y Biodiversidad en los Andes Tropicales*, pp. 1-18. Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), Paris.

Bradshaw, W.E. y Holzapfel, C.M. 2006. Evolutionary response to rapid climate change. *Science*, 312(5779): 1477-1478.

Buytaert, W. y De Bièvre, B. 2012. Water for cities: The impact of climate change and demographic growth in the tropical Andes. *Water Resources Research*, 48: W08503.

Cardillo, M., Mace, G.M., Jones, K.E., Bielby, J., Bininda-Emonds, O.R., Sechrest, W., Orme, C.D.L. y Purvis, A. 2005. Multiple causes of high extinction risk in large mammal species. *Science*, 309(5738): 1239-1241.

Carr, J.A., Outhwaite, W.E., Goodman, G.L., Oldfield, T.E.E. y Foden, W.B. 2013. *Vital but vulnerable: Climate change vulnerability and human use of wildlife in Africa's Albertine Rift*. Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission No. 48. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

CEPF. 2015. *Perfil de Ecosistema: Hotspot de Biodiversidad de los Andes Tropicales*.

Chevin, L-M., Lande, R. y Mace, G.M. 2010. Adaptation, plasticity, and extinction in a changing environment: towards a predictive theory. *PLoS Biol*, 8(4): e1000357.

Costa, W.J.E.M. 2003. Family Rivulidae (South American annual fishes). En: R.E. Reis, S.O. Kullander y C.J. Ferraris (eds.) *Check list of the freshwater fishes of South and Central America*, pp. 526-548. Edipucrs, Porto Alegre, Brasil.

Cuesta, F., Báez, S., Ramírez, J., Tovar, C., Devenish, C., Buytaert, W. y Jarvis, A. 2012. Síntesis de los impactos y estado del conocimiento de los efectos del cambio climático en la biodiversidad de los Andes Tropicales. En: F. Cuesta, M. Bustamante, M.T. Becerra, J. Postigo y J. Peralvo (eds.) 2012. *Panorama andino de cambio climático: Vulnerabilidad y adaptación en los Andes Tropicales*, pp. 103-139. CONDESAN, SGCAN, Lima, Perú.

Deutsch, C.A., Tewksbury, J.J., Huey, R.B., Sheldon, K.S., Ghalambor, C.K., Haak, D.C. y Martin, P.R. 2008. Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(18): 6668-6672.

Foden, W.B., Butchart, S.H., Stuart, S.N., Vié, J.C., Akçakaya, H.R., Angulo, A., DeVantier, L.M., Gutsche, A., Turak, E., Cao, L. y Donner, S.D. 2013. Identifying the world's most climate change vulnerable species: a systematic trait-based assessment of all birds, amphibians and corals. *PLoS One*, 8(6): p.e65427.

Granados, H. 1973. Distribución hidrográfica y ecología de *Acostaea rivoli* (Deshayes) de la cuenca del río Magdalena, Colombia (Bivalvia, Etheriidae). *Ciencia*, 28: 1-16.

Herzog, S.K., Martínez, R., Jørgensen, P.M. y Tiessen, H. 2012. *Cambio Climático y Biodiversidad en los Andes Tropicales*. Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE).

Kaser, G. 1999. A review of the modern fluctuations of tropical glaciers. *Global and Planetary Change*, 22: 93-103.

López-Delgado, E.O., Vásquez-Ramos, J.M., Reinoso-Flórez, G., Vejarano-Delgado, M.A. y Melo, J.E. 2009. Plan de manejo de la ostra de agua dulce *Acostea rivoli* (Deshayes, 1827) del río Opia, departamento del Tolima. CORTOLIMA-Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.

Maldonado, M., Maldonado-Ocampo, J.A., Ortega, H., Encalada, A.C., Carvajal-Vallejos, F.M., Rivadeneira, J.F., Acosta, F., Jacobsen, D.,

Crespo, Á. y Rivera-Rondón, C.A. 2012. Diversidad en los sistemas acuáticos. En: S.K. Herzog, R. Martínez, P.M. Jørgensen y H. Tiessen (eds.) *Cambio Climático y Biodiversidad en los Andes Tropicales*, pp. 325-347. Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), Paris.

Rabatel, A., Francou, B., Soruco, A., Gomez, J., Cáceres, B., Ceballos, J.L., Basantes, R., Vuille, M., Sicart, J.E., Huggel, C. y Scheel, M. 2013. Current state of glaciers in the tropical Andes: a multi-century perspective on glacier evolution and climate change. *The Cryosphere*, 7(1): 81-102.

Ramirez, J. y Jarvis, A. 2008. *High resolution statistically downscaled future climate surfaces*. International Center for Tropical Agriculture (CIAT); CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). Cali, Colombia.

Tovar, C., Arnillas, C.A., Cuesta, F. y Buytaert, W. 2013. Diverging responses of tropical Andean biomes under future climate conditions. *PloS One*, 8(5): e63634.

Río Suarez, Colombia. Foto: © Carlos A. Lasso.

Capítulo 9. Síntesis para todos los grupos taxonómicos

Marcelo F. Tognelli[1], Lina M. Mesa S.[2] y Carlos A. Lasso[2]

9.1 Estado de conservación 157
9.2 Patrones de riqueza de especies 158
9.2.1 Riqueza de especies por país 158
9.2.2 Centros de riqueza de especies endémicas 158
9.2.3 Distribución de especies amenazadas 160
9.2.4 Distribución de especies con Datos Insuficientes 161
9.3 Principales hábitats para la biodiversidad de agua dulce de los Andes Tropicales 162
9.4 Principales amenazas para la biodiversidad de agua dulce de los Andes Tropicales 163
9.4.1 Distribución de las principales amenazas 165
9.5 Provisión de servicios ecosistémicos por la biodiversidad de agua dulce 168
9.6 Acciones de conservación y recomendaciones 168
9.7 Prioridades de conservación de la biodiversidad de agua dulce en los Andes Tropicales 170
9.7.1 Riesgo de extinción, vulnerabilidad al cambio climático, utilización y grado de protección de la biodiversidad de agua dulce en los Andes Tropicales 170
9.7.2 Cobertura de las ACB 172
9.8 Referencias 173

En este capítulo se combinan los datos de los Capítulos 3 a 8 para sintetizar la información de los cuatro grupos taxonómicos evaluados (peces de agua dulce, moluscos, libélulas y plantas acuáticas) en los Andes Tropicales. Se incluye información cuantitativa sobre los patrones de distribución de riqueza de especies endémicas, especies amenazadas, el estado de conservación y los principales factores que amenazan a la biodiversidad de agua dulce en la región, además de las acciones de conservación recomendadas. Se incluye también una síntesis de los distintos análisis realizados en función del riesgo de extinción, la vulnerabilidad al cambio climático, la utilización por las personas y el grado de protección de la biodiversidad de agua dulce en los Andes Tropicales, y de cómo las Áreas Claves para la Biodiversidad identificadas y delimitadas vendrían a cubrir algunos de los vacíos de conservación encontrados.

El objetivo de este análisis (y los datos que se incluyen) es proporcionar resultados que puedan ser utilizados por organizaciones gubernamentales y no gubernamentales para orientar los procesos de planificación de la conservación y el desarrollo en los ecosistemas de agua dulce de los Andes Tropicales a nivel nacional, regional, de cuencas y de sitio.

9.1 Estado de conservación

Cuando se combina la información sobre el estado de conservación de los cuatro grupos taxonómicos evaluados, se encuentra que el 17.5% del total de especies para las cuales existe información suficiente para evaluar su estado de conservación (i. e. excluyendo las especies en la categoría DD), están amenazadas (VU, EN o CR) (Tabla 9.1). Los moluscos de agua dulce y las plantas acuáticas son los grupos que, en proporción a la cantidad de especies evaluadas, poseen los mayores porcentajes de especies amenazadas, seguidos por los peces y las libélulas (Tabla 9.1).

En general, la proporción de especies por categoría es similar en los distintos grupos taxonómicos, excepto por los moluscos que presenta un gran porcentaje en la categoría de Datos Insuficientes (Tabla 9.1 y figura 9.1), resaltando la falta de información para este grupo en la región. Sin embargo, cabe recordar que solo se incluyeron las especies endémicas de la región de estudio en el análisis y que, de agregar las especies no endémicas, esta proporción muy probablemente cambiaría, ya que muchas de las especies con distribuciones amplias generalmente son de Preocupación Menor (LC).

1 IUCN-CI Biodiversity Assessment Unit. Global Species Programme. The Betty and Gordon Moore Center for Science. Conservation International. 2011 Crystal Dr., Suite 500. Arlington, VA 22202, USA.
2 Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Calle 28A # 15-09, Bogotá D.C., Colombia.

Tabla 9.1 Número de especies de agua dulce en los Andes Tropicales en cada categoría de la Lista Roja de la UICN y por grupo taxonómico. * El porcentaje está calculado sobre el total de especies para las cuales existe suficiente información para evaluar su estado de conservación (i. e. excluyendo las especies en las categorías DD).

Grupo	DD	LC	NT	VU	EN	CR	Total	% Amenazadas*	% DD
Libélulas	78	112	5	6	10	5	**216**	**15.2**	**36.1**
Moluscos	21	7	1	3	0	2	**34**	**38.5**	**61.8**
Peces	215	341	36	33	28	13	**666**	**16.4**	**32.3**
Plantas	15	22	2	8	1	3	**51**	**30.0**	**29.4**
Total	**329**	**479**	**47**	**50**	**39**	**23**	**967**	**17.5**	**34.0**

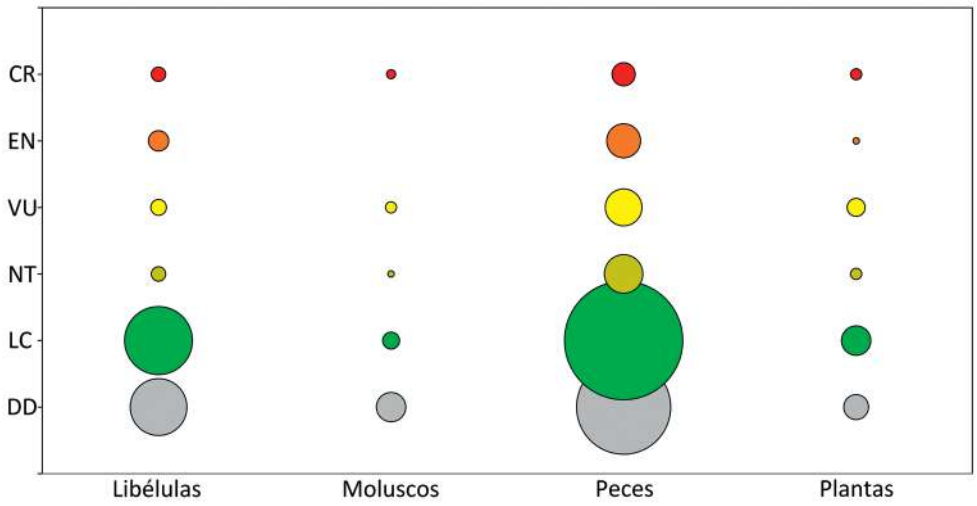


Figura 9.1 Proporción de especies de agua dulce de los Andes Tropicales en cada categoría de la Lista Roja de la UICN y por grupo taxonómico.

9.2 Patrones de riqueza de especies

Los patrones de distribución de riqueza de especies se presentan como el número de especies por sub-cuenca (usando el Nivel 8 de la capa HydroBASINS; Lehner y Grill, 2013). Como ocurre con los mapas de riqueza de especies que se han presentado en los capítulos previos, estos podrían estar reflejando un sesgo debido a la intensidad de muestreo y a la metodología de mapeo. Por un lado, esta es una región híper diversa que no ha sido exhaustivamente muestreada y en la que continuamente se describen nuevas especies. Por el otro, es sabido que hay regiones de los distintos países que son menos accesibles que otras, ya sea por la dificultad del terreno y ausencia de caminos o bien por problemas de inseguridad y, por lo tanto, su biodiversidad está menos explorada. También, es importante destacar que los patrones de distribución están fuertemente influenciados por los grupos con mayor número de especies; para el caso de esta evaluación, los peces y las libélulas.

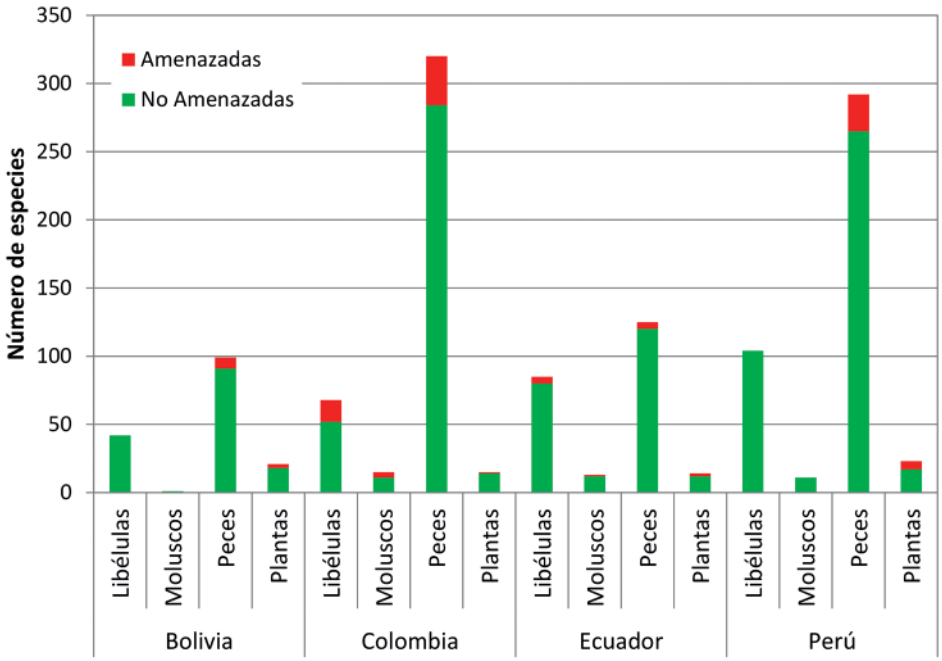
9.2.1 Riqueza de especies por país

De las especies incluidas en esta evaluación, el país con mayor riqueza de especies combinadas es Colombia (467), seguido por Perú (430), Ecuador (311) y Bolivia (163). Cabe recordar que solo se incluyeron especies endémicas del área de estudio y que ésta no incluye la superficie total de cada país. Peces es el grupo más numeroso en cada país, seguido por las libélulas, las plantas y los moluscos (Figura 9.2). Un patrón similar ocurre con las especies amenazadas, con Colombia encabezando la lista (64 especies en total), seguida por Perú (33), Ecuador (15) y Bolivia (11). Notablemente, Bolivia y Perú no presentaron especies de moluscos y libélulas en categorías de amenaza (Figura 9.2). Notar que, aunque aquí se incluyeron a las especies categorizadas como DD en el grupo de "No Amenazadas", es posible que luego de que exista suficiente información para determinar su estado de conservación, puedan estar efectivamente amenazadas.

9.2.2 Centros de riqueza de especies endémicas

Las cuencas con mayor concentración de especies endémicas son la de los ríos Cauca y Magdalena en Colombia; Napo y Pastaza en Ecuador; Ucayali, Madre de Dios y Urubamba en Perú y Beni y Mamoré en Bolivia (Figura 9.3). En general, este patrón es más marcado en las cabeceras de las cuencas mencionadas, disminuyendo hacia las partes bajas. Las áreas correspondientes a la Amazonia de cada uno de los países se muestran con menor

Figura 9.2 Número de especies amenazadas (VU, EN, CR) y no amenazadas (DD, LC, NT) de agua dulce (libélulas, moluscos, peces y plantas) por país en los Andes Tropicales. Notar que algunas especies pueden estar presentes en dos o más países.



Parte alta de la cuenca del río Beni, Bolivia. Foto: © Fernando M. Carvajal-Vallejos.

riqueza de especies. Dado que los peces es el grupo con mayor número de especies, este patrón reflejaría el gradiente altitudinal en este grupo, con mayor número de especies entre los 500 y 2200 m s.n.m. y disminuyendo por encima de los 2500 m s.n.m. (Anderson y Maldonado-Ocampo 2011). Sin embargo, esto también podría deberse a que en este análisis no se incluyeron las especies no endémicas (i. e. especies que se distribuyen también en Brasil). Es posible también que algunas de estas áreas que muestran baja diversidad de especies (p. ej. región de la Amazonía colombiana) podrían estar relacionadas con los escasos inventarios realizados en esas zonas. El sesgo de muestreo en áreas cercanas a ciudades o centros poblados se puede observar en la alta concentración de especies en la cuenca del río Nanay, en la Amazonía peruana, cerca de la ciudad de Iquitos, donde se encuentra el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana.

La alta concentración de especies endémicas en Colombia se debería principalmente a la heterogeneidad ambiental generada por las tres cordilleras que la recorren de norte a sur, separadas por importantes valles interandinos, que dan lugar a una gran diversidad de ambientes de agua dulce (Anderson y Maldonado-Ocampo 2011). Geográficamente es importante hacer notar el aporte en endemismos de las cuencas pacíficas como el río Dagua en Colombia y el Esmeraldas en Ecuador, los cuales a pesar de ser más recientes que su contrapartida oriental trasandina y cisandina, tienen un recorrido significativo para albergar una riqueza de endemismos a ser considerada.

9.2.3 Distribución de especies amenazadas

En general, el patrón de distribución de especies amenazadas es similar al del total de las especies endémicas, aunque las sub-

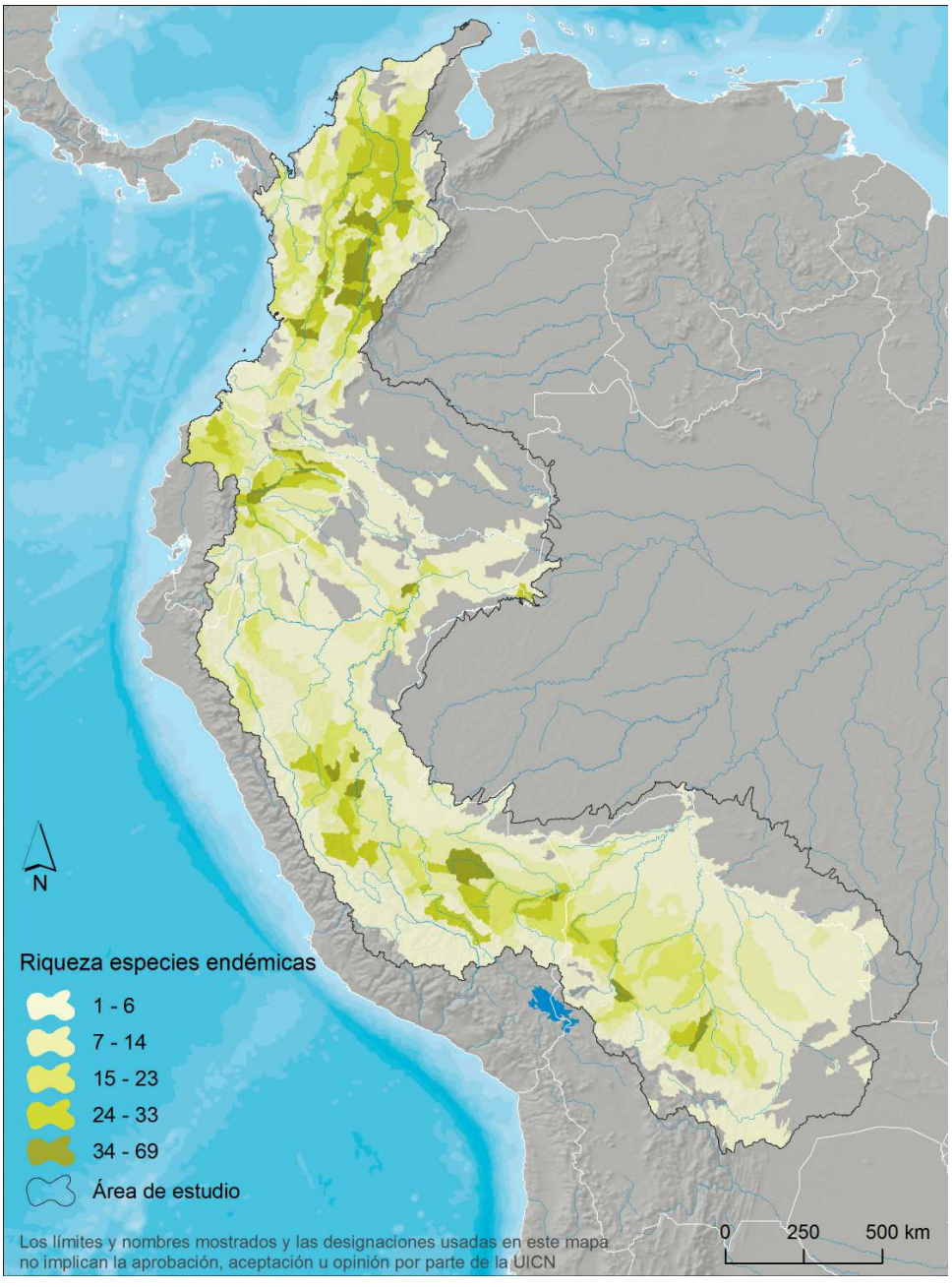


Figura 9.3 Distribución de las especies endémicas de agua dulce (libélulas, moluscos, peces y plantas) por sub-cuencas en los Andes Tropicales.

cuencas de Colombia presentan mayores números (Figura 9.4). Las cuencas con mayor concentración de especies amenazadas corresponden a los ríos Magdalena y Cauca en Colombia, seguido por las cuencas de los ríos Ucayali, Madre de Dios y Marañón en Perú; Napo, Pastaza y Cayapas en Ecuador, y Beni y Mamoré en Bolivia (Figura 9.4). En cierta medida, este patrón refleja que donde la biodiversidad de agua dulce coexiste con poblaciones humanas, la presión sobre los ecosistemas acuáticos suelen ser muy grandes, generando así concentraciones de especies amenazadas. Por ejemplo, las cuencas de los ríos Magdalena y Cauca en Colombia albergan casi el 80% de la población de ese país, generan el 75% de la energía, el 70% de la producción agrícola, 90% de la de café y, además, sus aguas son usadas para el consumo humano, cultivos y producción industrial, y proveen el 50% de la pesca continental (Téllez *et al*. 2012).

En algunos casos, el bajo número de especies amenazadas en algunas áreas no reflejaría el patrón real del riesgo de extinción de la biodiversidad de agua dulce en la región. Esto se debe a que para muchas especies no hubo suficiente información para evaluar su estado de conservación (especies DD; ver figura 9.5) y podrían estar efectivamente amenazadas.

9.2.3 Distribución de especies con Datos Insuficientes

El patrón de especies con Datos Insuficientes (DD) es también similar al del total de especies endémicas, aunque con algunas cuencas no mencionadas anteriormente apareciendo con alta concentración de especies DD (Figura 9.5). Por ejemplo, en Colombia la mayor concentración de especies DD tiene lugar en las cabeceras de la cuenca del río Atrato, además de la parte

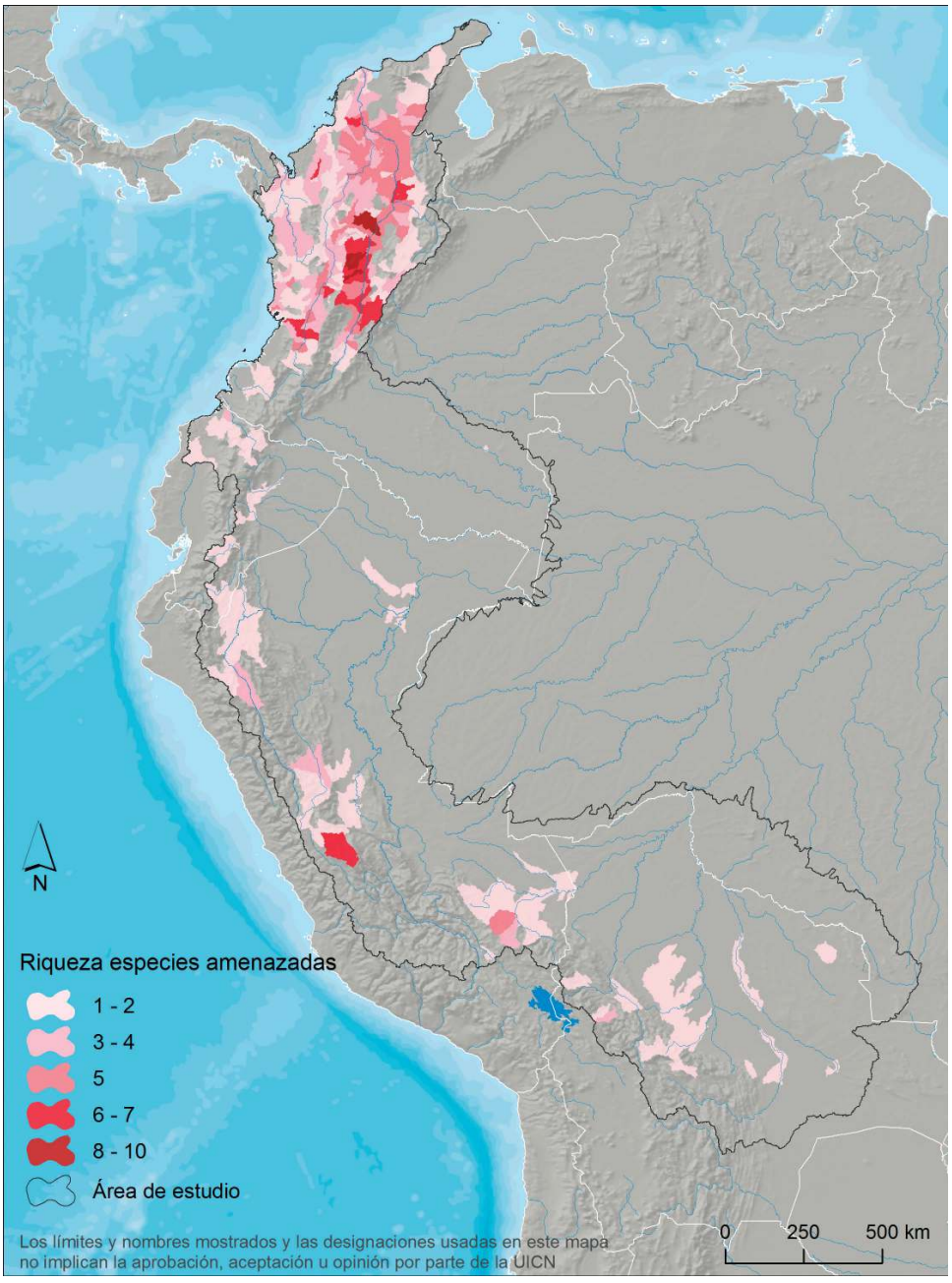


Figura 9.4 Distribución de las especies amenazadas de agua dulce (libélulas, moluscos, peces y plantas) por sub-cuencas en los Andes Tropicales.

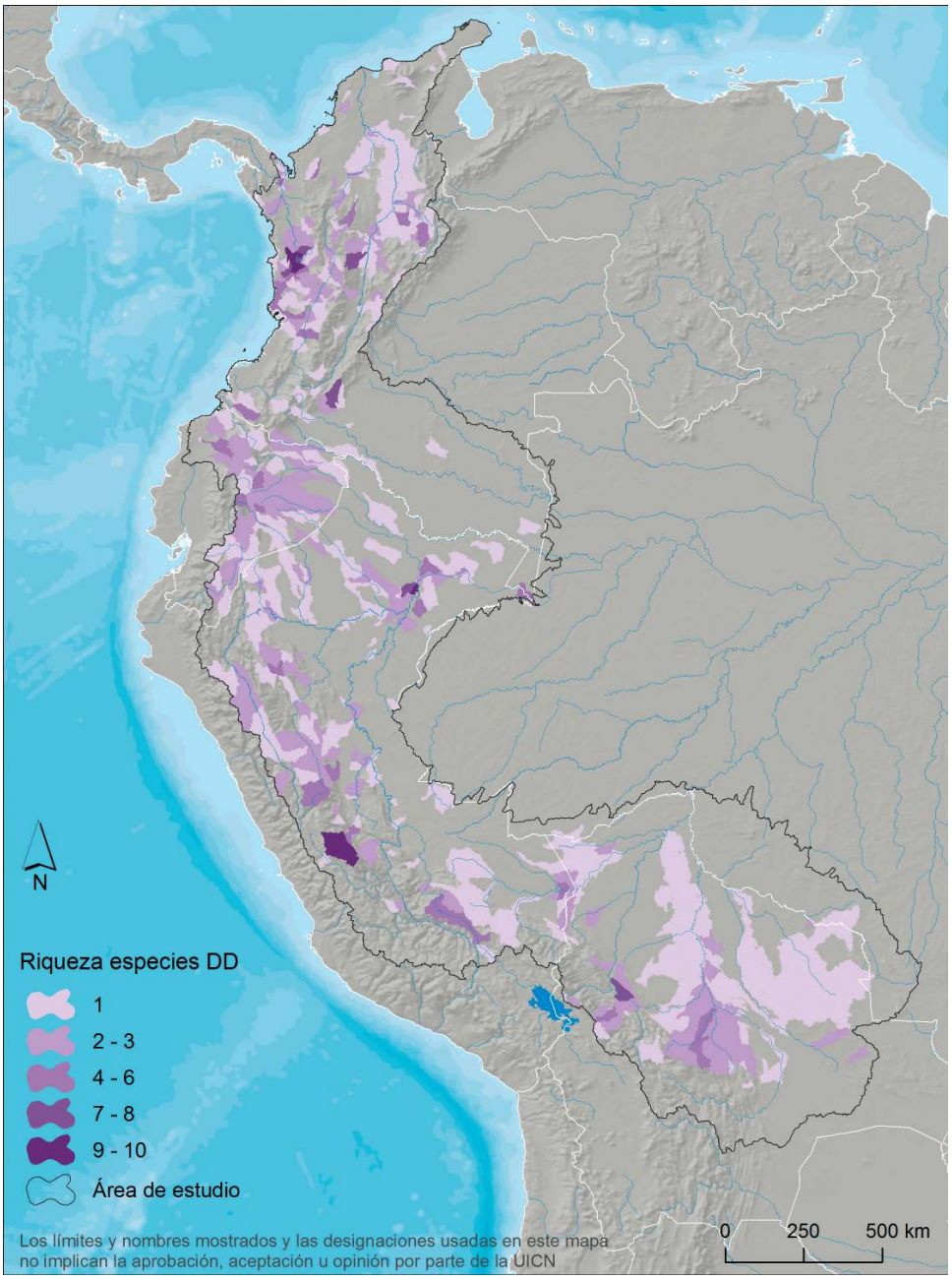


Figura 9.5 Distribución de las especies con Datos Insuficientes (DD) de agua dulce (libélulas, moluscos, peces y plantas) por sub-cuencas en los Andes Tropicales.

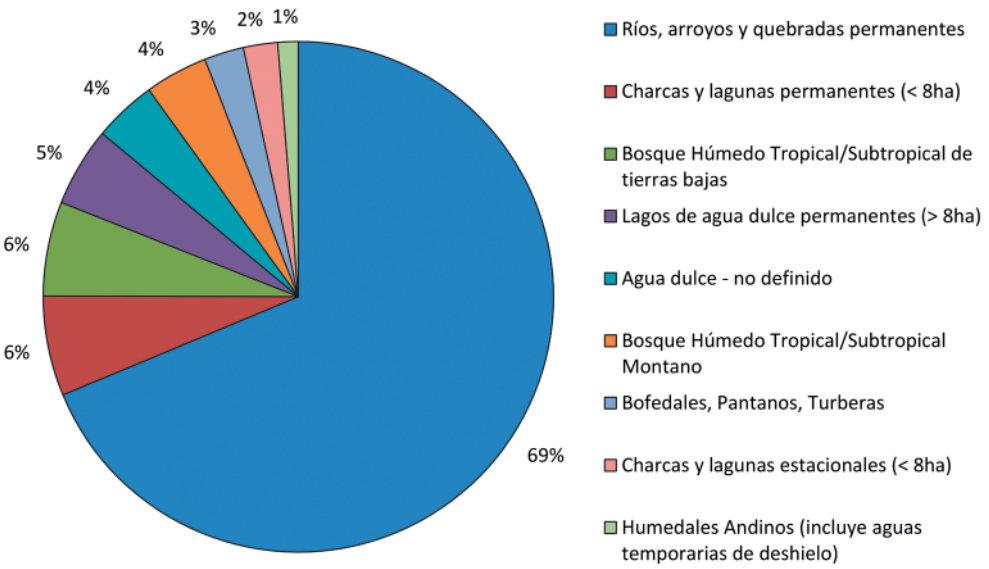
media de la cuenca del río Magdalena y la parte alta de la cuenca del río Cauca. También aparece con alto número de especies DD una sub-cuenca de la parte alta de la cuenca del río Caquetá en la Amazonía colombiana. En Ecuador, las especies DD se concentran en las cabeceras de los ríos Napo y Pastaza y en algunas cuencas de los ríos Esmeraldas y Cayapas en el noroeste del país. En Perú, el mayor número de especies DD se encuentra en la parte alta del río Ucayali, en la sub-cuenca del río Nanay en la Amazonía peruana, y en las partes altas de las cuencas de los ríos Huallaga y Marañón. Finalmente, en Bolivia, las partes altas de las cuencas Beni y Mamoré concentran el mayor número de especies con Datos Insuficientes.

El patrón de riqueza de especies con Datos Insuficientes resalta aquellas áreas con vacíos de información y donde se necesita mayor investigación para poder evaluar el estado de conservación de las especies presentes. Esto se ve reflejado aún más en el hecho de que para muchas especies (15 en total) ni siquiera hay suficiente información precisa sobre sus localidades de colección para que se pudieran generar mapas de distribución. Por lo tanto, el mapa de riqueza de especies DD no está del todo completo.

9.3 Principales hábitats para la biodiversidad de agua dulce de los Andes Tropicales

Cuando se realizan las evaluaciones de las especies utilizando la Lista Roja de la UICN, se utiliza un esquema de clasificación de hábitats y se codifican los hábitats adecuados para cada una de las especies (ver Capítulo 2 para más detalle). De esta

Figura 9.6 Principales hábitats para las especies de agua dulce (libélulas, moluscos, peces y plantas) de los Andes Tropicales. Nótese que algunas especies pueden encontrarse en más de un tipo de hábitat.



manera, la figura 9.6 muestra que más de dos tercios (69%) de la biodiversidad de agua dulce en los Andes Tropicales tiene a los ríos, arroyos y quebradas con aguas permanentes como el hábitat principal donde ocurren (793 especies en total). Le siguen las charcas y lagunas permanentes (< 8 ha) y el bosque húmedo tropical/subtropical de tierras bajas, ambos con 6%, y los lagos de agua dulce permanentes (> 8 ha) con 5% del total de las especies de agua dulce evaluadas. Sin embargo, cabe resaltar que en la figura 9.6 solo se presentan los hábitats identificados para => 1% de las especies, pero hay especies en otros 21 tipos de hábitats de agua dulce que no están representados en el gráfico; algunas de ellas con alta especialización (p. ej. manantiales, sistemas hidrológicos subterráneos). Un ejemplo es el pez sanguijuela (*Phreatobious sanguijuela*), una especie de aguas subterráneas que se conoce solamente de un pozo de agua (o noria) de la Comunidad de Porvenir, a 2 km del río Paraguá, en la cuenca del río Iténez en el este de Bolivia (Fernández *et al*. 2007). Solo se conoce de cuatro especímenes que fueron colectados accidentalmente en el pozo de agua y se considera que está En Peligro Critico (CR) debido a que los pobladores los eliminan cuando los encuentran porque los confunden con sanguijuelas. Se sospecha que esta especie también puede estar afectada por la cloración del agua por parte de la comunidad local.

9.4 Principales amenazas para la biodiversidad de agua dulce de los Andes Tropicales

Para cada especie evaluada utilizando la Lista Roja de la UICN, los factores de amenazas se codifican utilizando el esquema de clasificación de amenazas basado en Salafsky *et al*. (2008) (ver Capítulo 2 para más detalle). Este esquema presenta los factores de amenaza en tres niveles, desde más general a más específico. De esta manera, los procesos que están afectando, o podrían afectar a las especies se pueden analizar y cuantificar. Esto no solo permite evaluar a las especies, sino también orientar las acciones de conservación apropiadas para cada una. De acuerdo con el primer nivel, las principales amenazas directas para las especies de agua dulce amenazadas (VU, EN, y CR) y Casi Amenazadas (NT) de los Andes Tropicales son la agricultura y la acuicultura, la contaminación, la modificación de los sistemas naturales, la producción de energía y minería y el uso de los recursos biológicos (Tabla 9.2).

Plantaciones de arroz en la cuenca del río Sinú, Caribe colombiano. Foto: © Carlos A. Lasso.

En la figura 9.7 se presentan las sub-categorías de amenaza (nivel 2) de los cinco factores de amenaza (nivel 1) más importantes identificados para las especies amenazadas y Casi Amenazadas (NT) de los cuatro grupos evaluados. Se puede observar, por ejemplo, que los principales factores de amenaza para las especies de libélulas son la minería y extracción de áridos, la deforestación por tala y extracción de madera y los cultivos anuales y perennes. Para los moluscos son la contaminación por aguas residuales domésticas y urbanas, las represas y el uso y manejo de agua y los cultivos anuales y perennes. Los peces están principalmente afectados por contaminación por efluentes agrícolas y forestales,

Tabla 9.2 Porcentaje de las especies de agua dulce amenazadas y Casi Amenazadas (NT) en cada grupo taxonómico según categoría de amenaza del primer nivel (actuales y futuras).

Amenazas	Libélulas	Moluscos	Peces	Plantas	Promedio
Agricultura y acuicultura	50.0	33.3	27.7	40.0	37.8
Uso de recursos biológicos	30.8	16.7	27.7	13.3	22.1
Cambio climático y clima severo	11.5	0.0	0.9	6.7	4.8
Producción de energía y minería	38.5	0.0	25.9	26.7	22.8
Intrusiones y perturbaciones humanas	0.0	0.0	0.0	6.7	1.7
Especies, genes y pestes invasoras y problemáticas	7.7	0.0	8.9	0.0	4.2
Modificaciones de sistemas naturales	11.5	50.0	27.7	33.3	30.6
Otras	0.0	0.0	0.9	0.0	0.2
Contaminación	11.5	66.7	55.4	6.7	35.1
Desarrollo residencial y comercial	19.2	33.3	5.4	0.0	14.5
Corredores de transporte y servicios	0.0	0.0	2.7	0.0	0.7

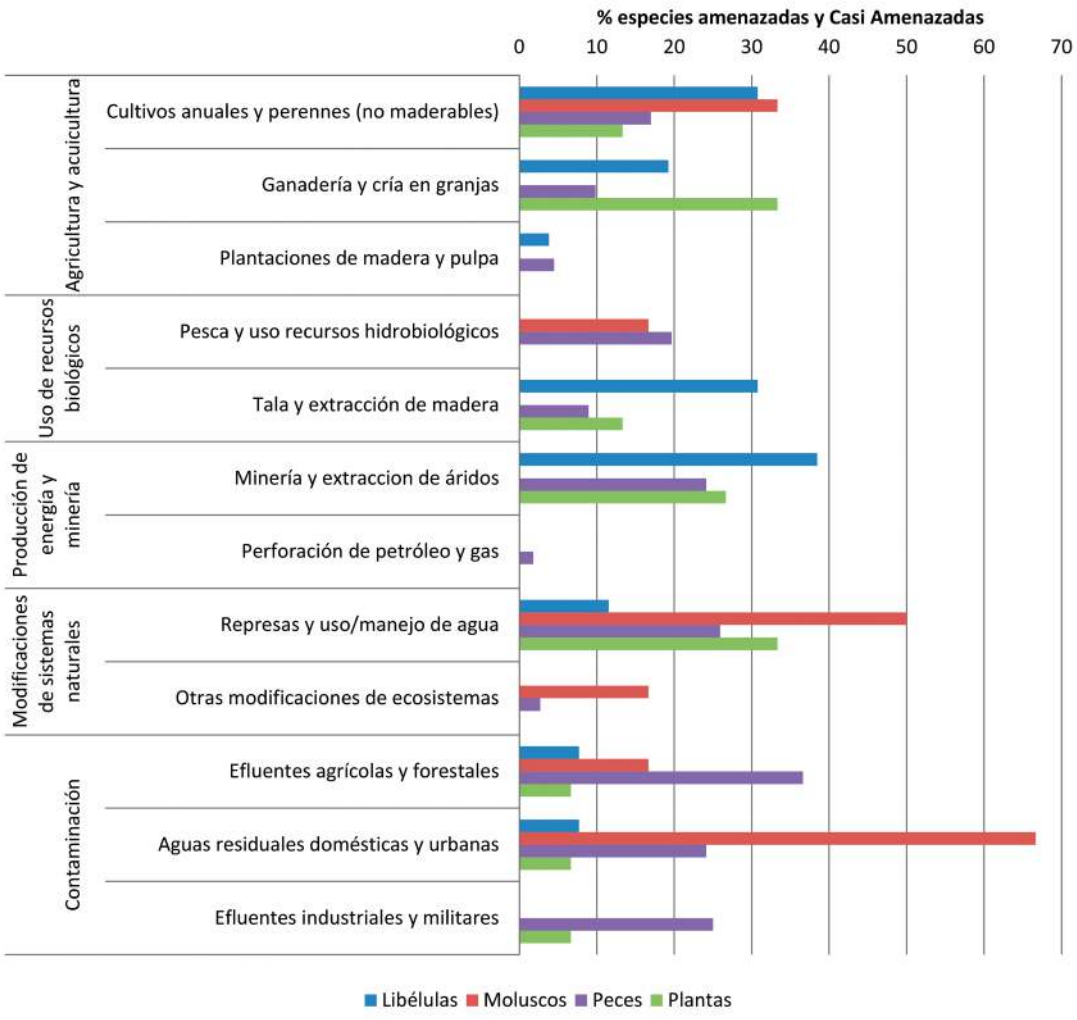


Figura 9.7 Principales factores de amenaza (nivel 1 y nivel 2) para las especies amenazadas y Casi Amenazadas (NT) de agua dulce (libélulas, moluscos, peces y plantas) de los Andes Tropicales. Nótese que algunas especies pueden presentar más de una amenaza.

el represamiento y el uso y manejo de agua, la minería y extracción de áridos y la contaminación por efluentes industriales y militares y por aguas residuales domésticas y urbanas. A su vez, las plantas acuáticas están afectadas principalmente por la ganadería y cría en granjas, las represas y el uso y manejo de agua así como la minería y extracción de áridos.

Impacto por agricultura en la cuenca alta del río Cauca, en la región de Buga, Colombia. Los factores principales de amenazas allí son la alteración del bosque ribereño, la contaminación por agroquímicos y los cultivos de caña de azúcar. Foto: © José Iván Mojica.

9.4.1 Distribución de las principales amenazas

Las principales amenazas fueron detalladas y discutidas en los capítulos correspondientes a cada grupo taxonómico, por lo tanto no se incluye esa información aquí. Si bien la información sobre la distribución espacial de las amenazas no fue compilada durante el proceso de evaluación de la Lista Roja, se intenta identificar aquí las áreas más afectadas por los principales factores de amenaza. Para ello, se generaron mapas de riqueza de especies amenazadas y Casi Amenazadas (NT) de todos los grupos taxonómicos combinados para cada una de las categorías de amenaza principal identificadas en la sección anterior como más importantes (i. e. agricultura y acuicultura, uso de recursos biológicos, producción de energía y minería, modificaciones de sistemas naturales, y contaminación). Mediante el examen de la distribución de especies que están amenazadas y Casi Amenazadas y los factores que estarían afectando a esas especies se pretende identificar áreas prioritarias para futuras investigaciones y acciones de conservación. Es importante advertir, sin embargo, que los patrones de distribución de las amenazas están seguramente influenciados por los dos grupos con mayor cantidad de especies, los peces y las libélulas. También es importante aclarar que muchas de las amenazas no afectan de manera homogénea toda la distribución de la especie (particularmente en especies con distribuciones amplias), por lo que en muchos casos la extrapolación a todo el rango de distribución de la especie sería una sobreestimación de la distribución de la amenaza.

En función de la distribución de las especies amenazadas y Casi Amenazadas afectadas por agricultura y acuicultura, se observa que la mayor concentración está en las sub-cuencas de las cuencas alta y media de los ríos Magdalena y Cauca (y en menor medida, en las partes bajas de ambos ríos), y en los ríos Atrato y Nechí en Colombia (Figura 9.8a). Le sigue Bolivia con números relativamente altos de especies amenazadas por agricultura y acuicultura en las partes altas de las cuencas del río Beni y Mamoré, luego las cuencas de los ríos Cayapas, Napo y Pastaza en Ecuador y, finalmente, algunas pocas especies afectadas en las cuencas de los ríos Marañón y Madre de Dios en Perú.

La agricultura representa una de las amenazas más significativas para los sistemas acuáticos a nivel mundial, siendo uno de los factores principales detrás de la pérdida y degradación del hábitat. Esto presenta un desafío importante para el manejo de las cuencas; por un lado la creciente demanda de tierras para la producción de alimentos y, por el otro, las consecuencias que esta actividad trae aparejada para los ecosistemas, particularmente de agua dulce. Así, aproximadamente el 38% del total de especies amenazadas y Casi Amenazadas de agua dulce de los Andes Tropicales están afectadas por las actividades agrícolas (Tabla 9.2). Las actividades agrícolas están asociadas, por ejemplo, con la desecación de ciénagas y humedales en la cuenca del río Magdalena en Colombia, extracción de agua para riego de arrozales en la Amazonia boliviana, y contaminación con

agroquímicos a lo largo de varias de las cuencas evaluadas de los distintos países incluidos en este estudio.

Las especies afectadas por el uso de los recursos biológicos están concentradas principalmente a lo largo de las cuencas de los ríos Magdalena y Cauca, y en las cuencas de los ríos Nechí, César, Sinú y Atrato en Colombia (Figura 9.8b). En Ecuador se encuentran en las cuencas de los ríos Cayapas y Esmeraldas, alto Pastaza y Santiago. En Perú, la mayor concentración de especies afectadas por el uso de los recursos biológicos está en las cabeceras de las cuencas de los ríos Ucayali y Huallaga, y en sub-cuencas del río Marañón y Amazonas. Unas pocas sub-cuencas con bajo número de especies se encuentran en las cuencas de los ríos Beni, Mamoré e Iténez en Bolivia.

La mayor concentración de especies afectadas por la producción de energía y minería se encuentra en las cuencas de los ríos Dagua, Anchicayá, San Juan, Baudó-Directos y Atrato en la costa del Pacífico en Colombia y en la parte alta del río Cauca y media del río Magdalena en ese país (Figura 9.9a). En Perú, la cuenca del río Madre de Dios es la que concentra la mayor cantidad de especies afectadas por la producción de energía y minería, mientras que en Bolivia es la parte alta de las cuencas Mamoré y Beni. En Ecuador hay menor cantidad de especies afectadas por este factor de amenaza, y se encuentran principalmente en las cuencas de los ríos Cayapas y Esmeraldas en la vertiente del Pacífico y en las partes altas de las cuencas de los ríos Napo y Pastaza en la vertiente amazónica de ese país.

En cuanto a las modificaciones de los sistemas naturales (principalmente represas y manejo y uso de agua), la mayor cantidad de especies afectadas por este factor de amenaza se encuentra a lo largo de las cuencas de los ríos Magdalena y Cauca, Atrato, Nechi, Sinú y César en Colombia (Figura 9.9b). Le sigue Perú con relativamente alto número de especies en las cabeceras de los ríos Ucayali y Huallaga y en las cuencas de los ríos Marañón y Madre de Dios. En Bolivia, las especies más afectadas por este factor de amenaza se encuentran en las cabeceras de las cuencas de los ríos Mamoré y Beni, mientras que en Ecuador las pocas especies afectadas se concentran en las cuencas de los ríos Cayapas, Esmeraldas y cabeceras de las cuencas de los ríos Napo y Pastaza.

Finalmente, las especies afectadas por la contaminación están concentradas principalmente a lo largo de las cuencas de los ríos Magdalena y Cauca, y en las cuencas de los ríos Nechi, César, Sinú y Atrato en Colombia (Figura 9.10). Le sigue Perú, con un alto número de especies afectadas en las cabeceras de las cuencas de los ríos Ucayali y Huallaga, y en sub-cuencas del río Marañón y Madre de Dios. En Ecuador, se encuentran en las cuencas de los ríos Cayapas y Esmeraldas en la vertiente del Pacífico, y en las

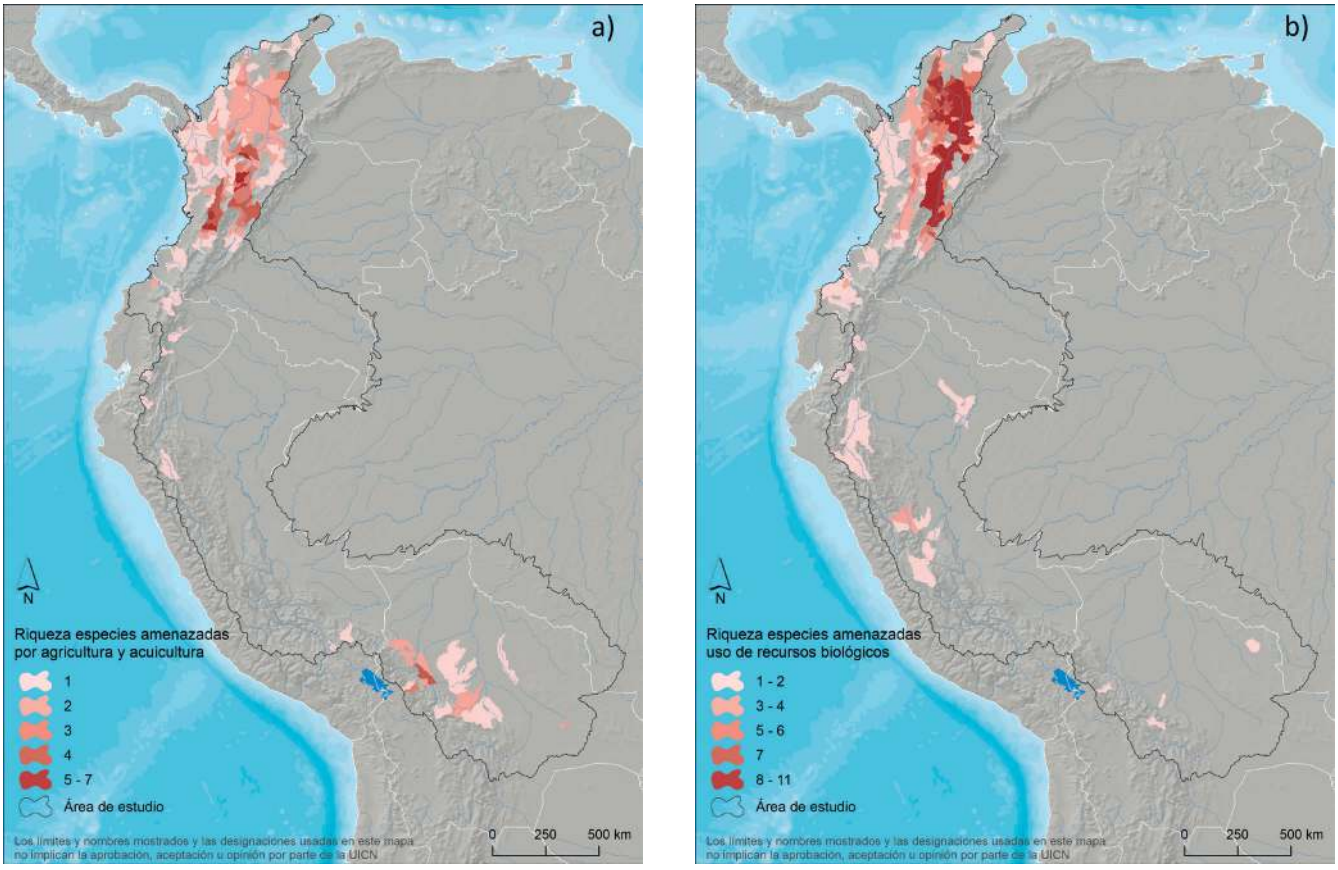


Figura 9.8 Riqueza de especies de agua dulce amenazadas y Casi Amenazadas (NT) de todos los grupos taxonómicos combinados (libélulas, moluscos, peces y plantas) de los Andes Tropicales afectadas por: a) agricultura y acuicultura; b) uso de los recursos biológicos.

Actividades mineras en el río Beni, Bolivia. Foto: © Fernando M. Carvajal-Vallejos.

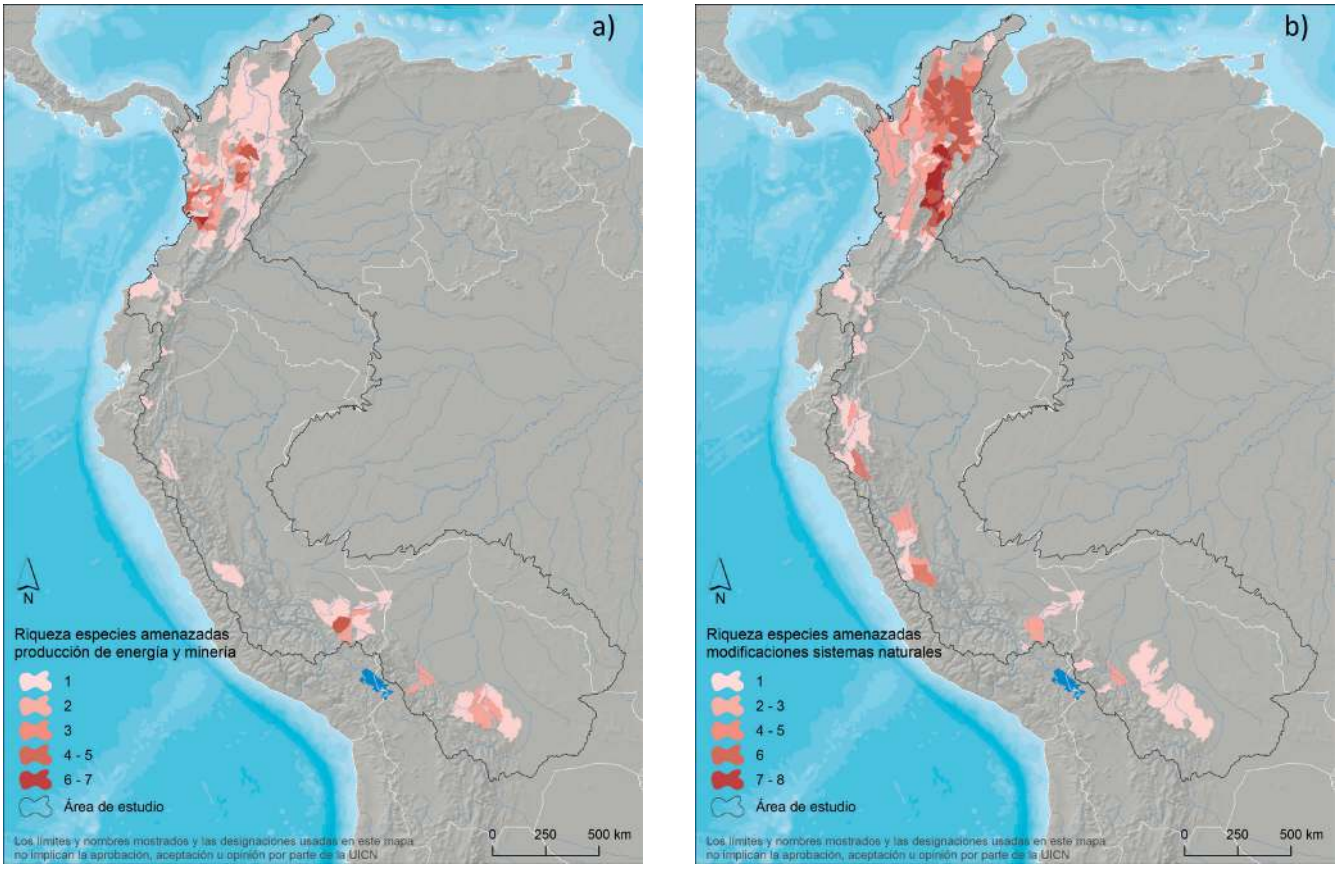


Figura 9.9 Riqueza de especies de agua dulce amenazadas y Casi Amenazadas (NT) de todos los grupos taxonómicos combinados (libélulas, moluscos, peces y plantas) de los Andes Tropicales afectadas por: a) producción de energía y minería; b) modificaciones de sistemas naturales.

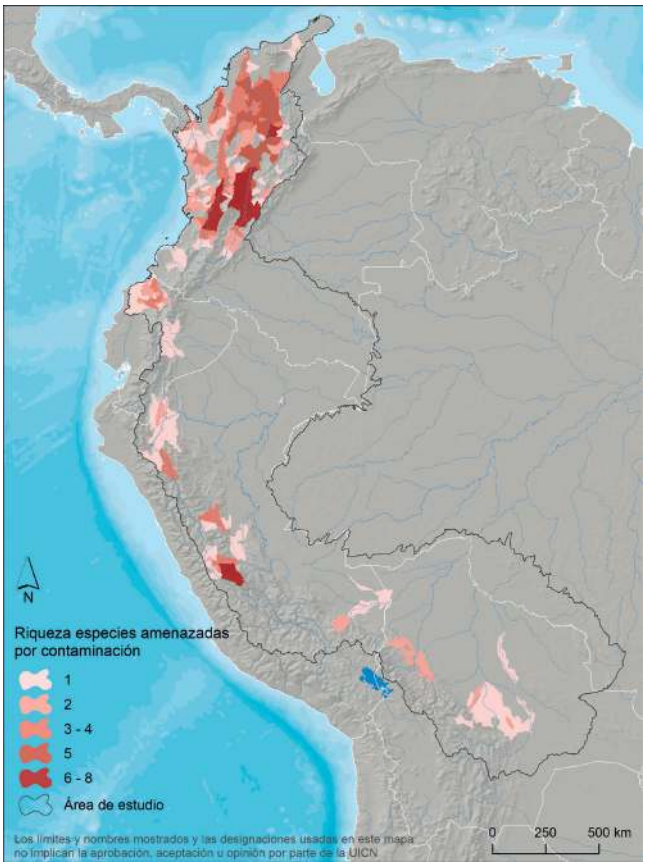


Figura 9.10 Riqueza de especies de agua dulce amenazadas y Casi Amenazadas (NT) de todos los grupos taxonómicos combinados (libélulas, moluscos, peces y plantas) de los Andes Tropicales afectadas por contaminación.

cabeceras de los ríos Pastaza y Napo. Unas pocas sub-cuencas con bajo número de especies se encuentran en las cuencas de los ríos Beni y Mamoré en Bolivia.

En general y como era de esperar, se puede observar que la distribución de los distintos factores de amenaza sigue el patrón de riqueza de especies endémicas y el patrón de especies amenazadas. Así, las cuencas de los ríos Magdalena y Cauca en Colombia, son las que albergan la mayor cantidad de especies endémicas y amenazadas por sub-cuenca, y también concentra todos los factores de amenazas principales registrados. Este resultado es bastante predecible dado que, tal como se ha mencionado más arriba y en los capítulos anteriores, estas cuencas concentran el 80% de la población humana de Colombia y todas las actividades socio-económicas que esto trae aparejado. Las regiones impactadas por los distintos factores de amenazas en los otros países también están relacionadas con los patrones de riqueza de especies (tanto endémicas como amenazadas), pero a diferencia de lo que ocurre en Colombia, el grado de afectación varía en función de la amenaza. Por ejemplo, las cuencas de los ríos Ucayali y Madre de Dios en Perú no están prácticamente afectadas por la agricultura y acuicultura, pero si, en mayor o menor medida, por los otros factores de amenazas.

9.5 Provisión de servicios ecosistémicos por la biodiversidad de agua dulce

Cuando se realizan las evaluaciones de la Lista Roja, se registra el uso y comercialización de las especies por parte de las personas. Esta información permite identificar aquellas especies de agua dulce que proveen servicios ecosistémicos para los humanos (p. ej. alimento, forraje, medicina) en los Andes Tropicales. Sin embargo, es importante aclarar que la utilización de las especies no implica necesariamente una amenaza, sobre todo si es un uso sostenible. En caso que la explotación de una especie (p. ej. por pesquerías) esté afectando negativamente su población, esto se registra en la sección de amenazas correspondiente a "uso de los recursos biológicos". Si bien se registran aquí los principales servicios directos provistos por las especies de agua dulce (alimento, mascotas, forraje, fibras, etc.), se sabe que estas especies proveen otros servicios ecosistémicos indirectos, como por ejemplo la filtración de agua por moluscos o el control de inundaciones por plantas.

Los resultados muestran que de las 967 especies de agua dulce evaluadas, 206 (21.3%) son utilizadas como alimento humano o para comercialización como ornamental. De estas, la mayoría son peces (194) y el resto son moluscos (12). Se registraron además, otras 46 especies (44 peces y 2 plantas) que podrían estar siendo utilizadas (su uso no pudo ser confirmado, pero por sus características se presume que podrían ser potencialmente usadas) como alimento, para comercialización como ornamental o para forraje, en el caso de las plantas. Ninguna de las especies de libélulas fue registrada con algún uso directo, pero se sabe que algunas pueden actuar como controladores de insectos, particularmente mosquitos (Simaika y Samways 2008).

Dado que los peces de agua dulce es el grupo con mayor número de especies utilizadas, se presentan a continuación los resultados encontrados para este grupo. El uso principal de los peces de agua dulce en los Andes Tropicales es para consumo humano, principalmente para subsistencia por las comunidades locales. Los datos indican que 16.2% (108 especies) del total de especies de peces evaluados tienen un consumo confirmado (Figura 9.11). De estas, 22 especies están en alguna categoría de amenaza (VU, EN o CR), por lo que se recomienda un seguimiento de sus poblaciones. Además, se muestra que un 4.0% de las especies (27 especies) podrían estar siendo utilizadas para consumo humano. En cuanto a la pesca para el comercio ornamental, el 14.1% (94 especies) de los peces tiene un uso confirmado para este fin, de los cuales 9 están en alguna categoría de amenaza. Otro 3.6% de las especies serían potencialmente utilizadas para el mercado ornamental.

9.6 Acciones de conservación y recomendaciones

En los capítulos precedentes se discutieron los resultados de cada grupo taxonómico por separado y se realizaron recomendaciones tendientes al mejor manejo y conservación de las especies de agua

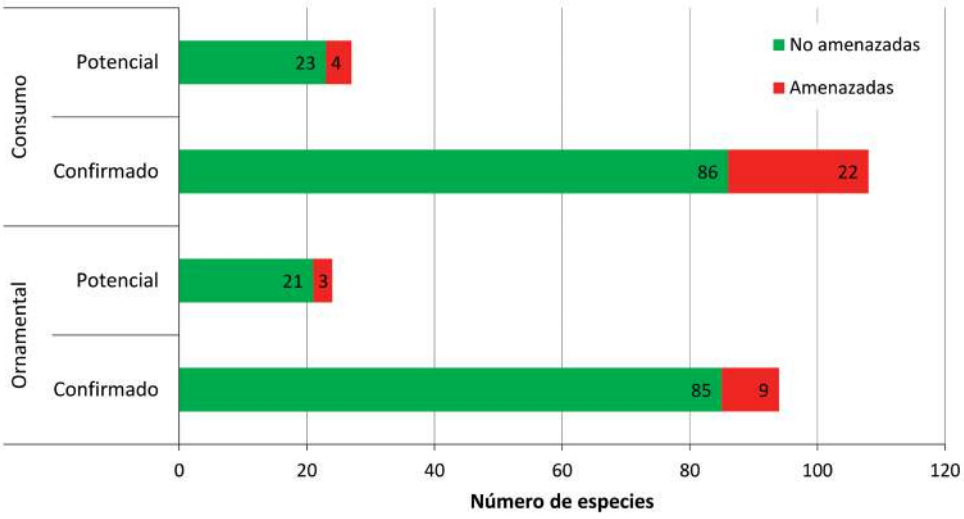
El bagre rayado (*Pseudoplatystoma magdaleniatum*) ha sido categorizada como En Peligro (EN) debido principalmente a la sobrepesca.
Foto: © Cornelio Bota-Sierra.

dulce. En esta sección se resume la información de los cuatro grupos, compilada durante el proceso de evaluación de la Lista Roja, donde se codificaron las distintas acciones de conservación y manejo recomendadas para cada especie que lo necesitare. Las principales medidas identificadas por los expertos incluyen la protección de áreas o sitios, el manejo de áreas o sitios y la protección de recursos y hábitats (Figura 9.12).

La protección de áreas o sitios implica el establecimiento de nuevas áreas protegidas, sean públicas o privadas, o la ampliación de áreas protegidas existentes. Un número considerable de especies de agua dulce requerirían de esta protección para su persistencia (Figura 9.12). Muchos de estos sitios representan hábitats esenciales para la supervivencia de las especies, áreas de reproducción o desove, o simplemente son hábitats únicos y con áreas muy restringidas, como por ejemplo, cavernas, manantiales, charcas temporarias, etc., que podrían ser susceptibles a amenazas localizadas.

Del total de especies en categorías de amenaza (VU, EN y CR) en cada grupo taxonómico, el 14.3% de las libélulas, 1.3% de los peces y 25% de las plantas estarían presentes en alguna área protegida existente. Ninguna de las especies de moluscos amenazados se encontraría en áreas protegidas. Para aquellas especies que se encuentran dentro de áreas protegidas existentes, se recomienda acciones de manejo y conservación enfocadas a la biodiversidad de agua dulce, dado que, en la mayoría de los casos, las áreas protegidas han sido creadas para resguardar ecosistemas terrestres. Para aquellas especies amenazadas o de distribución muy restringida que no están representadas en áreas protegidas existentes, se han identificado Áreas Clave para la Biodiversidad (ver Capítulo 7), para orientar el establecimiento de nuevas áreas protegidas que tengan en cuenta la biodiversidad de agua dulce.
Otras recomendaciones importantes incluyen el establecimiento de políticas y legislación que tiendan a la conservación o uso sostenible de la biodiversidad de agua dulce. En muchos casos, estas regulaciones ya existen y lo que en realidad se necesita es que se verifique la aplicación y el cumplimiento de las mismas. Todo esto puede apoyarse con base a investigaciones nacionales sobre ecorregionalización, con criterios hidrográficos y biológicos, que en conjunto puedan mostrar la funcionalidad de los ecosistemas particulares de agua dulce y de esta forma orientar

Figura 9.11 Número de especies de peces de agua dulce utilizados o potencialmente utilizados para consumo humano o para el comercio ornamental en los Andes Tropicales.



Pescador en Ciénaga El Llanito, cuenca del río Magdalena, Colombia. La pesca de subsistencia es muy importante para las comunidades locales. Foto: © Elkin Briceño.

la planificación territorial sobre bases más sólidas y concretas (ver por ejemplo el caso de Colombia, Mesa *et al*. 2016). Finalmente, la comunicación y concientización y educación de las comunidades locales es vital para que cualquier actividad de conservación sea exitosa.

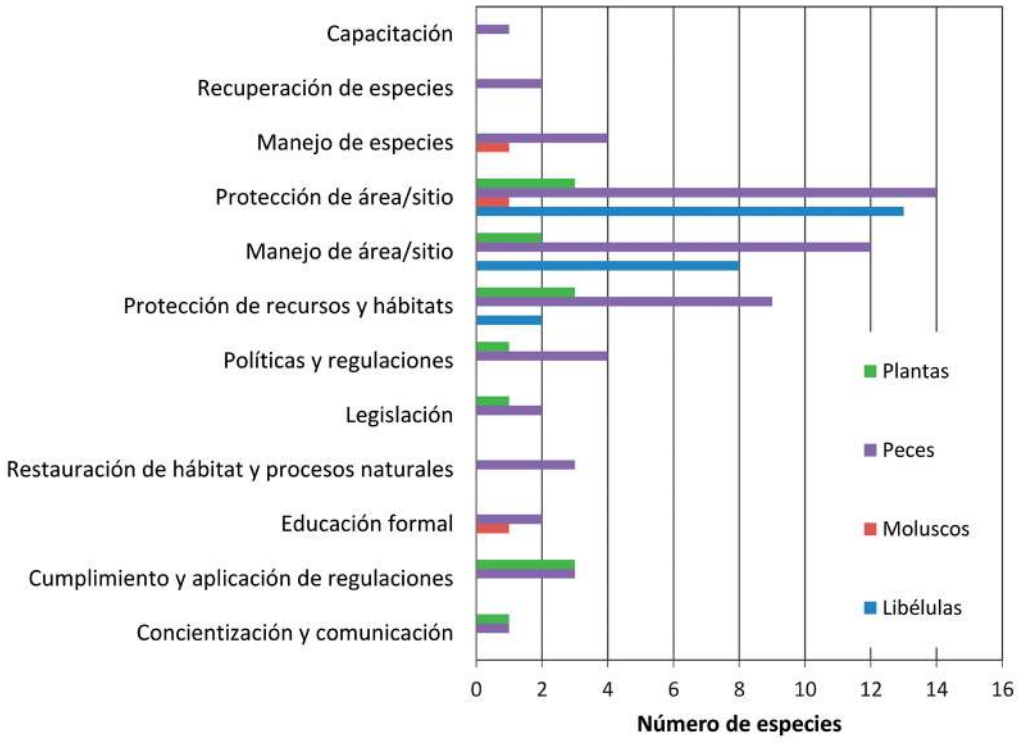
9.7 Prioridades de conservación de la biodiversidad de agua dulce en los Andes Tropicales

9.7.1 Riesgo de extinción, vulnerabilidad al cambio climático, utilización y grado de protección de la biodiversidad de agua dulce en los Andes Tropicales

En esta sección se sintetizan los distintos análisis realizados en función del riesgo de extinción, la vulnerabilidad al cambio climático, la utilización por las personas y el grado de protección de la biodiversidad de agua dulce en los Andes Tropicales. El riesgo de extinción está basado en la evaluación de la Lista Roja de las especies (Capítulos 3-6), la vulnerabilidad al cambio climático está basada en los resultados presentados en el Capítulo 8 y la utilización de las especies por las personas y su presencia en áreas protegidas está basada en la información recopilada durante los talleres de evaluación y presentada anteriormente en este capítulo. La información sobre utilización de las especies incluye solamente el uso confirmado (no potencial), tanto para consumo como para ornamental.

Es importante aclarar que, si bien el cambio climático puede ser empleado para la evaluación del riesgo de extinción de las especies (evaluaciones de la Lista Roja), los horizontes de tiempo que se usan en la Lista Roja no serían en muchos casos adecuados (i. e. especies con tiempos de generación medianos y largos) para un factor de amenaza que actúa de manera muy lenta, como lo es el cambio climático. Además, la complejidad en la que el cambio climático actúa sobre las especies (p. ej. muchas veces en sinergia con otras amenazas), hace que sea más difícil para los

Figura 9.12 Número de especies de agua dulce en cada grupo taxonómico (libélulas, moluscos, peces plantas) en cada una de las actividades de conservació y manejo identificadas como necesarias.



evaluadores estimar su impacto. Es por ello que en este trabajo, la vulnerabilidad de las especies al cambio climático se realizó como un componente separado, utilizando una metodología específica. El objetivo de la evaluación de la vulnerabilidad de las especies al cambio climático es, entonces, identificar aquellas especies cuya persistencia podría estar en riesgo por efectos de cambios en el clima en el futuro, pudiendo este tiempo en el futuro estar o no dentro de los horizontes de tiempo empleados en la evaluación de la Lista Roja. Esto también es importante dado que algunas especies que han sido evaluadas como no amenazadas en las evaluaciones de la Lista Roja, podrían sin embargo ser vulnerables al cambio climático y, consecuentemente, deberían ser consideradas a la hora de planificar esfuerzos de conservación. Se presenta a continuación una tabla (Tabla 9.3) que resume de manera general el efecto combinado del riesgo de extinción, la vulnerabilidad al cambio climático, el uso y el grado de protección de la biodiversidad de agua dulce en los Andes Tropicales. Aquí, se asume que las especies en alguna de las categorías de amenaza de la Lista Roja (VU, EN o CR), que además son vulnerables al cambio climático, y que son utilizadas por las personas y que no están presentes en ninguna área protegida, serían de mayor preocupación para la conservación (en rojo oscuro en la tabla). Por otro lado, las especies no amenazadas (DD, LC o NT), y que no son vulnerables al cambio climático, y no son utilizadas y que además están presentes en áreas protegidas, serían de menor preocupación para la conservación (en verde oscuro en la tabla). Sin embargo, se advierte que esta es una clasificación muy general y no tiene en cuenta información específica. Por ejemplo, entre las "No Amenazadas" se incluyeron las especies en la categoría DD (329 especies), muchas de las cuales podrían efectivamente estar amenazadas una vez que haya información suficiente para aplicar los Criterios y Categorías de la Lista Roja de la UICN. Por lo tanto, el número de especies en ese grupo estaría sobreestimado. Por otro lado, en las "Amenazadas" se agrupan las especies en las tres categorías de amenaza (VU, EN y CR), sin discriminar el grado de riesgo de extinción. Es posible entonces que una especie En Peligro Crítico, pero que no es vulnerable al cambio climático esté más hacia la izquierda en la última fila de la tabla que una especie En Peligro que además sea vulnerable al cambio climático. También, aquí se ha considerado a la utilización de las especies como un impacto negativo sobre sus poblaciones; mientras que en muchos casos esto es así, se debe tener en cuenta que hay especies que pueden ser utilizadas de manera sostenible y, por lo tanto, sus poblaciones mantenerse estables. Finalmente, tal como se mencionó en el capítulo anterior, la vulnerabilidad al cambio climático es una medida relativa (respecto de las otras especies en el grupo), no absoluta, entonces las especies identificadas como susceptibles deben ser consideradas como estimaciones de las especies más vulnerables en el grupo. Por todo esto, es importante resaltar que esta clasificación es orientativa y que, como ya se ha mencionado en los capítulos precedentes, se recomienda evaluar cada caso en particular para tener en cuenta los diferentes contextos en los cuales las especies ocurren.

Tal como ya se había remarcado en el capítulo de evaluación de la vulnerabilidad de las especies al cambio climático, se destaca la proporción de especies no amenazadas que serían susceptibles a cambios en el clima (11.1% de las especies no amenazadas). Estas son especies que podrían pasar desapercibidas en los esfuerzos de conservación, ya que actualmente no presentarían riesgos inminentes para su persistencia. Así, aunque no se recomiendan medidas de conservación específicas para estas especies, es

importante saber que serían vulnerables al cambio climático, para que puedan ser incorporadas en planes de manejo y conservación locales o regionales para otras especies. Para el caso de las especies amenazadas, la proporción de especies que además serían vulnerables al cambio climático es aún mayor (21.4%). Esto es importante porque los factores de amenaza identificados para la evaluación de la Lista Roja podrían potenciarse por el efecto del cambio climático y, por lo tanto, se debería considerar al momento de desarrollar planes de manejo.

Respecto de la utilización de las especies, el 20.3% de las no amenazadas tiene un uso confirmado. Si bien, como se mencionó anteriormente, su uso no necesariamente representa una amenaza, la sinergia con la vulnerabilidad al cambio climático, podría representar un problema en el futuro de algunas especies. En cuanto a las especies amenazadas, el 28.6% tiene algún uso por las personas. En este caso, el efecto combinado con el cambio climático representaría una situación más grave que las especies en el caso anterior y requieren de mayor atención para asegurar su persistencia.

La representación de las especies en áreas protegidas es considerablemente mayor entre las no amenazadas (36.1%) que entre las amenazadas (13.4%). En cierto modo, este resultado es esperado dado que, en general, las especies no amenazadas tienen distribuciones más amplias y, por lo tanto, mayor probabilidad de ocurrir en alguna área protegida. En el caso particular de las especies amenazadas, la preocupación mayor es la sinergia entre los distintos factores que afectarían negativamente sus poblaciones. En particular, las cuatro especies que aparecen en el extremo derecho de la última fila de la tabla 9.3 que, además de estar amenazadas, serían vulnerables al cambio climático, son utilizadas por las personas y no están presentes en ninguna área protegida. Estas corresponden a tres especies de peces (*Anablepsoides speciosus*, *Apistogramma cinilabra*, *Astroblepus latidens*) y el bivalvo *Acostaea rivolii*. *Anablepsoides speciosus* (CR), y *Apistogramma cinilabra* (VU), además de estar amenazadas son capturadas para el mercado ornamental, mientras que *Astroblepus latidens* (VU) es utilizada localmente como pesca de subsistencia. La ostra del río Opia (*Acostaea rivolii*) está En Peligro Crítico (CR) dado que sus poblaciones se han reducido en más del 90%, en gran parte por su uso para consumo. Actualmente, existe un plan de manejo para la ostra (López-Delgado *et al*. 2009), pero las tres especies de peces no tienen ningún grado de protección ni tampoco plan de manejo. Se mencionan aquí estas cuatro especies porque son las que tendrían mayores problemas de conservación, pero la información generada en este reporte y presentada en los distintos capítulos y apéndices permitiría hacer un análisis similar para todas las especies.

9.7.2 Cobertura de las ACB

La evaluación del riesgo de extinción de las especies utilizando los Criterios y Categorías de la Lista Roja de la UICN permite identificar aquellas que necesitarían medidas de conservación a la escala de sitio, por ejemplo especies que determinan sitios AZE (ver capítulo 7 para mayor información). Este paso fue realizado en este proyecto a través de la identificación y delimitación de las Áreas Clave para la Biodiversidad (ACB). Durante ese proceso se identificaron especies determinantes (i. e. que cumplen con los criterios para identificar ACB), es decir, especies amenazadas y/o de distribución restringida. Así, del total de especies Amenazadas en la tabla 9.3, 85% son especies determinantes, para las cuales se han adoptado ACB existentes (identificadas para otros grupos taxonómicos), áreas protegidas existentes, o se han delimitado nuevas ACB de agua dulce o se encuentran dentro de las Zonas de Manejo de Cuenca (ZMC) (para más detalle ver capítulo 7). El porcentaje de especies amenazadas no cubierto corresponden principalmente a algunos moluscos y plantas que no se incluyeron en el taller de ACB por falta de recursos e información detallada. Se prevé en el futuro cercano incluir también esas especies en ACB.

Aunque los análisis de vulnerabilidad al cambio climático todavía no estaban completos cuando se realizó el taller de ACB,

Tabla 9.3 Interacciones entre el riesgo de extinción (evaluado usando la Lista Roja), la vulnerabilidad al cambio climático, la utilización de las especies y el grado de protección. La información está basada en las 967 especies de los cuatro grupos taxonómicos evaluados y los números corresponden a la cantidad de especies en cada condición. CC = cambio climático; P = protegida (presencia confirmada en área protegida); NP = no protegida (presencia en área protegida no confirmada).

No amenazada								Amenazada							
855								112							
No vulnerable CC				Vulnerable CC				No vulnerable CC				Vulnerable CC			
760				95				88				24			
No utilizada		Utilizada		No utilizada		Utilizada		No utilizada		Utilizada		No utilizada		Utilizada	
601		159		80		15		61		27		20		4	
P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP
193	408	71	88	35	45	9	6	10	51	2	25	3	17	0	4

Río San Juan en la cuenca media del río Magdalena, Colombia. Foto: © Cornelio Bota-Sierra.

un porcentaje importante de especies que serían susceptibles al cambio climático fueron identificadas como especies determinantes. Así, el 29% de estas especies estarían presentes en ACB o áreas protegidas existentes o en las nuevas ACB de agua dulce o ZMC delimitadas en este proyecto. Esta cobertura alcanzaría a 16 de las especies que están en las cuatro celdas inferior derecha de la tabla 9.3. Se espera que los datos que se incluyen en este reporte, además de la información detallada sobre la vulnerabilidad de las especies al cambio climático (Apéndice en línea), sirvan para que estas especies sean consideradas en los planes de manejo y conservación existentes o por desarrollar.

La evaluación del estado de conservación y la distribución de la biodiversidad de agua dulce en los Andes Tropicales, además de la identificación de los principales factores de amenaza, incluido la vulnerabilidad al cambio climático, representan el primer paso hacia la conservación de estas especies. De este modo, la identificación de especies determinantes y la adopción de ACB y/o áreas protegidas existentes y la delimitación de nuevas ACB y ZMC realizada en este proyecto no implica que estas especies estén resguardadas. Es importante que las personas u organizaciones encargadas de la toma de decisiones de ACB o áreas protegidas existentes conozcan de la existencia de estas especies en sus respectivas áreas para que puedan integrarlas en la toma de decisiones y promover actividades que aseguren su persistencia; principalmente porque generalmente la biodiversidad de agua dulce no ha sido considerada al momento de delimitar estas áreas. Por otro lado, las nuevas ACB de agua dulce delimitadas podrían servir para orientar el establecimiento, delimitación y manejo de áreas protegidas y para informar los proyectos de desarrollo en la región. Se espera así que la información provista en este reporte contribuya a la conservación y manejo sostenible de los ecosistemas y la biodiversidad de agua dulce en los Andes Tropicales.

9.8 Referencias

Anderson, E.P. and Maldonado-Ocampo, J.A. 2011. A regional perspective on the diversity and conservation of tropical Andean fishes. *Conservation Biology*, 25(1): 30-39.

Fernández, L., Saucedo, L.J., Carvajal-Vallejos, F.M. y Schaeffer, S.A. 2007. A new phreatic catfish of the genus *Phreatobius* Goeldi, 1905 from groundwaters of the Iténez River, Bolivia (Siluriformes: Heptapteridae). *Zootaxa*, 1626: 51-58.

Lehner, B. y Grill G. 2013. Global river hydrography and network routing: baseline data and new approaches to study the world's large river systems. *Hydrological Processes*, 27(15): 2171–2186. Dato disponibles en: www.hydrosheds.org.

López-Delgado, E.O., Vásquez-Ramos, J.M., Reinoso-Flórez, G., Vejarano-Delgado, M.A. y Melo, J.E. 2009. Plan de manejo de la ostra de agua dulce *Acostaea rivoli* (Deshayes, 1827) del río Opia, departamento del Tolima. CORTOLIMA-Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.

Mesa S., L.M., Corzo, G., Hernández-Manrique, O. L. y Lasso, C. A. 2016. Ecorregiones dulceacuícolas de Colombia: una propuesta para la planificación territorial. *Biota Colombiana* (en prensa).

Salafsky, N., Salzer, D., Stattersfield, A.J., Hilton-Taylor, C., Neugarten, R., Butchart, S.H., Collen, B., Cox, N., Master, L.L., O'Connor, S. y Wilkie, D. 2008. A standard lexicon for biodiversity conservation: unified classifications of threats and actions. *Conservation Biology*, 22(4): 897-911.

Simaika, J.P. y Samways, M.J., 2008. Valuing dragonflies as service providers. En: A. Córdoba-Aguilar (ed.) *Dragonflies: Model organisms for ecological and evolutionary research*, pp.109-123. Oxford University Press, Oxford, UK.

Téllez, P., Petry, P., Walschburguer, T., Higgins, J. y Apse, C. 2012. *Portafolio de conservación de agua dulce para la Cuenca del Magdalena-Cauca*. Cormagdalena, Fundación Mario Santo Domingo, The Nature Conservancy, Colombia.

Apéndice 1. Ejemplo de ficha de evaluación de una especie y mapa de distribución

Parodon alfonsoi **Londoño-Burbano, Román-Valencia & Taphorn, 2011**

ANIMALIA - CHORDATA - ACTINOPTERYGII - CHARACIFORMES - PARODONTIDAE- *Parodon alfonsoi*
Common Name/s: -
Synonym/s:-

Red List Category & Criteria:
Endangered B1ab(iii)

Red List Assessment

Assessment Information

Date of Assessment: 2014-10-10

Reviewed	Date of review	Status	Reasons for rejection	Improvements needed
True	2015-03-26	Passed	-	-

Assessor(s): Villa-Navarro, F.
Reviewer(s): Cox, N.A., Tognelli, M. & Pavanelli, C.
Regions: Global

Assessment Rationale

Parodon alfonsoi has a very restricted range; its extent of occurrence (EOO) is less than 2,860 km². There is deforestation at its single location that leads to increased sedimentation and turbidity; resulting in a continuing decline in the species habitat quality. On the basis of this information it is therefore listed as Endangered.

Distribution

Geographic range

This species is only known from the Tucuy River in the Lower Magdalena River drainage, a tributary to the Río Calenturitas (9°37'N, 73°17'W), in the Municipality of La Jagua de Ibirico, Cesar, Colombia, at an elevation of 117 meters (Londoño-Burbano *et al.* 2011). Its EOO is estimated at 2,860 km² (calculated as the minimum convex polygon around the sub-catchments where the species occurs) and it occurs in only one location, based on the main threat to the species (sedimentation and turbidity from deforestation).

Biogeographic realms

Biogeographic realm: Neotropical

Occurrence

Country	Presence	Origin	Seasonality
Colombia	Extant	Native	Resident

Population

There are no data on population size and trends for this species.

Population information

Current Population Trend: Unknown

Continuing decline in mature individuals?	Qualifier	Justification
No	-	-

Habitats and Ecology

The species occurs in the rapids of a small river with rocky bottoms. The habitat quality of this species appears to be declining due to erosion and sedimentation from agricultural activities.
The species is sexually dimorphic, and adult males can reach up to 107 mm in length.

IUCN Habitat Classification Scheme

Habitat	Season	Suitability	Major Importance?
5.1. Wetlands (inland) -> Wetlands (inland) - Permanent Rivers/Streams/Creeks (includes waterfalls)	Resident	Suitable	Yes

Continuing Decline in Habitat

Continuing decline in area, extent and/or quality of habitat??	Qualifier	Justification
Yes	Inferred	Decline in habitat quality due to erosion and sedimentation from agricultural activities.

Movement Patterns

Movement Patterns: Not a migrant

Systems

System: Freshwater (= Inland waters)

Use and Trade

General Use and Trade Information: This species is not utilized.

Threats

There is intense deforestation in the area for subsistence agriculture, which increases sedimentation and turbidity in the river.

	Timing	Scope	Severity	Impact Score	No. of Stresses
2.1.2. Agriculture & aquaculture -> Annual & perennial non-timber crops -> Small-holder farming	Ongoing	Unknown	Unknown	Unknown	2
9.3.2. Pollution -> Agricultural & forestry effluents -> Soil erosion, sedimentation	Ongoing	Unknown	Unknown	Unknown	1

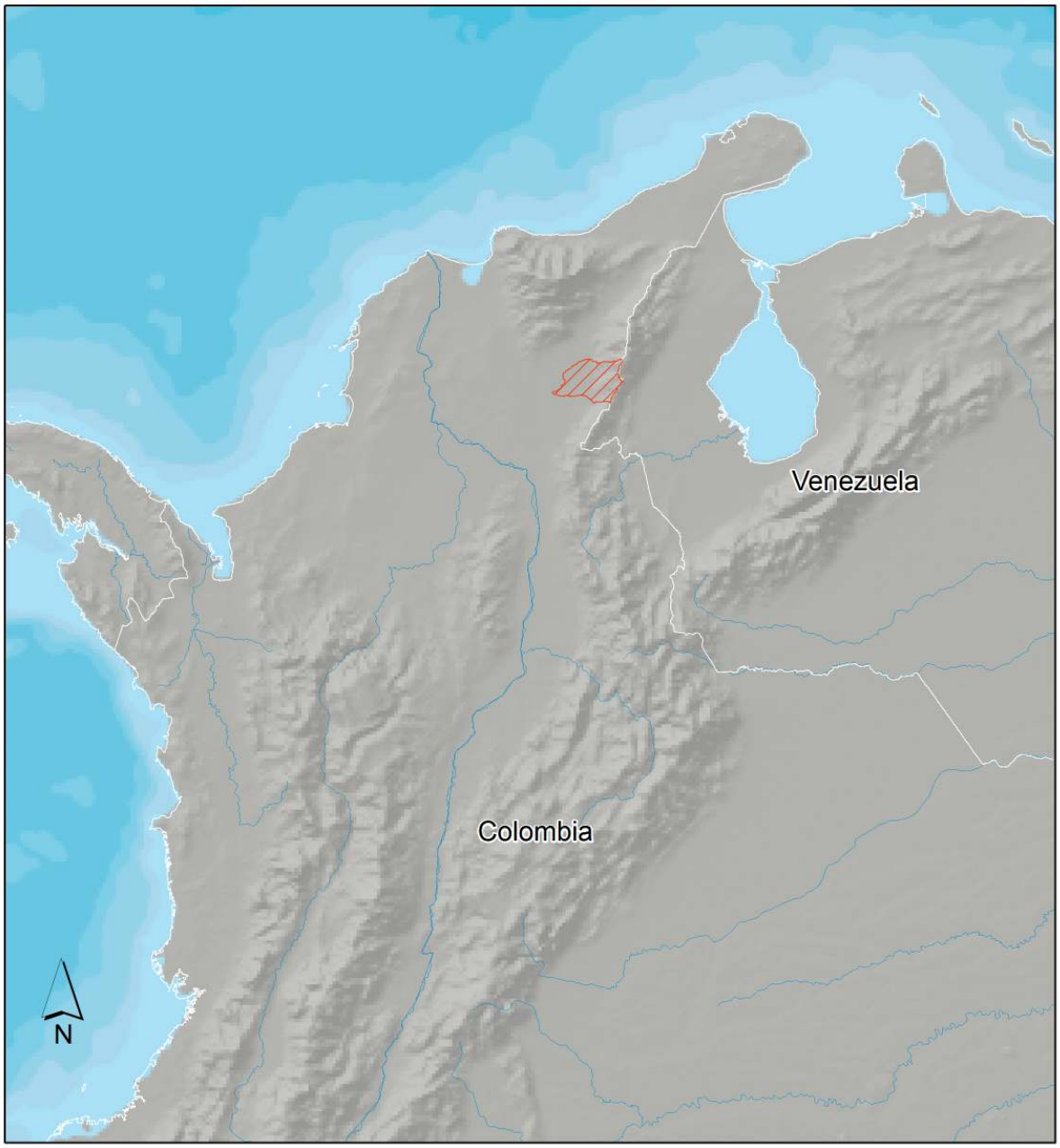
Conservation Actions

There are no direct conservation measures in place for this species. It is not known if populations of this species are found in protected areas. Research is needed to better determine its population size, trends and the impact of the current threats on its population.

Bibliography

IUCN. 2016. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2016-1. Available at: . (Accessed: 30 June 2016).

Londoño-Burbano, A., Román-Valencia C. and Taphorn, D.C. 2011. Taxonomic review of Colombian *Parodon* (Characiformes: Parodontidae), with description of three new species. *Neotropical Ichthyology* 9(4): 709-730.



Parodon alfonsoi

Presente (nativo)

NE DD LC NT VU EN ENDANGERED CR EW EX

Los límites y nombres mostrados y las designaciones usadas en este mapa no implican la aprobación, aceptación u opinión por parte de la UICN

0 100 200 km

Apéndice 2. Lista de especies

2.1 Peces de agua dulce..... xx
2.2 Moluscos de agua dulce..... xx
2.3 Libélulas xx
2.4 Plantas acuáticas xx

Se incluye abajo la lista de especies endémicas de los Andes Tropicales en cada grupo taxonómico evaluado y en el orden de los capítulos de este reporte. Para mayor información sobre las especies, ir a la página web de la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN™ (www.iucnredlist.org).

Además de la categoría asignada, se incluye información sobre la vulnerabilidad de las especies al cambio climático. Las especies vulnerables al cambio climático son las que fueron categorizadas como "alto" en todas las combinaciones de las tres dimensiones del marco, usando una combinación de los tres modelos, RCP 4.5, proyecciones para el período de 2055, y un supuesto optimista para los valores de datos faltantes (para mayor información, ver captíulo 8).

Para la estandarización con estudios internacionales, las abreviaturas de las categorías de la Lista Roja siguen el formato en inglés. CR = En Peligro Crítico; EN = En Peligro; VU = Vulnerable; NT = Casi Amenazada; LC = Preocupación Menor; DD = Datos Insuficientes.

Cat = Categoría de la Lista Roja de la UICN; CC = vulnerable al cambio climático.

2.1 Peces de agua dulce

Clase: Chondrichthyes			
Orden: Rajiformes			
Familia	Especies	Cat	CC
Potamotrygonidae	*Potamotrygon magdalenae*	LC	No
Potamotrygonidae	*Potamotrygon tigrina*	EN	No

Clase: Actinopterygii			
Orden: Batrachoidiformes			
Familia	Especies	Cat	CC
Batrachoididae	*Daector gerringi*	DD	No
Batrachoididae	*Daector quadrizonatus*	DD	No

Orden: Characiformes			
Familia	Especies	Cat	CC
Anostomidae	*Abramites eques*	LC	No
Anostomidae	*Anostomus longus*	DD	No
Anostomidae	*Laemolyta fasciata*	LC	No
Anostomidae	*Leporinus holostictus*	DD	No
Anostomidae	*Leporinus muyscorum*	VU	No
Anostomidae	*Leporinus niceforoi*	LC	No
Anostomidae	*Leporinus pearsoni*	LC	No
Anostomidae	*Leporinus wolfei*	LC	No
Anostomidae	*Leporinus y-ophorus*	LC	No
Anostomidae	*Rhytiodus lauzannei*	LC	No
Bryconidae	*Brycon alburnus*	NT	No
Bryconidae	*Brycon coxeyi*	DD	No
Bryconidae	*Brycon dentex*	LC	No
Bryconidae	*Brycon fowleri*	VU	No
Bryconidae	*Brycon henni*	LC	No
Bryconidae	*Brycon labiatus*	EN	No
Bryconidae	*Brycon medemi*	DD	No

Orden: Characiformes			
Familia	Especies	Cat	CC
Bryconidae	*Brycon meeki*	LC	No
Bryconidae	*Brycon moorei*	VU	No
Bryconidae	*Brycon oligolepis*	LC	No
Bryconidae	*Brycon posadae*	NT	No
Bryconidae	*Brycon rubricauda*	LC	No
Bryconidae	*Brycon sinuensis*	LC	No
Bryconidae	*Brycon stolzmanni*	LC	No
Characidae	*Acestrocephalus anomalus*	DD	No
Characidae	*Acestrocephalus boehlkei*	LC	No
Characidae	*Argopleura chocoensis*	LC	No
Characidae	*Argopleura conventus*	DD	No
Characidae	*Argopleura diquensis*	LC	No
Characidae	*Argopleura magdalenensis*	LC	No
Characidae	*Astyanacinus multidens*	LC	No
Characidae	*Astyanacinus yariguies*	DD	No
Characidae	*Astyanax atratoensis*	LC	No
Characidae	*Astyanax caucanus*	LC	No
Characidae	*Astyanax chaparae*	DD	No
Characidae	*Astyanax daguae*	EN	No
Characidae	*Astyanax fasslii*	DD	No
Characidae	*Astyanax filiferus*	LC	No
Characidae	*Astyanax gisleni*	DD	No
Characidae	*Astyanax kennedyi*	DD	No
Characidae	*Astyanax longior*	DD	No
Characidae	*Astyanax megaspilura*	DD	No
Characidae	*Astyanax microlepis*	LC	No
Characidae	*Astyanax orthodus*	LC	No
Characidae	*Astyanax villwocki*	DD	No
Characidae	*Attonitus bounites*	VU	No

Orden: Characiformes			
Familia	Especies	Cat	CC
Characidae	*Attonitus ephimeros*	LC	No
Characidae	*Attonitus irisae*	LC	No
Characidae	*Brachychalcinus nummus*	LC	No
Characidae	*Bryconacidnus ellisi*	LC	No
Characidae	*Bryconacidnus hemigrammus*	DD	No
Characidae	*Bryconacidnus paipayensis*	LC	No
Characidae	*Bryconamericus alfredae*	LC	No
Characidae	*Bryconamericus andresoi*	LC	No
Characidae	*Bryconamericus arilepis*	DD	No
Characidae	*Bryconamericus bolivianus*	LC	No
Characidae	*Bryconamericus caucanus*	LC	No
Characidae	*Bryconamericus dahli*	LC	No
Characidae	*Bryconamericus diaphanus*	LC	No
Characidae	*Bryconamericus foncensis*	DD	No
Characidae	*Bryconamericus galvisi*	LC	No
Characidae	*Bryconamericus grosvenori*	LC	No
Characidae	*Bryconamericus guaytarae*	LC	No
Characidae	*Bryconamericus guizae*	DD	No
Characidae	*Bryconamericus huilae*	LC	No
Characidae	*Bryconamericus icelus*	DD	No
Characidae	*Bryconamericus ichoensis*	DD	No
Characidae	*Bryconamericus miraensis*	DD	No
Characidae	*Bryconamericus multiradiatus*	DD	No
Characidae	*Bryconamericus osgoodi*	LC	No
Characidae	*Bryconamericus pachacuti*	LC	No
Characidae	*Bryconamericus pectinatus*	LC	No
Characidae	*Bryconamericus phoenicopterus*	LC	No
Characidae	*Bryconamericus plutarcoi*	LC	No
Characidae	*Bryconamericus simus*	DD	No
Characidae	*Bryconamericus tolimae*	VU	No
Characidae	*Bryconamericus zamorensis*	LC	No
Characidae	*Carlastyanax aurocaudatus*	NT	No
Characidae	*Ceratobranchia binghami*	LC	No
Characidae	*Ceratobranchia delotaenia*	LC	No
Characidae	*Ceratobranchia elatior*	DD	No
Characidae	*Ceratobranchia obtusirostris*	LC	No
Characidae	*Charax tectifer*	LC	No
Characidae	*Cheirodon luelingi*	DD	No
Characidae	*Cheirodon ortegai*	LC	No
Characidae	*Chrysobrycon eliasi*	DD	No
Characidae	*Chrysobrycon hesperus*	LC	No
Characidae	*Chrysobrycon myersi*	LC	No
Characidae	*Creagrutus amoenus*	LC	No
Characidae	*Creagrutus brevipinnis*	LC	No
Characidae	*Creagrutus caucanus*	LC	No
Characidae	*Creagrutus changae*	LC	No
Characidae	*Creagrutus flavescens*	LC	No
Characidae	*Creagrutus gephyrus*	LC	No
Characidae	*Creagrutus gracilis*	LC	No
Characidae	*Creagrutus guanes*	LC	No
Characidae	*Creagrutus holmi*	LC	No
Characidae	*Creagrutus kunturus*	LC	No
Characidae	*Creagrutus magdalenae*	LC	No
Characidae	*Creagrutus manu*	LC	No
Characidae	*Creagrutus muelleri*	LC	No
Characidae	*Creagrutus nigrostigmatus*	EN	No
Characidae	*Creagrutus ortegai*	LC	No
Characidae	*Creagrutus ouranonastes*	LC	No
Characidae	*Creagrutus pearsoni*	LC	No
Characidae	*Creagrutus peruanus*	LC	No
Characidae	*Creagrutus pila*	LC	No
Characidae	*Creagrutus ungulus*	LC	No
Characidae	*Creagrutus yanatili*	DD	No
Characidae	*Cynopotamus atratoensis*	VU	No

Orden: Characiformes			
Familia	Especies	Cat	CC
Characidae	*Cynopotamus magdalenae*	NT	No
Characidae	*Genycharax tarpon*	VU	No
Characidae	*Gephyrocharax caucanus*	DD	No
Characidae	*Gephyrocharax chaparae*	NT	No
Characidae	*Gephyrocharax chocoensis*	LC	No
Characidae	*Gephyrocharax major*	LC	No
Characidae	*Gephyrocharax martae*	DD	No
Characidae	*Gephyrocharax melanocheir*	LC	No
Characidae	*Gephyrocharax sinuensis*	DD	No
Characidae	*Gephyrocharax torresi*	DD	No
Characidae	*Grundulus bogotensis*	LC	No
Characidae	*Grundulus cochae*	NT	No
Characidae	*Hemibrycon beni*	LC	No
Characidae	*Hemibrycon boquiae*	LC	No
Characidae	*Hemibrycon brevispini*	DD	No
Characidae	*Hemibrycon cairoense*	DD	No
Characidae	*Hemibrycon carrilloi*	DD	No
Characidae	*Hemibrycon colombianus*	LC	No
Characidae	*Hemibrycon decurrens*	DD	No
Characidae	*Hemibrycon dentatus*	LC	No
Characidae	*Hemibrycon divisorensis*	DD	No
Characidae	*Hemibrycon helleri*	LC	No
Characidae	*Hemibrycon huambonicus*	LC	No
Characidae	*Hemibrycon inambari*	NT	No
Characidae	*Hemibrycon microformaa*	DD	No
Characidae	*Hemibrycon mikrostiktos*	LC	No
Characidae	*Hemibrycon orcesi*	LC	No
Characidae	*Hemibrycon paez*	DD	No
Characidae	*Hemibrycon palomae*	LC	No
Characidae	*Hemibrycon polyodon*	LC	No
Characidae	*Hemibrycon quindos*	DD	No
Characidae	*Hemibrycon rafaelense*	LC	No
Characidae	*Hemibrycon raqueliae*	DD	No
Characidae	*Hemibrycon santamartae*	DD	No
Characidae	*Hemibrycon tridens*	LC	No
Characidae	*Hemibrycon velox*	DD	No
Characidae	*Hemibrycon virolinica*	DD	No
Characidae	*Hemibrycon yacopiae*	DD	No
Characidae	*Hemigrammus luelingi*	LC	No
Characidae	*Hemigrammus megaceps*	DD	No
Characidae	*Hemigrammus pulcher*	LC	No
Characidae	*Hyphessobrycon amaronensis*	DD	No
Characidae	*Hyphessobrycon chocoensis*	DD	No
Characidae	*Hyphessobrycon columbianus*	DD	No
Characidae	*Hyphessobrycon condotensis*	DD	No
Characidae	*Hyphessobrycon frankei*	LC	No
Characidae	*Hyphessobrycon gracilior*	LC	No
Characidae	*Hyphessobrycon loretoensis*	LC	No
Characidae	*Hyphessobrycon nigricinctus*	VU	No
Characidae	*Hyphessobrycon ocasoensis*	LC	Si
Characidae	*Hyphessobrycon oritoensis*	LC	No
Characidae	*Hyphessobrycon pando*	LC	No
Characidae	*Hyphessobrycon peruvianus*	LC	No
Characidae	*Hyphessobrycon poecilioides*	NT	Si
Characidae	*Hyphessobrycon proteus*	LC	No
Characidae	*Hyphessobrycon robustulus*	LC	No
Characidae	*Hyphessobrycon sebastiani*	DD	No
Characidae	*Hyphessobrycon taguae*	LC	No
Characidae	*Hyphessobrycon tenuis*	LC	No
Characidae	*Knodus delta*	DD	No
Characidae	*Knodus gamma*	LC	No
Characidae	*Knodus hypopterus*	LC	No
Characidae	*Knodus longus*	VU	No
Characidae	*Knodus megalops*	LC	No

Orden: Characiformes			
Familia	Especies	Cat	CC
Characidae	*Knodus pasco*	LC	No
Characidae	*Knodus shinahota*	CR	No
Characidae	*Microgenys lativirgata*	DD	No
Characidae	*Microgenys minuta*	LC	No
Characidae	*Microgenys weyrauchi*	DD	No
Characidae	*Moenkhausia atahualpiana*	LC	No
Characidae	*Moenkhausia crisnejas*	DD	No
Characidae	*Moenkhausia dorsinuda*	DD	No
Characidae	*Moenkhausia margitae*	NT	No
Characidae	*Moenkhausia orteguasae*	DD	No
Characidae	*Moenkhausia ovalis*	LC	No
Characidae	*Moenkhausia simulata*	LC	No
Characidae	*Monotocheirodon pearsoni*	LC	No
Characidae	*Nematobrycon lacortei*	DD	No
Characidae	*Nematobrycon palmeri*	DD	No
Characidae	*Odontostilbe dierythrura*	LC	No
Characidae	*Odontostilbe ecuadorensis*	LC	No
Characidae	*Oligosarcus schindleri*	EN	No
Characidae	*Othonocheirodus eigenmanni*	LC	No
Characidae	*Parastremma album*	DD	No
Characidae	*Parastremma pulchrum*	DD	No
Characidae	*Parastremma sadina*	DD	No
Characidae	*Priocharax pygmaeus*	LC	Si
Characidae	*Prodontocharax howesi*	DD	No
Characidae	*Pseudochalceus bohlkei*	DD	No
Characidae	*Pseudochalceus kyburzi*	DD	No
Characidae	*Pseudochalceus lineatus*	LC	No
Characidae	*Pseudochalceus longianalis*	VU	No
Characidae	*Pterobrycon landoni*	DD	No
Characidae	*Rhoadsia minor*	LC	No
Characidae	*Saccoderma hastata*	LC	No
Characidae	*Saccoderma robusta*	LC	No
Characidae	*Scopaeocharax atopodus*	LC	No
Characidae	*Scopaeocharax rhinodus*	LC	No
Characidae	*Trochilocharax ornatus*	DD	No
Characidae	*Tyttobrycon dorsimaculatus*	LC	No
Characidae	*Tyttobrycon hamatus*	DD	No
Characidae	*Tyttobrycon spinosus*	LC	No
Characidae	*Tyttocharax tambopatensis*	LC	No
Characidae	*Xenurobrycon heterodon*	LC	No
Characidae	*Xenurobrycon polyancistrus*	LC	No
Crenuchidae	*Characidium bolivianum*	LC	No
Crenuchidae	*Characidium caucanum*	LC	No
Crenuchidae	*Characidium heinianum*	DD	No
Crenuchidae	*Characidium phoxocephalum*	LC	No
Crenuchidae	*Characidium sanctjohanni*	DD	No
Crenuchidae	*Characidium schindleri*	DD	No
Crenuchidae	*Geryichthys sterbai*	LC	No
Crenuchidae	*Melanocharacidium rex*	LC	No
Crenuchidae	*Microcharacidium geryi*	LC	No
Curimatidae	*Curimata mivartii*	NT	No
Curimatidae	*Cyphocharax derhami*	LC	No
Curimatidae	*Cyphocharax pantostictos*	LC	No
Curimatidae	*Pseudocurimata boehlkei*	DD	No
Curimatidae	*Pseudocurimata lineopunctata*	LC	No
Curimatidae	*Pseudocurimata patiae*	EN	No
Curimatidae	*Steindachnerina atratoensis*	NT	No
Curimatidae	*Steindachnerina binotata*	LC	No
Cynodontidae	*Gilbertolus alatus*	LC	No
Cynodontidae	*Gilbertolus atratoensis*	LC	No
Iguanodectidae	*Piabucus caudomaculatus*	LC	No
Lebiasinidae	*Lebiasina astrigata*	LC	No
Lebiasinidae	*Lebiasina chucuriensis*	LC	No

Orden: Characiformes			
Familia	Especies	Cat	CC
Lebiasinidae	*Lebiasina colombia*	LC	No
Lebiasinidae	*Lebiasina elongata*	LC	No
Lebiasinidae	*Lebiasina floridablancaensis*	LC	No
Lebiasinidae	*Lebiasina multimaculata*	LC	No
Lebiasinidae	*Lebiasina narinensis*	DD	No
Lebiasinidae	*Lebiasina ortegai*	LC	No
Lebiasinidae	*Nannostomus mortenthaleri*	CR	No
Lebiasinidae	*Pyrrhulina eleanorae*	LC	No
Lebiasinidae	*Pyrrhulina obermulleri*	DD	No
Lebiasinidae	*Pyrrhulina spilota*	LC	No
Parodontidae	*Parodon alfonsoi*	EN	No
Parodontidae	*Parodon atratoensis*	DD	No
Parodontidae	*Parodon caliensis*	LC	No
Parodontidae	*Parodon magdalenensis*	LC	No
Prochilodontidae	*Ichthyoelephas longirostris*	VU	No
Serrasalmidae	*Serrasalmus odyssei*	LC	No
Serrasalmidae	*Serrasalmus sanchezi*	LC	No
Triportheidae	*Triportheus magdalenae*	LC	No

Orden: Cyprinodontiformes			
Familia	Especies	Cat	CC
Cyprinodontidae	*Orestias empyraeus*	NT	No
Cyprinodontidae	*Orestias gymnota*	EN	No
Cyprinodontidae	*Orestias polonorum*	EN	No
Poeciliidae	*Gambusia lemaitrei*	DD	Si
Poeciliidae	*Neoheterandria elegans*	DD	No
Poeciliidae	*Poecilia mechthildae*	DD	No
Poeciliidae	*Priapichthys caliensis*	DD	Si
Poeciliidae	*Priapichthys chocoensis*	LC	Si
Poeciliidae	*Priapichthys nigroventralis*	DD	No
Poeciliidae	*Pseudopoecilia austrocolumbiana*	DD	No
Poeciliidae	*Pseudopoecilia fria*	LC	No
Rivulidae	*Anablepsoides christinae*	LC	Si
Rivulidae	*Anablepsoides derhami*	NT	Si
Rivulidae	*Anablepsoides elongatus*	NT	Si
Rivulidae	*Anablepsoides intermittens*	NT	Si
Rivulidae	*Anablepsoides iridescens*	LC	Si
Rivulidae	*Anablepsoides lineasoppilatae*	VU	Si
Rivulidae	*Anablepsoides monticola*	DD	No
Rivulidae	*Anablepsoides ophiomimus*	LC	Si
Rivulidae	*Anablepsoides parlettei*	VU	Si
Rivulidae	*Anablepsoides peruanus*	DD	No
Rivulidae	*Anablepsoides rubrolineatus*	LC	Si
Rivulidae	*Anablepsoides speciosus*	CR	Si
Rivulidae	*Anablepsoides taeniatus*	DD	No
Rivulidae	*Aphyolebias claudiae*	CR	No
Rivulidae	*Aphyolebias obliquus*	VU	No
Rivulidae	*Aphyolebias peruensis*	DD	No
Rivulidae	*Aphyolebias rubrocaudatus*	LC	Si
Rivulidae	*Aphyolebias wischmanni*	DD	No
Rivulidae	*Austrofundulus myersi*	EN	No
Rivulidae	*Cynodonichthys boehlkei*	DD	No
Rivulidae	*Cynodonichthys elegans*	DD	No
Rivulidae	*Cynodonichthys leucurus*	DD	No
Rivulidae	*Cynodonichthys magdalenae*	LC	No
Rivulidae	*Cynodonichthys pacificus*	DD	Si
Rivulidae	*Laimosemion rectocaudatus*	DD	Si
Rivulidae	*Moema ortegai*	LC	Si
Rivulidae	*Neofundulus splendidus*	DD	No
Rivulidae	*Spectrolebias brousseaui*	DD	No
Rivulidae	*Spectrolebias filamentosus*	DD	No
Rivulidae	*Spectrolebias pilleti*	VU	No
Rivulidae	*Trigonectes rogoaguae*	LC	No

Orden: Gymnotiformes			
Familia	Especies	Cat	CC
Apteronotidae	*Apteronotus eschmeyeri*	LC	No
Apteronotidae	*Apteronotus jurubidae*	DD	No
Apteronotidae	*Apteronotus magdalenensis*	LC	No
Apteronotidae	*Apteronotus mariae*	LC	No
Apteronotidae	*Apteronotus milesi*	DD	No
Apteronotidae	*Apteronotus spurrellii*	VU	No
Apteronotidae	*Sternarchorhynchus curvirostris*	DD	No
Apteronotidae	*Sternarchorhynchus hagedornae*	LC	No
Apteronotidae	*Sternarchorhynchus montanus*	LC	No
Apteronotidae	*Sternarchorhynchus stewarti*	LC	No
Apteronotidae	*Sternarchorhynchus taphorni*	LC	No
Gymnotidae	*Gymnotus ardilai*	EN	No
Gymnotidae	*Gymnotus chaviro*	LC	No
Gymnotidae	*Gymnotus choco*	NT	No
Gymnotidae	*Gymnotus esmeraldas*	LC	No
Gymnotidae	*Gymnotus henni*	VU	No
Hypopomidae	*Hypopygus ortegai*	LC	No

Orden: Perciformes			
Familia	Especies	Cat	CC
Cichlidae	*Aequidens patricki*	LC	No
Cichlidae	*Andinoacara biseriatus*	VU	No
Cichlidae	*Andinoacara blombergi*	LC	No
Cichlidae	*Andinoacara latifrons*	LC	No
Cichlidae	*Andinoacara sapayensis*	DD	Si
Cichlidae	*Apistogramma allpahuayo*	LC	No
Cichlidae	*Apistogramma atahualpa*	DD	No
Cichlidae	*Apistogramma baenschi*	LC	No
Cichlidae	*Apistogramma barlowi*	LC	No
Cichlidae	*Apistogramma cinilabra*	VU	Si
Cichlidae	*Apistogramma cruzi*	LC	No
Cichlidae	*Apistogramma eremnopyge*	LC	No
Cichlidae	*Apistogramma huascar*	DD	No
Cichlidae	*Apistogramma linkei*	LC	Si
Cichlidae	*Apistogramma luelingi*	LC	No
Cichlidae	*Apistogramma martini*	LC	No
Cichlidae	*Apistogramma nijsseni*	DD	No
Cichlidae	*Apistogramma norberti*	DD	No
Cichlidae	*Apistogramma panduro*	LC	No
Cichlidae	*Apistogramma pantalone*	DD	No
Cichlidae	*Apistogramma paulmuelleri*	DD	No
Cichlidae	*Apistogramma payaminonis*	DD	No
Cichlidae	*Apistogramma rositae*	DD	No
Cichlidae	*Apistogramma rubrolineata*	DD	No
Cichlidae	*Apistogramma similis*	LC	Si
Cichlidae	*Apistogramma urteagai*	LC	Si
Cichlidae	*Bujurquina apoparuana*	LC	No
Cichlidae	*Bujurquina cordemadi*	LC	No
Cichlidae	*Bujurquina eurhinus*	LC	No
Cichlidae	*Bujurquina hophrys*	LC	No
Cichlidae	*Bujurquina huallagae*	LC	No
Cichlidae	*Bujurquina labiosa*	LC	No
Cichlidae	*Bujurquina megalospilus*	LC	No
Cichlidae	*Bujurquina moriorum*	LC	No
Cichlidae	*Bujurquina ortegai*	DD	No
Cichlidae	*Bujurquina pardus*	DD	No
Cichlidae	*Bujurquina robusta*	DD	No
Cichlidae	*Bujurquina syspilus*	LC	Si
Cichlidae	*Bujurquina tambopatae*	LC	No
Cichlidae	*Bujurquina zamorensis*	LC	Si
Cichlidae	*Caquetaia myersi*	LC	Si
Cichlidae	*Cichlasoma atromaculatum*	LC	No
Cichlidae	*Cichlasoma gephyrum*	EN	No
Cichlidae	*Cichlasoma microlepis*	NT	No

Orden: Perciformes			
Familia	Especies	Cat	CC
Cichlidae	*Cichlasoma ornatum*	LC	No
Cichlidae	*Crenicichla anthurus*	LC	No
Cichlidae	*Crenicichla sedentaria*	LC	No
Cichlidae	*Geophagus pellegrini*	DD	No
Cichlidae	*Heroina isonycterina*	LC	No
Cichlidae	*Mesonauta mirificus*	LC	Si
Cichlidae	*Tahuantinsuyoa chipi*	VU	No
Cichlidae	*Tahuantinsuyoa macantzatza*	DD	No
Gobiidae	*Sicydium rosenbergii*	NT	No

Orden: Pleuronectiformes			
Familia	Especies	Cat	CC
Achiridae	*Trinectes hubbsbollinger*	DD	No

Orden: Siluriformes			
Familia	Especies	Cat	CC
Aspredinidae	*Bunocephalus colombianus*	DD	No
Aspredinidae	*Pseudobunocephalus quadriradiatus*	DD	No
Aspredinidae	*Xyliphius magdalenae*	LC	No
Astroblepidae	*Astroblepus boulengeri*	DD	No
Astroblepidae	*Astroblepus cacharas*	DD	Si
Astroblepidae	*Astroblepus caquetae*	DD	No
Astroblepidae	*Astroblepus chapmani*	LC	No
Astroblepidae	*Astroblepus cirratus*	LC	No
Astroblepidae	*Astroblepus cyclopus*	LC	No
Astroblepidae	*Astroblepus fissidens*	NT	No
Astroblepidae	*Astroblepus formosus*	CR	Si
Astroblepidae	*Astroblepus frenatus*	DD	No
Astroblepidae	Astroblepus grixalvii	LC	No
Astroblepidae	*Astroblepus guentheri*	LC	Si
Astroblepidae	*Astroblepus heterodon*	VU	No
Astroblepidae	*Astroblepus homodon*	LC	Si
Astroblepidae	*Astroblepus jimenezae*	DD	No
Astroblepidae	*Astroblepus jurubidae*	LC	No
Astroblepidae	*Astroblepus labialis*	DD	No
Astroblepidae	*Astroblepus latidens*	VU	Si
Astroblepidae	*Astroblepus longiceps*	DD	Si
Astroblepidae	*Astroblepus longifilis*	LC	No
Astroblepidae	*Astroblepus mancoi*	DD	No
Astroblepidae	*Astroblepus marmoratus*	DD	Si
Astroblepidae	*Astroblepus martinezi*	DD	No
Astroblepidae	*Astroblepus micrescens*	LC	Si
Astroblepidae	*Astroblepus mindoensis*	NT	No
Astroblepidae	*Astroblepus nicefori*	DD	Si
Astroblepidae	*Astroblepus peruanus*	DD	No
Astroblepidae	*Astroblepus pholeter*	NT	No
Astroblepidae	*Astroblepus praeliorum*	DD	No
Astroblepidae	*Astroblepus prenadillus*	NT	No
Astroblepidae	*Astroblepus regani*	DD	No
Astroblepidae	*Astroblepus rengifoi*	DD	Si
Astroblepidae	*Astroblepus retropinnus*	LC	No
Astroblepidae	*Astroblepus riberae*	DD	No
Astroblepidae	*Astroblepus rosei*	DD	No
Astroblepidae	*Astroblepus sabalo*	DD	No
Astroblepidae	*Astroblepus santanderensis*	DD	Si
Astroblepidae	*Astroblepus stuebeli*	DD	No
Astroblepidae	*Astroblepus supramollis*	VU	No
Astroblepidae	*Astroblepus taczanowskii*	DD	No
Astroblepidae	*Astroblepus theresiae*	NT	No
Astroblepidae	*Astroblepus trifasciatus*	LC	Si
Astroblepidae	*Astroblepus ubidiai*	CR	No
Astroblepidae	*Astroblepus unifasciatus*	LC	Si
Astroblepidae	*Astroblepus vaillanti*	DD	No

Orden: Siluriformes			
Familia	Especies	Cat	CC
Astroblepidae	*Astroblepus vanceae*	DD	No
Astroblepidae	*Astroblepus ventralis*	VU	No
Astroblepidae	*Astroblepus whymperi*	DD	No
Auchenipteridae	*Auchenipterichthys coracoideus*	LC	No
Auchenipteridae	*Centromochlus altae*	DD	No
Auchenipteridae	*Gelanoglanis travieso*	DD	No
Auchenipteridae	*Liosomadoras morrowi*	LC	No
Auchenipteridae	*Trachelyichthys exilis*	LC	No
Auchenipteridae	*Trachelyopterus fisheri*	LC	No
Auchenipteridae	*Trachelyopterus insignis*	LC	No
Callichthyidae	*Brochis multiradiatus*	LC	Si
Callichthyidae	*Callichthys fabricioi*	VU	No
Callichthyidae	*Callichthys oibaensis*	NT	No
Callichthyidae	*Corydoras acutus*	LC	Si
Callichthyidae	*Corydoras albolineatus*	DD	Si
Callichthyidae	*Corydoras amphibelus*	LC	No
Callichthyidae	*Corydoras atropersonatus*	DD	No
Callichthyidae	*Corydoras bilineatus*	DD	No
Callichthyidae	*Corydoras copei*	LC	No
Callichthyidae	*Corydoras coriatae*	LC	No
Callichthyidae	*Corydoras cruziensis*	DD	Si
Callichthyidae	*Corydoras fowleri*	LC	No
Callichthyidae	*Corydoras geryi*	LC	No
Callichthyidae	*Corydoras isbrueckeri*	DD	Si
Callichthyidae	*Corydoras lamberti*	LC	No
Callichthyidae	*Corydoras leucomelas*	LC	No
Callichthyidae	*Corydoras loretoensis*	LC	Si
Callichthyidae	*Corydoras mamore*	DD	Si
Callichthyidae	*Corydoras napoensis*	LC	No
Callichthyidae	*Corydoras negro*	DD	Si
Callichthyidae	*Corydoras noelkempffi*	DD	No
Callichthyidae	*Corydoras ortegai*	LC	No
Callichthyidae	*Corydoras panda*	NT	No
Callichthyidae	*Corydoras pantanalensis*	DD	Si
Callichthyidae	*Corydoras paragua*	DD	No
Callichthyidae	*Corydoras pastazensis*	LC	No
Callichthyidae	*Corydoras paucerna*	DD	Si
Callichthyidae	*Corydoras reynoldsi*	DD	Si
Callichthyidae	*Corydoras stenocephalus*	LC	No
Callichthyidae	*Corydoras sychri*	LC	No
Callichthyidae	*Corydoras virginiae*	LC	No
Callichthyidae	*Corydoras weitzmani*	LC	No
Callichthyidae	*Corydoras zygatus*	LC	No
Callichthyidae	*Hoplosternum magdalenae*	LC	No
Callichthyidae	*Lepthoplosternum altamazonicum*	LC	No
Callichthyidae	*Lepthoplosternum beni*	LC	Si
Cetopsidae	*Cetopsis amphiloxa*	LC	No
Cetopsidae	*Cetopsis baudoensis*	NT	No
Cetopsidae	*Cetopsis fimbriata*	DD	No
Cetopsidae	*Cetopsis jurubidae*	DD	No
Cetopsidae	*Cetopsis montana*	LC	No
Cetopsidae	*Cetopsis othonops*	LC	No
Cetopsidae	*Cetopsis pearsoni*	LC	No
Cetopsidae	*Paracetopsis esmeraldas*	NT	No
Doradidae	*Amblydoras nauticus*	LC	No
Doradidae	*Anadoras grypus*	LC	No
Doradidae	*Centrochir crocodili*	LC	No
Doradidae	*Hypodoras forficulatus*	DD	No
Doradidae	*Rhinodoras boehlkei*	LC	No
Heptapteridae	*Cetopsorhamdia boquillae*	LC	No
Heptapteridae	*Cetopsorhamdia filamentosa*	DD	No
Heptapteridae	*Cetopsorhamdia nasus*	LC	No
Heptapteridae	*Chasmocranus peruanus*	DD	No
Heptapteridae	*Chasmocranus quadrizonatus*	DD	No

Orden: Siluriformes			
Familia	Especies	Cat	CC
Heptapteridae	*Imparfinis cochabambae*	NT	No
Heptapteridae	*Imparfinis spurrellii*	EN	No
Heptapteridae	*Imparfinis timana*	DD	No
Heptapteridae	*Imparfinis usmai*	LC	No
Heptapteridae	*Phenacorhamdia nigrolineata*	DD	No
Heptapteridae	*Phreatobius sanguijuela*	CR	No
Heptapteridae	*Pimelodella buckleyi*	DD	No
Heptapteridae	*Pimelodella chaparae*	DD	No
Heptapteridae	*Pimelodella conquetaensis*	LC	No
Heptapteridae	*Pimelodella cyanostigma*	DD	No
Heptapteridae	*Pimelodella elongata*	LC	No
Heptapteridae	*Pimelodella eutaenia*	LC	No
Heptapteridae	*Pimelodella grisea*	LC	No
Heptapteridae	*Pimelodella hartwelli*	DD	No
Heptapteridae	*Pimelodella macrocephala*	VU	No
Heptapteridae	*Pimelodella modestus*	LC	No
Heptapteridae	*Pimelodella montana*	DD	No
Heptapteridae	*Pimelodella ophthalmica*	DD	No
Heptapteridae	*Pimelodella peruana*	DD	No
Heptapteridae	*Pimelodella peruensis*	DD	No
Heptapteridae	*Pimelodella reyesi*	LC	No
Heptapteridae	*Pimelodella roccae*	DD	No
Heptapteridae	*Rhamdella montana*	CR	No
Heptapteridae	*Rhamdella rusbyi*	DD	No
Heptapteridae	*Rhamdia xetequepeque*	CR	No
Loricariidae	*Ancistrus bolivianus*	VU	No
Loricariidae	*Ancistrus bufonius*	LC	No
Loricariidae	*Ancistrus caucanus*	LC	No
Loricariidae	*Ancistrus greeni*	DD	No
Loricariidae	*Ancistrus heterorhynchus*	DD	No
Loricariidae	*Ancistrus jelskii*	DD	No
Loricariidae	*Ancistrus lineolatus*	DD	No
Loricariidae	*Ancistrus malacops*	LC	No
Loricariidae	*Ancistrus marcapatae*	EN	No
Loricariidae	*Ancistrus megalostomus*	LC	No
Loricariidae	*Ancistrus montanus*	LC	No
Loricariidae	*Ancistrus occloi*	LC	No
Loricariidae	*Ancistrus sericeus*	LC	No
Loricariidae	*Ancistrus tamboensis*	LC	No
Loricariidae	*Ancistrus tolima*	EN	No
Loricariidae	*Ancistrus variolus*	DD	No
Loricariidae	*Ancistrus vericaucanus*	EN	No
Loricariidae	*Apistoloricaria condei*	LC	No
Loricariidae	*Aposturisoma myriodon*	CR	Si
Loricariidae	*Chaetostoma aburrensis*	DD	No
Loricariidae	*Chaetostoma aequinoctiale*	LC	No
Loricariidae	*Chaetostoma alternifasciatum*	DD	No
Loricariidae	*Chaetostoma anale*	DD	No
Loricariidae	*Chaetostoma branickii*	VU	No
Loricariidae	*Chaetostoma breve*	DD	No
Loricariidae	*Chaetostoma brevilabiatum*	LC	No
Loricariidae	*Chaetostoma changae*	EN	No
Loricariidae	*Chaetostoma daidalmatos*	EN	No
Loricariidae	*Chaetostoma dermorhynchum*	DD	No
Loricariidae	*Chaetostoma lepturum*	EN	No
Loricariidae	*Chaetostoma leucomelas*	LC	No
Loricariidae	*Chaetostoma lineopunctatum*	LC	No
Loricariidae	*Chaetostoma loborhynchos*	EN	No
Loricariidae	*Chaetostoma marginatum*	LC	No
Loricariidae	*Chaetostoma marmorescens*	VU	No
Loricariidae	*Chaetostoma mollinasum*	NT	No
Loricariidae	*Chaetostoma niveum*	LC	No
Loricariidae	*Chaetostoma palmeri*	EN	Si
Loricariidae	*Chaetostoma patiae*	LC	No

Orden: Siluriformes			
Familia	Especies	Cat	CC
Loricariidae	*Chaetostoma paucispinis*	DD	No
Loricariidae	*Chaetostoma stroumpoulos*	EN	No
Loricariidae	*Chaetostoma taczanowskii*	LC	No
Loricariidae	*Chaetostoma thomsoni*	LC	No
Loricariidae	*Chaetostoma vagum*	DD	No
Loricariidae	*Cordylancistrus daguae*	LC	Si
Loricariidae	*Cordylancistrus platycephalus*	DD	No
Loricariidae	*Cordylancistrus platyrhynchus*	DD	No
Loricariidae	*Crossoloricaria bahuaja*	LC	Si
Loricariidae	*Crossoloricaria rhami*	LC	No
Loricariidae	*Dasyloricaria seminuda*	NT	Si
Loricariidae	*Dolichancistrus atratoensis*	DD	No
Loricariidae	*Dolichancistrus carnegiei*	LC	No
Loricariidae	*Etsaputu relictum*	LC	No
Loricariidae	*Farlowella altocorpus*	DD	No
Loricariidae	*Farlowella gracilis*	DD	No
Loricariidae	*Farlowella knerii*	LC	No
Loricariidae	*Farlowella yarigui*	DD	No
Loricariidae	*Hypoptopoma bilobatum*	DD	No
Loricariidae	*Hypostomus annectens*	VU	No
Loricariidae	*Hypostomus bolivianus*	NT	No
Loricariidae	*Hypostomus ericius*	LC	No
Loricariidae	*Hypostomus fonchii*	LC	No
Loricariidae	*Hypostomus holostictus*	LC	No
Loricariidae	*Hypostomus levis*	DD	No
Loricariidae	*Hypostomus niceforoi*	DD	No
Loricariidae	*Hypostomus oculeus*	DD	No
Loricariidae	*Hypostomus wilsoni*	VU	No
Loricariidae	*Lamontichthys stibaros*	LC	No
Loricariidae	*Lasiancistrus heteracanthus*	LC	No
Loricariidae	*Leptoancistrus cordobensis*	DD	No
Loricariidae	*Lipopterichthys carrioni*	DD	No
Loricariidae	*Loricariichthys cashibo*	DD	No
Loricariidae	*Loricariichthys chanjoo*	DD	No
Loricariidae	*Loricariichthys hauxwelli*	LC	No
Loricariidae	*Loricariichthys ucayalensis*	LC	Si
Loricariidae	*Otocinclus cocama*	EN	No
Loricariidae	*Otocinclus huaorani*	LC	No
Loricariidae	*Otocinclus macrospilus*	LC	No
Loricariidae	*Panaqolus albivermis*	EN	No
Loricariidae	*Panaqolus albomaculatus*	LC	No
Loricariidae	*Panaqolus changae*	LC	No
Loricariidae	*Panaqolus dentex*	LC	No
Loricariidae	*Panaqolus gnomus*	LC	No
Loricariidae	*Panaqolus nocturnus*	LC	No
Loricariidae	*Panaque cochliodon*	NT	No
Loricariidae	*Peckoltia furcata*	LC	No
Loricariidae	*Peckoltia pankimpuju*	LC	No
Loricariidae	*Pseudohemiodon apithanos*	LC	No
Loricariidae	*Pseudohemiodon lamina*	LC	No
Loricariidae	*Pseudohemiodon thorectes*	DD	Si
Loricariidae	*Pterygoplichthys scrophus*	LC	No
Loricariidae	*Pterygoplichthys undecimalis*	LC	No
Loricariidae	*Rhadinoloricaria macromystax*	DD	No
Loricariidae	*Rineloricaria beni*	LC	No
Loricariidae	*Rineloricaria jubata*	LC	No
Loricariidae	*Rineloricaria morrowi*	LC	No
Loricariidae	*Rineloricaria sneideri*	DD	No
Loricariidae	*Rineloricaria wolfei*	LC	No
Loricariidae	*Spatuloricaria atratoensis*	DD	No

Orden: Siluriformes			
Familia	Especies	Cat	CC
Loricariidae	*Spatuloricaria caquetae*	DD	No
Loricariidae	*Spatuloricaria curvispina*	DD	No
Loricariidae	*Spatuloricaria euacanthagenys*	DD	No
Loricariidae	*Spatuloricaria gymnogaster*	LC	No
Loricariidae	*Spatuloricaria puganensis*	LC	No
Loricariidae	*Squaliforma tenuicauda*	LC	No
Loricariidae	*Squaliforma virescens*	DD	No
Loricariidae	*Sturisoma caquetae*	DD	No
Loricariidae	*Sturisoma guentheri*	LC	No
Loricariidae	*Sturisoma nigrirostrum*	LC	Si
Loricariidae	*Sturisomatichthys aureus*	DD	No
Loricariidae	*Sturisomatichthys frenatus*	CR	No
Loricariidae	*Sturisomatichthys leightoni*	LC	Si
Loricariidae	*Sturisomatichthys tamanae*	DD	No
Pimelodidae	*Megalonema xanthum*	LC	No
Pimelodidae	*Pimelodus grosskopfii*	CR	No
Pimelodidae	*Pseudoplatystoma magdaleniatum*	EN	No
Pseudopimelodidae	*Batrochoglanis transmontanus*	LC	No
Pseudopimelodidae	*Cruciglanis pacifici*	LC	No
Pseudopimelodidae	*Microglanis zonatus*	LC	No
Pseudopimelodidae	*Pseudopimelodus schultzi*	LC	No
Trichomycteridae	*Eremophilus mutisii*	LC	No
Trichomycteridae	*Malacoglanis gelatinosus*	LC	No
Trichomycteridae	*Paravandellia phaneronema*	LC	Si
Trichomycteridae	*Plectrochilus wieneri*	LC	No
Trichomycteridae	*Rhizosomichthys totae*	CR	No
Trichomycteridae	*Stenolicmus sarmientoi*	DD	No
Trichomycteridae	*Trichomycterus aguarague*	LC	No
Trichomycteridae	*Trichomycterus hallesterosi*	NT	No
Trichomycteridae	*Trichomycterus hanneaui*	LC	No
Trichomycteridae	*Trichomycterus homboizanus*	DD	No
Trichomycteridae	*Trichomycterus cachiraensis*	NT	Si
Trichomycteridae	*Trichomycterus caliensis*	LC	No
Trichomycteridae	*Trichomycterus chaberti*	LC	No
Trichomycteridae	*Trichomycterus chapmani*	LC	No
Trichomycteridae	*Trichomycterus fassli*	LC	No
Trichomycteridae	*Trichomycterus gorgona*	LC	No
Trichomycteridae	*Trichomycterus latidens*	DD	No
Trichomycteridae	*Trichomycterus latistriatus*	LC	No
Trichomycteridae	*Trichomycterus maldonadoi*	NT	No
Trichomycteridae	*Trichomycterus megantoni*	LC	No
Trichomycteridae	*Trichomycterus nigromaculatus*	LC	No
Trichomycteridae	*Trichomycterus regani*	VU	No
Trichomycteridae	*Trichomycterus retropinnis*	LC	No
Trichomycteridae	*Trichomycterus romeroi*	DD	No
Trichomycteridae	*Trichomycterus ruitoquensis*	NT	Si
Trichomycteridae	*Trichomycterus sandovali*	LC	Si
Trichomycteridae	*Trichomycterus santanderensis*	LC	No
Trichomycteridae	*Trichomycterus sketi*	LC	Si
Trichomycteridae	*Trichomycterus spilosoma*	LC	No
Trichomycteridae	*Trichomycterus stellatus*	LC	No
Trichomycteridae	*Trichomycterus straminius*	DD	No
Trichomycteridae	*Trichomycterus taczanowskii*	DD	No
Trichomycteridae	*Trichomycterus taenia*	LC	No
Trichomycteridae	*Trichomycterus taeniops*	EN	No
Trichomycteridae	*Trichomycterus transandianus*	VU	Si
Trichomycteridae	*Trichomycterus uisae*	LC	Si
Trichomycteridae	*Trichomycterus unicolor*	EN	No
Trichomycteridae	*Trichomycterus weyrauchi*	EN	No

2.2 Moluscos de agua dulce

Clase: Bivalvia			
Orden: Unionoida			
Familia	Especies	Cat	CC
Etheriidae	*Acostaea rivolii*	CR	Si
Hyriidae	*Castalia ecarinata*	LC	No
Mycetopodidae	*Anodontites colombiensis*	LC	No
Mycetopodidae	*Diplodontites cookei*	LC	Si
Mycetopodidae	*Diplodontites olssoni*	VU	No
Mycetopodidae	*Diplodontites pilsbryana*	LC	No

Orden: Veneroida			
Familia	Especies	Cat	CC
Sphaeriidae	*Pisidium iquito*	LC	No
Sphaeriidae	*Sphaerium aequatoriale*	DD	Si

Clase: Gastropoda			
Orden: Architaenioglossa			
Familia	Especies	Cat	CC
Ampullariidae	*Pomacea aldersoni*	LC	No
Ampullariidae	*Pomacea baeri*	DD	No
Ampullariidae	*Pomacea catamarcensis*	DD	No
Ampullariidae	*Pomacea cornucopia*	DD	No
Ampullariidae	*Pomacea cousini*	DD	No
Ampullariidae	*Pomacea expansa*	NT	No
Ampullariidae	*Pomacea hollingsworthi*	DD	No
Ampullariidae	*Pomacea martinezi*	DD	No
Ampullariidae	*Pomacea modesta*	DD	No
Ampullariidae	*Pomacea ocanensis*	CR	No
Ampullariidae	*Pomacea palmeri*	VU	No

Clase: Gastropoda			
Orden: Architaenioglossa			
Familia	Especies	Cat	CC
Ampullariidae	*Pomacea puntaplaya*	DD	No
Ampullariidae	*Pomacea quinindensis*	VU	No
Ampullariidae	*Pomacea reyrei*	DD	No
Ampullariidae	*Pomacea tenuissima*	DD	No
Ampullariidae	*Pomacea zischkai*	DD	No

Orden: Hygrophila			
Familia	Especies	Cat	CC
Planorbidae	*Biomphalaria edisoni*	DD	No
Planorbidae	*Biomphalaria raimondi*	DD	No
Planorbidae	*Biomphalaria trygira*	DD	Si

Orden: Littorinimorpha			
Familia	Especies	Cat	CC
Cochliopidae	*Aroapyrgus colombiensis*	DD	No
Cochliopidae	*Heleobia chavezi*	DD	No
Cochliopidae	*Heleobia florezii*	DD	No
Cochliopidae	*Heleobia hernandezae*	DD	No
Cochliopidae	*Tryonia tricarinata*	DD	No
Hydrobiidae	*Lithococcus multicarinatus*	LC	No

Orden: Sorbeoconcha			
Familia	Especies	Cat	CC
Thiaridae	*Hemisinus guayaquilensis*	DD	No

2.3 Libélulas

Clase: Insecta			
Orden: Odonata			
Suborden: Anisoptera			
Familia	Especies	Cat	CC
Aeshnidae	*Castoraeschna coronata*	DD	No
Aeshnidae	*Coryphaeschna huaorania*	LC	No
Aeshnidae	*Gynacantha bartai*	DD	No
Aeshnidae	*Gynacantha remartinia*	DD	No
Aeshnidae	*Neuraeschna mayoruna*	DD	No
Aeshnidae	*Rhionaeschna caligo*	EN	Si
Aeshnidae	*Rhionaeschna intricata*	LC	No
Aeshnidae	*Rhionaeschna peralta*	LC	No
Aeshnidae	*Triacanthagyna williamsoni*	LC	No
Gomphidae	*Aphylla boliviana*	LC	No
Gomphidae	*Aphylla robusta*	DD	No
Gomphidae	*Aphylla silvatica*	DD	No
Gomphidae	*Aphylla spinula*	DD	No
Gomphidae	*Epigomphus gibberosus*	DD	No
Gomphidae	*Epigomphus llama*	DD	No
Gomphidae	*Epigomphus occipitalis*	DD	No
Gomphidae	*Epigomphus pechumani*	DD	No
Gomphidae	*Perigomphus angularis*	DD	No
Gomphidae	*Peruviogomphus moyobambus*	LC	No
Gomphidae	*Peruviogomphus pearsoni*	LC	No
Gomphidae	*Phyllocycla hespera*	LC	No
Gomphidae	*Phyllocycla titschacki*	LC	No
Gomphidae	*Phyllogomphoides aculeus*	DD	No
Gomphidae	*Phyllogomphoides camposi*	DD	No
Gomphidae	*Phyllogomphoides lieftincki*	LC	No

Suborden: Anisoptera			
Familia	Especies	Cat	CC
Gomphidae	*Phyllogomphoides singularis*	DD	No
Gomphidae	*Progomphus boliviensis*	LC	No
Gomphidae	*Progomphus delicatus*	DD	No
Gomphidae	*Progomphus montanus*	LC	No
Gomphidae	*Progomphus nervis*	DD	No
Gomphidae	*Progomphus tantillus*	DD	No
Libellulidae	*Erythrodiplax ines*	LC	No
Libellulidae	*Micrathyria sympriona*	LC	No
Libellulidae	*Oligoclada teretidentis*	LC	No
Libellulidae	*Orthemis sulphurata*	LC	No
Libellulidae	*Orthemis tambopatae*	LC	No
Libellulidae	*Orthemis teres*	DD	No
Libellulidae	*Uracis reducta*	DD	No

Suborden: Zygoptera			
Familia	Especies	Cat	CC
Calopterygidae	*Hetaerina aurora*	LC	No
Calopterygidae	*Hetaerina duplex*	LC	No
Calopterygidae	*Hetaerina flavipennis*	LC	No
Calopterygidae	*Mnesarete devillei*	LC	No
Calopterygidae	*Mnesarete drepane*	LC	No
Calopterygidae	*Mnesarete ephippium*	LC	No
Calopterygidae	*Mnesarete marginata*	DD	No
Calopterygidae	*Ormenophlebia imperatrix*	LC	No
Calopterygidae	*Ormenophlebia regina*	LC	Si
Calopterygidae	*Ormenophlebia rollinati*	DD	No

Suborden: Zygoptera			
Familia	Especies	Cat	CC
Calopterygidae	*Ormenophlebia saltuum*	LC	No
Coenagrionidae	*Acanthagrion hartei*	DD	No
Coenagrionidae	*Acanthagrion obsoletum*	LC	Si
Coenagrionidae	*Acanthagrion peruanum*	LC	No
Coenagrionidae	*Acanthagrion williamsoni*	EN	No
Coenagrionidae	*Acanthagrion yungarum*	LC	No
Coenagrionidae	*Aeolagrion axine*	LC	No
Coenagrionidae	*Amazoneura westfalli*	LC	Si
Coenagrionidae	*Argia dives*	LC	No
Coenagrionidae	*Argia fraudatricula*	DD	No
Coenagrionidae	*Argia gerhardi*	LC	No
Coenagrionidae	*Argia hamulata*	LC	No
Coenagrionidae	*Argia infrequentula*	LC	No
Coenagrionidae	*Argia kokama*	LC	No
Coenagrionidae	*Argia limitata*	LC	No
Coenagrionidae	*Argia mishuyaca*	DD	No
Coenagrionidae	*Argia rosseri*	NT	No
Coenagrionidae	*Argia variata*	LC	No
Coenagrionidae	*Denticulobasis dunklei*	LC	Si
Coenagrionidae	*Drepanoneura donnellyi*	EN	No
Coenagrionidae	*Drepanoneura flinti*	LC	No
Coenagrionidae	*Drepanoneura loutoni*	LC	Si
Coenagrionidae	*Drepanoneura muzoni*	LC	Si
Coenagrionidae	*Drepanoneura peruviensis*	LC	Si
Coenagrionidae	*Drepanoneura tennesseni*	LC	No
Coenagrionidae	*Epipleoneura protostictoides*	DD	No
Coenagrionidae	*Homeoura sobrina*	DD	No
Coenagrionidae	*Inpabasis hubelli*	DD	Si
Coenagrionidae	*Ischnura chingaza*	LC	Si
Coenagrionidae	*Ischnura cruzi*	LC	No
Coenagrionidae	*Ischnura cyane*	LC	No
Coenagrionidae	*Ischnura indivisa*	DD	No
Coenagrionidae	*Ischnura mahechai*	DD	Si
Coenagrionidae	*Ischnura rufovittata*	DD	No
Coenagrionidae	*Leptobasis mauffrayi*	LC	No
Coenagrionidae	*Mecistogaster martinezi*	DD	No
Coenagrionidae	*Mesamphiagrion demarmelsi*	EN	No
Coenagrionidae	*Mesamphiagrion dunklei*	DD	No
Coenagrionidae	*Mesamphiagrion ecuatoriale*	DD	No
Coenagrionidae	*Mesamphiagrion gaudiimontanum*	EN	Si
Coenagrionidae	*Mesamphiagrion nataliae*	EN	No
Coenagrionidae	*Mesamphiagrion occultum*	LC	Si
Coenagrionidae	*Mesamphiagrion ovigerum*	VU	No
Coenagrionidae	*Mesamphiagrion risi*	LC	No
Coenagrionidae	*Mesamphiagrion rosseri*	VU	No
Coenagrionidae	*Mesamphiagrion santainense*	EN	Si
Coenagrionidae	*Metaleptobasis brevicauda*	DD	No
Coenagrionidae	*Metaleptobasis furcifera*	LC	No
Coenagrionidae	*Metaleptobasis gabrielae*	DD	No
Coenagrionidae	*Metaleptobasis gibbosa*	CR	Si
Coenagrionidae	*Metaleptobasis guillermoi*	DD	No
Coenagrionidae	*Metaleptobasis knopfi*	LC	No
Coenagrionidae	*Metaleptobasis mauffrayi*	LC	No
Coenagrionidae	*Metaleptobasis panguanae*	DD	No
Coenagrionidae	*Metaleptobasis peltata*	DD	No
Coenagrionidae	*Metaleptobasis prostrata*	LC	No
Coenagrionidae	*Metaleptobasis turbinata*	DD	No
Coenagrionidae	*Oreiallagma acutum*	LC	No
Coenagrionidae	*Oreiallagma oreas*	LC	Si
Coenagrionidae	*Oreiallagma prothoracicum*	DD	No
Coenagrionidae	*Oreiallagma quadricolor*	LC	No
Coenagrionidae	*Oxyagrion hermosae*	DD	Si
Coenagrionidae	*Oxyagrion tennesseni*	LC	No
Coenagrionidae	*Oxyallagma colombianum*	LC	Si
Coenagrionidae	*Phoenicagrion paulsoni*	LC	No

Suborden: Zygoptera			
Familia	Especies	Cat	CC
Coenagrionidae	*Proneura prolongata*	DD	Si
Coenagrionidae	*Protallagma hoffmanni*	NT	Si
Coenagrionidae	*Protoneura klugi*	DD	No
Coenagrionidae	*Protoneura macintyrei*	NT	No
Coenagrionidae	*Schistolobos boliviensis*	LC	No
Coenagrionidae	*Telebasis brevis*	LC	No
Coenagrionidae	*Telebasis farcimentum*	VU	No
Coenagrionidae	*Telebasis flammeola*	EN	No
Coenagrionidae	*Telebasis milleri*	LC	No
Coenagrionidae	*Telebasis versicolor*	LC	No
Coenagrionidae	*Telebasis watsoni*	DD	No
Coenagrionidae	*Tuberculobasis cardinalis*	LC	No
Lestidae	*Archilestes chocoanus*	DD	No
Megapodagrionidae	*Archaeopodagrion armatum*	LC	No
Megapodagrionidae	*Archaeopodagrion bicorne*	LC	No
Megapodagrionidae	*Archaeopodagrion bilobatum*	DD	No
Megapodagrionidae	*Heteragrion aequatoriale*	LC	No
Megapodagrionidae	*Heteragrion bickorum*	LC	No
Megapodagrionidae	*Heteragrion calendulum*	EN	No
Megapodagrionidae	*Heteragrion cooki*	LC	No
Megapodagrionidae	*Heteragrion flavidorsum*	DD	Si
Megapodagrionidae	*Heteragrion peregrinum*	CR	Si
Megapodagrionidae	*Heteropodagrion croizati*	LC	No
Megapodagrionidae	*Heteropodagrion sanguinipes*	LC	No
Megapodagrionidae	*Mesagrion leucorrhinum*	LC	No
Megapodagrionidae	*Philogenia berenice*	DD	No
Megapodagrionidae	*Philogenia boliviana*	LC	No
Megapodagrionidae	*Philogenia buenavista*	LC	No
Megapodagrionidae	*Philogenia compressa*	DD	No
Megapodagrionidae	*Philogenia cristalina*	VU	No
Megapodagrionidae	*Philogenia ebona*	DD	No
Megapodagrionidae	*Philogenia elisabeta*	LC	No
Megapodagrionidae	*Philogenia helena*	NT	No
Megapodagrionidae	*Philogenia iquita*	DD	No
Megapodagrionidae	*Philogenia macuma*	LC	No
Megapodagrionidae	*Philogenia mangosisa*	LC	No
Megapodagrionidae	*Philogenia minteri*	LC	No
Megapodagrionidae	*Philogenia monotis*	EN	No
Megapodagrionidae	*Philogenia peruviana*	DD	No
Megapodagrionidae	*Philogenia raphaella*	DD	No
Megapodagrionidae	*Philogenia redunca*	LC	No
Megapodagrionidae	*Philogenia schmidti*	DD	No
Megapodagrionidae	*Philogenia silvarum*	LC	No
Megapodagrionidae	*Philogenia sucra*	DD	No
Megapodagrionidae	*Philogenia umbrosa*	DD	No
Megapodagrionidae	*Teinopodagrion angulatum*	LC	No
Megapodagrionidae	*Teinopodagrion caquetanum*	LC	No
Megapodagrionidae	*Teinopodagrion chinchaysuyum*	LC	No
Megapodagrionidae	*Teinopodagrion croizati*	LC	No
Megapodagrionidae	*Teinopodagrion curtum*	LC	No
Megapodagrionidae	*Teinopodagrion decipiens*	LC	No
Megapodagrionidae	*Teinopodagrion depressum*	LC	No
Megapodagrionidae	*Teinopodagrion eretes*	LC	No
Megapodagrionidae	*Teinopodagrion mercenarium*	LC	No
Megapodagrionidae	*Teinopodagrion muzanum*	DD	No
Megapodagrionidae	*Teinopodagrion nebulosum*	LC	No
Megapodagrionidae	*Teinopodagrion schiessi*	LC	No
Megapodagrionidae	*Teinopodagrion setigerum*	LC	No
Megapodagrionidae	*Teinopodagrion temporale*	VU	No
Megapodagrionidae	*Teinopodagrion vallenatum*	NT	No
Megapodagrionidae	*Teinopodagrion waynu*	DD	No
Megapodagrionidae	*Teinopodagrion yunka*	LC	No
Perilestidae	*Perissolestes castor*	DD	No
Perilestidae	*Perissolestes remus*	CR	No
Platystictidae	*Palaemnema abbreviata*	LC	No

Suborden: Zygoptera			
Familia	Especies	Cat	CC
Platystictidae	*Palaemnema apicalis*	DD	No
Platystictidae	*Palaemnema azupizui*	DD	No
Platystictidae	*Palaemnema brucelli*	LC	No
Platystictidae	*Palaemnema carmelita*	DD	No
Platystictidae	*Palaemnema croceicauda*	CR	No
Platystictidae	*Palaemnema edmondi*	CR	Si
Platystictidae	*Palaemnema martini*	DD	Si
Platystictidae	*Palaemnema peruviana*	DD	No
Platystictidae	*Palaemnema picicaudata*	LC	No
Polythoridae	*Cora aurea*	LC	No
Polythoridae	*Cora chiribiquete*	DD	No
Polythoridae	*Cora confusa*	DD	No
Polythoridae	*Cora dorada*	DD	No
Polythoridae	*Cora dualis*	DD	No
Polythoridae	*Cora irene*	LC	No
Polythoridae	*Cora jocosa*	LC	No
Polythoridae	*Cora klenei*	LC	No
Polythoridae	*Cora lugubris*	VU	No
Polythoridae	*Cora modesta*	DD	No

Suborden: Zygoptera			
Familia	Especies	Cat	CC
Polythoridae	*Cora munda*	DD	No
Polythoridae	*Cora parda*	DD	No
Polythoridae	*Cora terminalis*	LC	No
Polythoridae	*Euthore fassli*	LC	No
Polythoridae	*Euthore inlactea*	DD	No
Polythoridae	*Euthore leroii*	DD	No
Polythoridae	*Euthore mirabilis*	DD	No
Polythoridae	*Miocora pellucida*	DD	Si
Polythoridae	*Polythore boliviana*	LC	No
Polythoridae	*Polythore concinna*	LC	No
Polythoridae	*Polythore derivata*	LC	No
Polythoridae	*Polythore koepckei*	DD	No
Polythoridae	*Polythore lamerceda*	LC	No
Polythoridae	*Polythore manua*	LC	No
Polythoridae	*Polythore mutata*	LC	No
Polythoridae	*Polythore ornata*	LC	No
Polythoridae	*Polythore spaeteri*	LC	No
Polythoridae	*Polythore victoria*	LC	No
Polythoridae	*Polythore williamsoni*	DD	No

2.1 Plantas acuáticas

Clase: Isoetopsida			
Orden: Isoetales			
Familia	Especies	Cat	CC
Isoetaceae	*Isoetes bischlerae*	LC	No
Isoetaceae	*Isoetes boliviensis*	LC	Si
Isoetaceae	*Isoetes cleefii*	LC	No
Isoetaceae	*Isoetes colombiana*	DD	No
Isoetaceae	*Isoetes dispora*	CR	Si
Isoetaceae	*Isoetes ecuadoriensis*	VU	No
Isoetaceae	*Isoetes eshbaughii*	DD	Si
Isoetaceae	*Isoetes herzogii*	VU	No
Isoetaceae	*Isoetes hewitsonii*	CR	Si
Isoetaceae	*Isoetes lechleri*	LC	No
Isoetaceae	*Isoetes palmeri*	LC	No
Isoetaceae	*Isoetes parvula*	VU	Si
Isoetaceae	*Isoetes saracochensis*	VU	Si

Clase: Liliopsida			
Orden: Alismatales			
Familia	Especies	Cat	CC
Alismataceae	*Echinodorus emersus*	LC	Si

Orden: Arales			
Familia	Especies	Cat	CC
Lemnaceae	*Lemna yungensis*	NT	Si

Orden: Bromeliales			
Familia	Especies	Cat	CC
Bromeliaceae	*Puya laccata*	DD	Si

Orden: Cyclanthales			
Familia	Especies	Cat	CC
Cyclanthaceae	*Dicranopygium goudotii*	DD	No

Orden: Cyperales			
Familia	Especies	Cat	CC
Cyperaceae	*Carex luridiformis*	LC	No
Cyperaceae	*Eleocharis columbiensis*	DD	No
Cyperaceae	*Oreobolus cleefii*	LC	No

Orden: Eriocaulales			
Familia	Especies	Cat	CC
Eriocaulaceae	*Paepalanthus stuebelianus*	LC	No
Eriocaulaceae	*Syngonanthus peruvianus*	LC	Si

Orden: Juncales			
Familia	Especies	Cat	CC
Juncaceae	*Distichia acicularis*	LC	Si
Juncaceae	*Juncus subulitepalus*	DD	No

Orden: Orchidales			
Familia	Especies	Cat	CC
Orchidaceae	*Palmorchis imuyaensis*	LC	No

Clase: Magnoliopsida			
Orden: Asterales			
Familia	Especies	Cat	CC
Compositae	*Baccharis hieronymi*	VU	Si
Compositae	*Eclipta leiocarpa*	DD	No
Compositae	*Plagiocheilus solivaeformis*	LC	No

Orden: Callitrichales			
Familia	Especies	Cat	CC
Callitrichaceae	*Callitriche heteropoda*	DD	No
Callitrichaceae	*Callitriche quindiensis*	DD	Si

Orden: Caryophyllales			
Familia	Especies	Cat	CC
Portulacaceae	*Montia biapiculata*	DD	No

Orden: Ebenales			
Familia	Especies	Cat	CC
Ebenaceae	*Diospyros nur*	NT	No
Ebenaceae	*Diospyros yomomo*	NT	No

Orden: Euphorbiales			
Familia	Especies	Cat	CC
Euphorbiaceae	*Caperonia zaponzeta*	LC	No

Orden: Fabales			
Familia	Especies	Cat	CC
Leguminosae	*Desmodium subsecundum*	DD	Si

Orden: Gentianales			
Familia	Especies	Cat	CC
Asclepiadaceae	*Matelea rivularis*	LC	No

Orden: Podostemales			
Familia	Especies	Cat	CC
Podostemaceae	*Apinagia boliviana*	VU	Si
Podostemaceae	*Apinagia fluitans*	DD	No
Podostemaceae	*Apinagia peruviana*	CR	Si
Podostemaceae	*Rhyncholacis nobilis*	VU	No

Orden: Polygalales			
Familia	Especies	Cat	CC
Malpighiaceae	*Byrsonima riparia*	DD	Si

Orden: Polygonales			
Familia	Especies	Cat	CC
Polygonaceae	*Polygonum peruvianum*	DD	No
Polygonaceae	*Rumex tolimensis*	LC	No

Orden: Ranunculales			
Familia	Especies	Cat	CC
Ranunculaceae	*Ranunculus bangii*	DD	No
Ranunculaceae	*Ranunculus breviscapus*	LC	Si
Ranunculaceae	*Ranunculus gusmannii*	LC	No

Orden: Rubiales			
Familia	Especies	Cat	CC
Rubiaceae	*Galium ascendens*	LC	No

Orden: Scrophulariales			
Familia	Especies	Cat	CC
Scrophulariaceae	*Calceolaria aquatica*	LC	No

Orden: Solanales			
Familia	Especies	Cat	CC
Menyanthaceae	*Nymphoides herzogii*	EN	Si

Orden: Theales			
Familia	Especies	Cat	CC
Elatinaceae	*Elatine ecuadoriensis*	LC	Si
Guttiferae	*Hypericum callacallanum*	VU	No

Apéndice 3. Áreas Clave para la Biodiversidad

3.1 Lista de especies determinantes xx
3.2 ACB existentes adoptadas xx
3.3 Áreas protegidas y sitios Ramsar existentes adoptados xx
3.4 Nuevas ACB de agua dulce delimitadas xx
3.5 Actores potencialmente interesados xx
3.6 Ejemplo de una ficha de Zona de Manejo de Cuenca xx

3.1 Lista de todas las especies determinantes validadas en ACB de agua dulce. C1 = Criterio 1. Especies amenazadas; C2 = Criterio 2. Especies de distribución geográfica restringida; * = especies que determinan sitios AZE.

País	ZMC	ACB	Especie determinante	Grupo	C1	C2
Perú	Río Nanay	Allpahuayo Mishana	*Trachelyichthys exilis*	Peces	-	Sí
Perú	Río Nanay	Allpahuayo Mishana	*Apistogramma allpahuayo*	Peces	-	Sí
Perú	Río Nanay	Allpahuayo Mishana	*Corydoras atropersonatus*	Peces	-	Sí
Perú	Río Nanay	Allpahuayo Mishana	*Hypopygus ortegai*	Peces	-	Sí
Perú	Río Nanay	Allpahuayo Mishana	*Leporinus holostictus*	Peces	-	Sí
Perú	Río Nanay	Allpahuayo Mishana	*Potamotrygon tigrina**	Peces	EN	Sí
Perú	Río Nanay	Alto Nanay- Pintuyacu Chambira	*Apistogramma martini*	Peces	-	Sí
Perú	Río Nanay	Alto Nanay- Pintuyacu Chambira	*Apistogramma pantalone*	Peces	-	Sí
Perú	Río Nanay	Alto Nanay- Pintuyacu Chambira	*Nannostomus mortenthaleri**	Peces	CR	Sí
Perú	Alto Perené	Alto Perené en Acobamba	*Astroblepus formosus**	Peces	CR	Sí
Bolivia	Alto Río San Pablo	Alto Río San Pablo Poza	*Spectrolebias pilleti*	Peces	VU	Sí
Perú	N/A	Ampiyacu Apayacu Zona Amortiguamiento	*Moenkhausia atahualpiana*	Peces	-	Sí
Perú	N/A	Ampiyacu Apayacu Zona Amortiguamiento	*Pimelodella cyanostigma*	Peces	-	Sí
Perú	N/A	Ampiyacu Apayacu Zona Amortiguamiento	*Hypoptopoma bilobatum*	Peces	-	Sí
Perú	N/A	Ampiyacu Apayacu Zona Amortiguamiento	*Hyphessobrycon robustulus*	Peces	-	Sí
Perú	N/A	Ampiyacu Apayacu Zona Amortiguamiento	*Bryconamericus phoenicopterus*	Peces	-	Sí
Perú	Alto Madre de Dios	Bahuaja Sonene	*Attonitus bounites*	Peces	VU	-
Perú	Alto Madre de Dios	Bahuaja Sonene	*Cora parda*	Libélulas	-	Sí
Perú	Alto Madre de Dios	Bahuaja Tambopata Zona Amortiguamiento	*Attonitus bounites*	Peces	VU	-
Perú	Alto Madre de Dios	Bahuaja Tambopata Zona Amortiguamiento	*Polythore manua*	Libélulas	-	Sí
Bolivia	Bajo Paraguá	Bajo Paraguá Sistema Hídrico Subterráneo	*Phreatobius sanguijuela**	Peces	CR	Sí
Colombia	Río La Miel	Bajo Río La Miel- Río Samaná Sur	*Brycon moorei*	Peces	VU	-
Colombia	Río La Miel	Bajo Río La Miel- Río Samaná Sur	*Ichthyoelephas longirostris*	Peces	VU	-
Colombia	Río La Miel	Bajo Río La Miel- Río Samaná Sur	*Drepanoneura donnellyi*	Libélulas	EN	Sí
Perú	Alto Río Huallaga	Cabecera Huallaga	*Orestias empyraeus*	Peces	-	Sí
Perú	Alto Río Huallaga	Cabecera Huallaga	*Orestias gymnota*	Peces	EN	Sí

País	ZMC	ACB	Especie determinante	Grupo	C1	C2
Perú	Alto Perené	Cabecera Río Perené	*Orestias gymnota*	Peces	EN	Sí
Perú	Alto Perené	Cabecera Río Perené	*Orestias empyraeus*	Peces	-	Sí
Colombia	Río Coello	Cañón del Río Combeima	*Bryconamericus tolimae*	Peces	VU	Sí
Colombia	Río Coello	Cañón del Río Combeima	*Trichomycterus transandianus*	Peces	VU	Sí
Colombia	N/A	Cenagoso Del Bajo Sinú	*Cynopotamus atratoensis*	Peces	VU	-
Colombia	N/A	Cenagoso Del Bajo Sinú	*Hypostomus wilsoni*	Peces	VU	-
Perú	Río Aguaytía	Cordillera Azul Zona Amortiguamiento	*Tahuantinsuyoa macantzatza*	Peces	-	Sí
Perú	Río Aguaytía	Cordillera Azul Zona Amortiguamiento	*Metaleptobasis brevicauda*	Libélulas	-	Sí
Perú	Río Aguaytía	Cordillera Azul Zona Amortiguamiento	*Teinopodagrion eretes*	Libélulas	-	Sí
Ecuador	N/A	Cordillera del Cóndor	*Astroblepus supramollis*	Peces	VU	Sí
Ecuador	N/A	Cordillera del Cóndor	*Chaetostoma branickii*	Peces	VU	-
Perú	N/A	Cordillera del Cóndor	*Astroblepus supramollis*	Peces	VU	Sí
Perú	N/A	Cordillera del Cóndor	*Chaetostoma branickii*	Peces	VU	-
Perú	N/A	Cordillera Yanachaga extensión	*Polythore victoria*	Libélulas	-	Sí
Ecuador	Río Pastaza - Bobonaza	Corredor Ecológico Llanganates-Sangay	*Metaleptobasis gibbosa**	Libélulas	CR	Sí
Ecuador	Río Pastaza - Bobonaza	Corredor Ecológico Llanganates-Sangay	*Teinopodagrion angulatum*	Libélulas	-	Sí
Ecuador	Río Pastaza - Bobonaza	Corredor Ecológico Llanganates-Sangay	*Archaeopodagrion bicorne*	Libélulas	-	Sí
Bolivia	Alto Beni	Cotapata	*Astroblepus longiceps*	Peces	-	Sí
Bolivia	Alto Beni	Cotapata	*Hemibrycon beni*	Peces	-	Sí
Bolivia	Alto Beni	Cotapata	*Knodus longus*	Peces	VU	Sí
Bolivia	Alto Beni	Cotapata	*Oreiallagma acutum*	Libélulas	-	Sí
Bolivia	Alto Beni	Cotapata	*Ormenophlebia regina*	Libélulas	-	Sí
Bolivia	Alto Beni	Cotapata	*Ormenophlebia rollinati*	Libélulas	-	Sí
Bolivia	Alto Beni	Cotapata	*Philogenia schmidti*	Libélulas	-	Sí
Bolivia	Alto Beni	Cotapata	*Teinopodagrion schiessi*	Libélulas	-	Sí
Bolivia	Alto Beni	Cotapata	*Teinopodagrion yunka*	Libélulas	-	Sí
Colombia	N/A	Cuenca Alta Del Río Quindío Salento	*Hemibrycon quindos*	Peces	-	Sí
Perú	Alto Río Huallaga	Cuenca Media Huallaga	*Anablepsoides derhami*	Peces	-	Sí
Perú	Alto Río Huallaga	Cuenca Media Huallaga	*Chaetostoma changae**	Peces	EN	Sí
Perú	Alto Río Huallaga	Cuenca Media Huallaga	*Chaetostoma daidalmatos**	Peces	EN	Sí
Perú	Alto Río Huallaga	Cuenca Media Huallaga	*Chaetostoma stroumpoulos**	Peces	EN	Sí
Perú	Alto Río Huallaga	Cuenca Media Huallaga	*Phyllocycla titschacki*	Libélulas	-	Sí
Perú	Alto Río Huallaga	Cuenca Media Huallaga	*Telebasis watsoni*	Libélulas	-	Sí
Perú	Alto Río Huallaga	Cuenca Media Huallaga	*Chaetostoma marmorescens*	Peces	VU	Sí
Perú	Alto Río Huallaga	Cuenca Media Huallaga	*Othonocheirodus eigenmanni*	Peces	-	Sí
Perú	Alto Río Huallaga	Cuenca Media Huallaga	*Philogenia elisabeta*	Libélulas	-	Sí
Colombia	Arroyos costeros Planicie Caribe	Del Sistema Manglárico Del Sector De La Boca De Guacamaya	*Austrofundulus myersi*	Peces	EN	Sí
Colombia	Arroyos costeros Planicie Caribe	Del Sistema Manglárico Del Sector De La Boca De Guacamaya	*Creagrutus nigrostigmatus*	Peces	EN	Sí
Colombia	Arroyos costeros Planicie Caribe	El Corchal el Mono Hernández	*Austrofundulus myersi*	Peces	EN	Sí
Perú	N/A	El Sira Zona Amortiguamiento	*Tahuantinsuyoa chipi*	Peces	VU	Sí
Colombia	N/A	Haciendas Ganaderas del Norte del Cauca	*Brycon labiatus*	Peces	EN	Sí
Colombia	N/A	Haciendas Ganaderas del Norte del Cauca	*Callichthys fabricioi*	Peces	VU	Sí

País	ZMC	ACB	Especie determinante	Grupo	C1	C2
Perú	N/A	Junín Zona Amortiguamiento	*Orestias polonorum*	Peces	EN	Sí
Perú	N/A	Junín Zona Amortiguamiento	*Orestias empyraeus*	Peces	-	Sí
Perú	N/A	Junín Zona Amortiguamiento	*Orestias gymnota*	Peces	EN	Sí
Perú	Alto Madre de Dios	Kosnipata Carabaya	*Oreiallagma quadricolor*	Libélulas	-	Sí
Colombia	N/A	La Forzosa-Santa Gertrudis	*Epigomphus pechumani*	Libélulas	-	Sí
Perú	N/A	Lago de Junín	*Orestias polonorum*	Peces	EN	Sí
Perú	N/A	Lago de Junín	*Orestias empyraeus*	Peces	-	Sí
Bolivia	Cochabamba Ríos	Lagos Vacas Angostura Alalay	*Oligosarcus schindleri*	Peces	EN	Sí
Colombia	N/A	Laguna de Tota	*Rhizosomichthys totae*	Peces	CR	Sí
Ecuador	Sistema Hídrico Imbakucha	Laguna San Pablo y Zona de Captación	*Astroblepus ubidiai**	Peces	CR	Sí
Colombia	N/A	Los Katios	*Cynopotamus atratoensis*	Peces	VU	-
Colombia	N/A	Los Katios	*Hypostomus wilsoni*	Peces	VU	-
Colombia	N/A	Mana Dulce	*Acanthagrion williamsoni**	Libélulas	EN	Sí
Perú	Alto Madre de Dios	Manu	*Polythore manua*	Libélulas	-	Sí
Perú	Alto Madre de Dios	Manu	*Oreiallagma quadricolor*	Libélulas	-	Sí
Ecuador	Alto Guayllabamba	Maquipucuna-Río Guayllabamba	*Astroblepus fissidens*	Peces	-	Sí
Ecuador	Alto Río Blanco y Alto Guayllabamba	Mindo y Estribaciones Occidentales del volcán Pichincha	*Astroblepus mindoensis*	Peces	-	Sí
Ecuador	Alto Río Blanco y Alto Guayllabamba	Mindo y Estribaciones Occidentales del volcán Pichincha	*Heteropodagrion sanguinipes*	Libélulas	-	Sí
Bolivia	Bajo Paraguá	Noel Kempff Mercado	*Corydoras albolineatus*	Peces	-	Sí
Bolivia	Bajo Paraguá	Noel Kempff Mercado	*Corydoras isbrueckeri*	Peces	-	Sí
Ecuador	N/A	P. Nacional Sumaco Napo-Galeras y Baeza Lumbaqui	*Mesamphiagrion ecuatoriale*	Libélulas	-	Sí
Perú	N/A	Pacaya Samiria	*Apistogramma cinilabra*	Peces	VU	Sí
Perú	N/A	Pacaya Samiria	*Otocinclus cocama**	Peces	EN	Sí
Perú	N/A	Pacaya Samiria	*Apistogramma rositae*	Peces	-	Sí
Perú	N/A	Pacaya Samiria Zona Amortiguamiento	*Apistogramma cinilabra*	Peces	VU	Sí
Perú	N/A	Pacaya Samiria Zona Amortiguamiento	*Otocinclus cocama**	Peces	EN	Sí
Colombia	Río La Miel	Páramos del Sur de Antioquia	*Mesamphiagrion rosseri*	Libélulas	VU	Sí
Perú	Río Aguaytía	Parque Nacional Cordillera Azul	*Tahuantinsuyoa macantzatza*	Peces	-	Sí
Colombia	N/A	Parque Nacional Natural Chingaza	*Astroblepus latidens*	Peces	VU	Sí
Colombia	N/A	Parque Nacional Natural Paramillo	*Brycon fowleri*	Peces	VU	Sí
Ecuador	N/A	Parque Nacional Podocarpus	*Archaeopodagrion armatum*	Libélulas	-	Sí
Perú	Alto Río Huallaga	Parque Nacional Tingo María	*Metaleptobasis brevicauda*	Libélulas	-	Sí
Perú	Alto Río Huallaga	Parque Nacional Tingo María	*Pimelodella montana*	Peces	-	Sí
Perú	Alto Río Huallaga	Parque Nacional Tingo María	*Philogenia umbrosa*	Libélulas	-	Sí
Perú	Alto Río Huallaga	Parque Nacional Tingo María	*Aphylla robusta*	Libélulas	-	Sí
Colombia	Río Coello	Quebrada Cay (extensión del Cañón del Río Combeima KBA)	*Bryconamericus tolimae*	Peces	VU	Sí

País	ZMC	ACB	Especie determinante	Grupo	C1	C2
Colombia	Río Coello	Quebrada Cay (extensión del Cañón del Río Combeima KBA)	*Trichomycterus transandianus*	Peces	VU	Sí
Colombia	N/A	Quebrada Las Lajitas	*Telebasis farcimentum*	Libélulas	VU	Sí
Perú	Alto Madre de Dios	Quincemíl	*Anablepsoides parlettei*	Peces	VU	Sí
Perú	Río Nanay	Quisto Cocha	*Anablepsoides speciosus**	Peces	CR	Sí
Perú	Río Nanay	Quisto Cocha	*Cheirodon ortegai*	Peces	-	Sí
Perú	Río Nanay	Quisto Cocha	*Philogenia compressa*	Libélulas	-	Sí
Perú	Río Nanay	Quisto Cocha	*Laimosemion rectocaudatus*	Peces	-	Sí
Perú	Río Nanay	Quisto Cocha	*Apistogramma eremnopyge*	Peces	-	Sí
Perú	Río Nanay	Quisto Cocha	*Epipleoneura protostictoides*	Libélulas	-	Sí
Perú	Río Nanay	Quisto Cocha	*Neuraeschna mayoruna*	Libélulas	-	Sí
Ecuador	N/A	Reserva Biológica Limoncocha	*Peruviogomphus pearsoni*	Libélulas	-	Sí
Ecuador	N/A	Reserva Biológica Limoncocha	*Aphylla silvatica*	Libélulas	-	Sí
Perú	Alto Madre de Dios	Reserva Comunal Amarakaeri	*Attonitus bounites*	Peces	VU	-
Perú	N/A	Reserva Comunal El Sira	*Polythore koepckei*	Libélulas	-	Sí
Perú	N/A	Reserva Comunal El Sira	*Polythore spaeteri*	Libélulas	-	Sí
Ecuador	Alto Guayllabamba	Reserva Ecológica Cotacachi-Cayapas	*Astroblepus fissidens*	Peces	-	Sí
Ecuador	Alto Río Blanco	Reserva Ecológica los Illinizas y alrededores	*Heteropodagrion sanguinipes*	Libélulas	-	Sí
Bolivia	N/A	Río Achira	*Argia rosseri*	Libélulas	-	Sí
Perú	Río Aguaytía	Río Aguaytía	*Corydoras coriatae*	Peces	-	Sí
Perú	Río Aguaytía	Río Aguaytía	*Aposturisoma myriodon**	Peces	CR	Sí
Perú	Río Aguaytía	Río Aguaytía	*Hemibrycon mikrostiktos*	Peces	-	Sí
Perú	Río Aguaytía	Río Aguaytía	*Tahuantinsuyoa macantzatza*	Peces	-	Sí
Colombia	Río Dagua-Anchicayá	Río Anchicayá	*Parastremma sadina*	Peces	-	Sí
Colombia	Ríos Dagua-Anchicayá	Río Anchicayá	*Astroblepus heterodon*	Peces	VU	Sí
Colombia	Ríos Dagua-Anchicayá	Río Anchicayá	*Andinoacara biseriatus*	Peces	VU	Sí
Colombia	Ríos Dagua-Anchicayá	Río Anchicayá	*Astyanax daguae*	Peces	EN	Sí
Colombia	Ríos Dagua-Anchicayá	Río Anchicayá	*Cichlasoma gephyrum*	Peces	EN	Sí
Colombia	Ríos Dagua-Anchicayá	Río Anchicayá	*Gymnotus henni*	Peces	VU	Sí
Colombia	Ríos Dagua-Anchicayá	Río Anchicayá	*Apteronotus spurrellii*	Peces	VU	Sí
Colombia	Ríos Dagua-Anchicayá	Río Anchicayá	*Astroblepus ventralis*	Peces	VU	Sí
Colombia	Ríos Dagua-Anchicayá	Río Anchicayá	*Pseudochalceus kyburzi*	Peces	-	Sí
Colombia	Ríos Dagua-Anchicayá	Río Anchicayá	*Cora aurea*	Libélulas	-	Sí
Colombia	Río Bogota	Río Bogotá	*Mesamphiagrion nataliae**	Libélulas	EN	Sí
Colombia	Río Bogota	Río Bogotá	*Mesamphiagrion demarmelsi*	Libélulas	EN	Sí
Bolivia	Chapare Secure	Río Chapare	*Oligosarcus schindleri*	Peces	EN	Sí
Bolivia	Chapare Secure	Río Chapare	*Knodus shinahota**	Peces	CR	Sí
Perú	Alto Madre de Dios	Río Inambari y Araza	*Hyphessobrycon nigricinctus*	Peces	VU	Sí
Colombia	Río Lebrija	Río Lebrija	*Gymnotus ardilai**	Peces	EN	Sí
Colombia	Río Lebrija	Río Lebrija	*Lebiasina floridablancaensis*	Peces	-	Sí
Colombia	Río Lebrija	Río Lebrija	*Trichomycterus ruitoquensis*	Peces	-	Sí
Perú	Río Alto Marañón	Río Marañón	*Astroblepus labialis*	Peces	-	Sí
Perú	Río Alto Marañón	Río Marañón	*Astroblepus supramollis*	Peces	VU	Sí
Perú	Río Alto Marañón	Río Marañón	*Chaetostoma mollinasum*	Peces	-	Sí
Perú	Río Alto Marañón	Río Marañón	*Microgenys lativirgata*	Peces	-	Sí
Perú	Alto Madre de Dios	Rio Marcapata	*Ancistrus marcapatae**	Peces	EN	Sí
Perú	Alto Madre de Dios	Río Marcapata	*Hemibrycon inambari*	Peces	-	Sí
Perú	Alto Madre de Dios	Río Marcapata	*Anablepsoides lineasoppilatae*	Peces	VU	Sí
Colombia	N/A	Río Oibita	*Callichthys oibaensis*	Peces	-	Sí
Colombia	Río Coello	Río Opia	*Acostaea rivolii**	Moluscos	CR	Sí
Colombia	Río Prado	Río Prado	*Ancistrus tolima**	Peces	EN	Sí
Colombia	Río La Vieja	Río Roble	*Ancistrus vericaucanus*	Peces	EN	Sí

País	ZMC	ACB	Especie determinante	Grupo	C1	C2
Colombia	Río Nare	Río Samaná Norte	*Palaemnema croceicauda**	Libélulas	CR	Sí
Colombia	Río Nare	Río Samaná Norte	*Philogenia cristalina*	Libélulas	VU	Sí
Colombia	Río Nare	Río Samaná Norte	*Teinopodagrion temporale*	Libélulas	VU	Sí
Colombia	Río Nare	Río Samaná Norte	*Astroblepus homodon*	Peces	NA	Sí
Perú	Río Aguaytía	Río San Alejandro	*Anablepsoides elongatus*	Peces	-	Sí
Perú	Río Aguaytía	Río San Alejandro	*Moenkhausia margitae*	Peces	-	Sí
Perú	Río Aguaytía	Río San Alejandro	*Panaqolus albivermis**	Peces	EN	Sí
Colombia	Río San Juan	Río San Juan	*Trichomycterus unicolor**	Peces	EN	Sí
Colombia	Río San Juan	Río San Juan	*Imparfinis spurrellii**	Peces	EN	Sí
Colombia	Río San Juan	Río San Juan	*Chaetostoma palmeri**	Peces	EN	Sí
Bolivia	Río San Pablo	Río San Pablo	*Aphyolebias claudiae**	Peces	CR	Sí
Ecuador	Alto Río Napo	Río Sinde	*Telebasis flammeola**	Libélulas	EN	Sí
Ecuador	Alto Río Blanco	Río Toachi-Chiriboga	*Heteropodagrion sanguinipes*	Libélulas	-	Sí
Ecuador	Alto Río Blanco	Río Toachi-Chiriboga	*Philogenia monotis*	Libélulas	EN	Sí
Colombia	Río Calenturitas	Río Tucuy	*Parodon alfonsoi**	Peces	EN	Sí
Perú	Alto Madre de Dios	Ríos Inambari y Araza	*Anablepsoides lineasoppilatae*	Peces	VU	Sí
Perú	Alto Madre de Dios	Ríos Inambari y Araza	*Hemibrycon inambari*	Peces	-	Sí
Colombia	Río La Miel	Selva de Florencia	*Astroblepus cyclopus*	Peces	VU	-
Colombia	Arroyos costeros Planicie Caribe	Serranía de Coraza y Montes de María	*Austrofundulus myersi*	Peces	EN	Sí
Colombia	Arroyos costeros Planicie Caribe	Serranía de Coraza y Montes de María	*Creagrutus nigrostigmatus*	Peces	EN	Sí
Colombia	N/A	Serranía de los Yariguíes	*Astroblepus latidens*	Peces	VU	Sí
Colombia	Arroyos costeros Planicie Caribe	Sistema De Manglar Y Lagunar Ciénaga De La Caimanera	*Austrofundulus myersi*	Peces	EN	Sí
Colombia	Arroyos costeros Planicie Caribe	Sistema De Manglar Y Lagunar Ciénaga De La Caimanera	*Creagrutus nigrostigmatus*	Peces	EN	Sí
Colombia	Páramo Belmira	Páramo Belmira	*Mesamphiagrion gaudiimontanum*	Libélulas	EN	Sí
Colombia	Páramo Belmira	Sistema De Páramos Y Bosques Altoandinos Del Noroccidente Medio Antioqueño + extensión	*Mesamphiagrion santainense*	Libélulas	EN	Sí
Colombia	Páramo Belmira	Páramo Belmira	*Rhionaeschna caligo**	Libélulas	EN	Sí
Perú	N/A	Tarapoto	*Philogenia peruviana*	Libélulas	-	Sí
Ecuador	Río Cachaví	Territorio Étnico Awá y alrededores	*Sicydium rosenbergii*	Peces	-	Sí
Ecuador	Río Cachaví	Territorio Étnico Awá y alrededores	*Sturisomatichthys frenatus**	Peces	CR	Sí
Ecuador	Río Cachaví	Territorio Étnico Awá y alrededores	*Hypostomus annectens*	Peces	VU	Sí
Perú	Alto Madre de Dios	Valle de Cosñipata	*Attonitus bounites*	Peces	VU	-
Ecuador	Alto Guayllabamba	Valle de Guayllabamba	*Astroblepus fissidens*	Peces	-	Sí

3.2 ACB terrestres existentes adoptadas para especies determinantes de agua dulce.

ACB Existentes Adoptadas	País
Cotapata	Bolivia
Cañón del Río Combeima	Colombia
Haciendas Ganaderas del Norte del Cauca	Colombia
La Forzosa-Santa Gertrudis	Colombia
Laguna de Tota	Colombia
Paramos del Sur de Antioquia	Colombia
Parque Nacional Natural Chingaza	Colombia
Parque Nacional Natural Paramillo	Colombia
Selva de Florencia	Colombia
Serranía de los Yariguíes	Colombia
Cordillera del Cóndor (Ecuador)	Ecuador
Corredor Ecologico Llanganates-Sangay	Ecuador
Maquipucuna-Río Guayllabamba	Ecuador
Mindo y Estribaciones Occidentales del volcán Pichincha	Ecuador
P. Nacional Sumaco Napo-Galeras y Baeza Lumbaqui	Ecuador
Parque Nacional Podocarpus	Ecuador

ACB Existentes Adoptadas	País
Reserva Ecológica Cotacachi-Cayapas	Ecuador
Reserva Ecológica los Illinizas y alrededores	Ecuador
Rio Toachi-Chiriboga	Ecuador
Territorio Étnico Awá y alrededores	Ecuador
Valle de Guayllabamba	Ecuador
Cordillera del Cóndor (Peru)	Perú
Valle de Cosñipata	Perú
Kosnipata Carabaya	Perú
Lago de Junín	Perú
Manu	Perú
Parque Nacional Cordillera Azul	Perú
Parque Nacional Tingo María	Perú
Quincemil	Perú
Reserva Comunal El Sira	Perú
Río Marañón	Perú
Río Marcapata	Perú
Tarapoto	Perú

3.3 Áreas Protegidas y Sitios Ramsar adoptados para especies determinantes de agua dulce.

Áreas Protegidas y Sitios Ramsar Adoptados	País
Noel Kempff Mercado	Bolivia
Cenagoso Del Bajo Sinú	Colombia
Cuenca Alta Del Río Quindío Salento	Colombia
Del Sistema Manglarico Del Sector De La Boca De Guacamaya	Colombia
El Corchal el Mono Hernández	Colombia
Los Katios	Colombia
Rio Anchicayá	Colombia
Serranía de Coraza y Montes de María	Colombia
Sistema de Manglar y Lagunar Ciénaga de La Caimanera	Colombia
Sistema de Páramos y Bosques Altoandinos Del Noroccidente Medio Antioqueño	Colombia

Áreas Protegidas y Sitios Ramsar Adoptados	País
Sitio Ramsar Reserva Biológica Limoncocha	Ecuador
Allpahuayo Mishana	Perú
Alto Nanay- Pintuyacu Chambiraa	Perú
Amarakaeri Communal Reserve	Perú
Ampiyacu-Apayacu Zona Amortiguamiento	Perú
Bahuaja Sonene	Perú
Bahuaja Tambopata Zona Amortiguamiento	Perú
Cordillera Azul Zona Amortiguamiento	Perú
El Sira Zona Amortiguamiento	Perú
Junín Zona Amortiguamiento	Perú
Sitio Ramsar Pacaya Samiria	Perú
Pacaya Samiria Zona Amortiguamiento	Perú

3.4 Nuevas ACB de agua dulce delimitadas.

Nuevas ACB de agua dulce	País
Alto Río San Pablo Poza	Bolivia
Bajo Paraguá Sistema Hídrico Subterráneo	Bolivia
Lagos Vacas Angostura Alalay	Bolivia
Río Achira	Bolivia
Río Chapare	Bolivia
Río San Pablo	Bolivia
Bajo Río La Miel - Río Samaná Sur	Colombia
Quebrada Las Lajitas	Colombia

Nuevas ACB de agua dulce	País
Río Bogotá	Colombia
Río Lebrija	Colombia
Río Oibita	Colombia
Río Opia	Colombia
Río Prado	Colombia
Río Roble	Colombia
Río Samaná Norte	Colombia
Río San Juan	Colombia

Nuevas ACB de agua dulce	País
Río Tucuy	Colombia
Laguna San Pablo y Zona de Captación	Ecuador
Río Sinde	Ecuador
Cabecera Huallaga	Perú
Cabecera Río Perené	Perú

Nuevas ACB de agua dulce	País
Quisto Cocha	Perú
Río Aguaytía	Perú
Río San Alejandro	Perú
Alto Perené en Acobamba	Perú

3.5 Organizaciones/individuos identificados como potencialmente interesados en el manejo/promoción de las ACB de agua dulce identificadas.

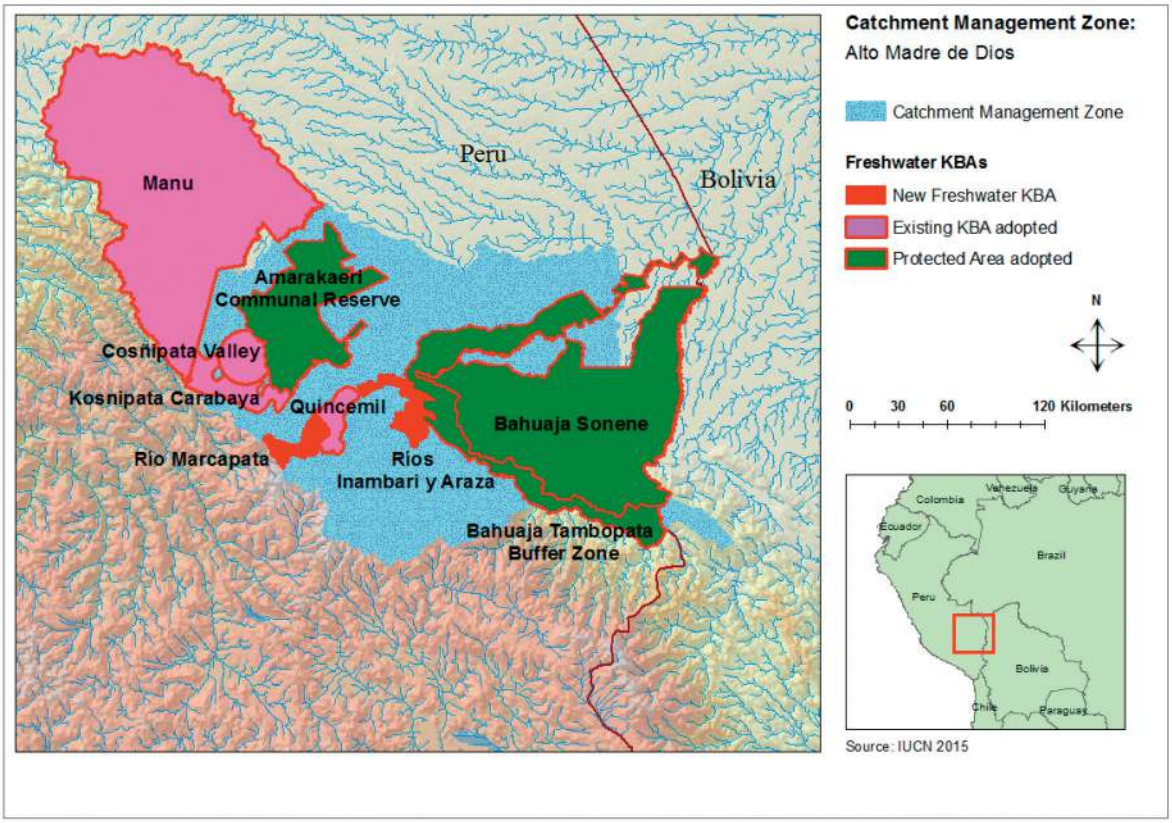
País	Zona de Manejo de Cuenca ZMC	Actores Interesados
Bolivia	Alto Beni	Cotapata Parque Nacional Fundación Renace Serranía Bella Vista
Bolivia	Alto Río San Pablo	Cámara Agropecuaria del Oriente (Productores Industriales de Soja) Gobierno del Departamento de Santa Cruz
Bolivia	Bajo Paraguá	Parque Nacional Noel Kempff Mercado
Bolivia	Chapare Secure	Gobierno Autónomo Municipal de Villa Tunari
Bolivia	Ríos de Cochabamba	Gobierno Autónomo Municipal de Cochabamba
Colombia	Arroyos Costeros Planicie Caribe	Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (CARDIQUE) Reserva Natural de la Sociedad Civil Sanguare Corporación para el Desarrollo Sostenible de la Mojana y el San Jorge (CORPOMOJANA)
Colombia	Páramo Belmira	Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquía (Corantioquia) Universidad de Antioquía Universidad Nacional
Colombia	Río Bogotá	CAR Bogotá Universidad Nacional de Colombia Universidad Javeriana Universidad de los Andes
Colombia	Río Calenturitas	Corporación Autónoma Regional del Cesar (CORPOCESAR) BRODECO MINING COMP.
Colombia	Río Coello	Universidad del Tolima Corporación Autónoma Regional del Tolima (CORTOLIMA) USOCOELLO Red de Reservas de Sociedad Civil
Colombia	Río La Miel	ISAGEN Corporación Autónoma Regional De Caldas (CORPOCALDAS) Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA)
Colombia	Río La Vieja	Corporación Autónoma Regional de Risaralda (CARDER) Corporación Autónoma Regional Del Quindío (CRQ) Parque Nacional Los Nevados Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) Universidad del Quindío (Reserva el Ocaso) CAS
Colombia	Río Lebrija	Universidad Industrial de Santander S.A.E.S.P (Electrificadora de Santander S.A.E.S.P.)
Colombia	Río Nare	Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro-Nare (CORNARE) Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (CORANTIOQUIA) Universidad de Antioquia EPM CEMENTOS ARGOS CEMEX ISAGEN
Colombia	Río Prado	Universidad del Tolima CorTolima EMGESA

País	Zona de Manejo de Cuenca ZMC	Actores Interesados
Colombia	Río San Juan	Corporación Autónoma Regional de Risaralda (CARDER) CODE CHOCO Parque Nacional Tatamá Universidad Tecnológica del Chocó CVC
Colombia	Río Dagua-Anchicayá	Reserva Forestal Protectora Nacional Río Anchicayá. Parque Nacional Natural Los Farallones De Cali. Reserva Forestal Protectora Nacional de los Ríos Escalerete y San Cipriano. EcoPetrol Universidad ICESI
Colombia	Páramo Belmira	Universidad CES
Colombia	Río Bogotá	Empresa de Acueducto de Bogotá. Ministerio del Ambiente.
Colombia	Río Telembí	Fundación ProAves-El Pangan Reserva Natural de las Aves
Ecuador	Alto Guayllabamba	Universidad Central del Ecuador - Carrera de Ciencias Biológicas y Ambientales. Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales Municipalidad de Quito. ONGs (Maquicupuna, Pauma, among others)
Ecuador	Alto Río Blanco	Universidad Central del Ecuador - Carrera de Ciencias Biológicas y Ambientales. Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales. ONGs (Maquicupuna, Pauma, among others). Municipalidad de Quito
Ecuador	Alto Río Napo	Universidad San Francisco de Quito. Universidad Central del Ecuador - Carrera de Ciencias Biológicas y Ambientales (Estación del Oglan) Fundación Arajuno Universidad Amazónica Centro Puka Rumi Universidad Kiam
Ecuador	Río Cachaví	Universidad Católica de Esmeraldas Nacionalidad Awa
Ecuador	Río Pastaza-Bobonaza	Universidad Central del Ecuador - Carrera de Ciencias Biológicas y Ambientales. Parque Nacional Sangay Parque Nacional Llanganates
Ecuador	Sistema Hídrico Imbakucha	Universidad Católica - Sede Imbabura. Universidad Técnica del Norte
Perú	Alto Río Huallaga	Panguana - Biological Research Station of the Zoological State Collection Munich Parque Nacional Cordillera Azul (REDD) Reserva Comunal y Área Protegida Privada El Sira
Perú	Alto Madre de Dios	Asociación Cocha Cashu Parque Nacional Manu Reserva Tambopata ACCA (Asociación para la Conservación de la Cuenca Amazónica) - Río Los Amigos Iniciativas AMARACAERI Project USAID (Training Programmes Aquatic Biology)
Perú	Alto Perené	Santuario Nacional Pampa Hermosa Bosque de Protección Pui Pui
Perú	Alto Río Huallaga	CIMA (Cordillera Azul Parque Nacional)
Perú	Río Aguaytía	CIMA (Cordillera Azul Parque Nacional)
Perú	Río Nanay	Gobierno Regional Loreto. Gobierno Autónomo Municipal de Iquitos (Quisto Cocha)

3.6 Ejemplo de una ficha de Zona de Manejo de Cuenca

KBA CATCHMENT MANAGEMENT ZONE FACT SHEET

Countries	Peru /Bolivia
KBA Catchment Management zone (CMZ)	Alto Madre de Dios
Freshwater KBAs within CMZ	Two new KBAs have been delineated: 1) 'Río Marcapata KBA' is an AZE site for *Chaetostoma marcapatae* and also supports the trigger species *Hemibrycon inambari*. This new KBA is a possible extension to the existing Quincemil IBA which uses the river as a boundary. 2) 'Ríos Inambari y Araza KBA' has been delineated for the following trigger species: *Hyphessobrycon nigricinctus, Anablepsoides lineasoppilatae* and *Hemibrycon inambar*i. This KBA partially overlaps with Bahuaja Tambopata buffer zone which uses the river as a boundary. In addition, seven existing KBAs/PAs have been adopted as they support a number of freshwater trigger species: Cosñipata Valley (1 spp); Bahuaja Tambopata buffer zone (2 spp); Bahuaja Sonene (2 spp); and Amarakaeri Communal Reserve (1 spp); Quincemil (1 spp); Manu (2 spp); and Kosnipata Carabaya (1 spp).
Focal Areas for freshwater trigger species within existing KBAs / PAs	Five focal areas have been identified; one for *Chaetostoma marcapatae* (endemic to the Río Marcapata - possibly in Quincemil IBA); one for *Hyphessobrycon nigricinctus* (endemic to the Inambari and Araza Focal Area but may also be found in the Bahuaja Tambopata buffer zone); one for *Cora parda* (within the Bahuaja Sonene National Park where it is endemic); one for *Polythore manua* (in the Manu National Park); and one *for Oreiallagma quadricolor* (which is found in Manu NP and the Kosnipata Carabaya KBA).
CMZ description	Permanent rivers flowing through the Amazon rainforest (up to 1,000 m)
Management recommended at catchment scale	Yes
Management recommended within freshwater KBAs	Incorporating freshwater biodiversity into existing National Park management plans.



Freshwater trigger species in the KBA Catchment Management Zone

See the species IUCN Red List accounts for more information www.iucnredlist.org

Group	*BINOMIAL*	KBA Criteria	Notes
Fishes	*Hyphessobrycon nigricinctus*	1,2	Endemic to the trigger sub-catchment and possibly endemic to the Ríos Inambari y Araza KBA. It may also be found in the Bahuaja Tambopata buffer zone.
Fishes	*Anablepsoides christinae*	2	
Fishes	*Attonitus bounites*	1	The species exists in the existing Cosñipata Valley KBA; Bahuaja Tambopata buffer zone; Bahuaja Sonene; and Amarakaeri Communal Reserve. Possibly found in the Río Marcapata KBA and Ríos Inambari y Araza KBA.
Fishes	*Anablepsoides lineasoppilatae*	1,2	Endemic to the trigger sub-catchment and possibly endemic to the Río Marcapata KBA and Ríos Inambari y Araza KBA. This species is possibly found in the Bahuaja Tambopata buffer zone.
Fishes	*Anablepsoides parlettei*	1,2	Endemic to the Quincemil IBA.
Fishes	*Ancistrus marcapatae*	1,2	AZE species endemic to the Río Marcapata KBA but is possibly found in the Quincemil IBA.
Fishes	*Hemibrycon inambari*	2	Endemic to the trigger sub-catchment. Found in the Río Marcapata and Ríos Inambari y Araza KBAs. Possibly present in the Bahuaja Tambopata buffer zone.
Fishes	*Ancistrus heterorhynchus*	2	Endemic to the trigger sub-catchment and possibly found in the Ríos Inambari y Araza KBA.
Odonata	*Cora parda*	2	Endemic to the trigger sub-catchment and endemic to the Bahuaja Sonene National Park.
Odonata	*Polythore manua*	2	Endemic to the trigger sub-catchment and found in the Tambopata buffer zone and the Manu National Park/ IBA.
Odonata	*Oreiallagma quadricolor*	2	This species is possibly endemic to the Kosnipata Carabaya IBA and Manu National Park.

Protected areas that overlap with KBA Catchment Management Zone

COUNTRY	NAME	DESIG_ENG	DESIG_TYPE	STATUS
PER	Tambopata	National Reserve	National	Designated
PER	San Juan Bautista	Private Regional Administration	National	Designated
PER	Boa Wadack Dari	Private Regional Administration	National	Designated
PER	Bahuaja Sonene	National Park	National	Designated
PER	Amarakaeri	Communal Reserve	National	Designated
PER	Japu - Bosque Ukumari Llaqta	Private Regional Administration	National	Designated
PER	Manú National Park	World Heritage Site	International	Designated
PER	Manu	National Park	National	Designated
PER	Megantoni	National Sanctuary	National	Designated
PER	Bosque Nublado	Private Regional Administration	National	Designated
PER	Pillco Grande- Bosque de Pumataki	Private Regional Administration	National	Designated
BOL	Madidi	National Park	National	Designated

Freshwater habitats present

HABITAT
5.1_Permanent_Rivers/Streams/Creeks (includes_waterfalls)

Threats to freshwater systems present

THREATS	Notes
2.1_Annual_&_perennial_non-timber_crops	Yes
2.2_Wood_&_pulp_plantations	Yes
3.2_Mining_&_quarrying	Alluvial gold mining
9.1_Domestic_&_urban_waste_water	Yes
9.2_Industrial_&_military_effluents	Pollution (mercury) from gold mining

Conservation actions

ACTIONS	Current	Recommended	Notes
1.1_Site/area_protection	Yes		Several Protected Areas
2.1_Site/area_management	Yes		
4.1_Formal_education	Yes		
4.3_Awareness_&_communications	Yes		
5.3_Private_sector_standards_&_codes	Yes		

References

Authors

Ortega H. Hidalgo M. Hoffman J.

Citation

IUCN Freshwater Biodiversity Unit (2015) *KBA Catchment Management Zone Factsheet: Alto Madre de Dios, Peru/Bolivia*.

Glossary of terms

KBA Catchment Management Zone (CMZ): *Landscape (basin) scale* management unit for the KBA, based on hydrological connectivity and shared species/habitats.
Key Biodiversity Area (KBA): A potentially manageable unit at the *site scale* that contributes significantly to the global persistence of biodiversity.
Focal Area: Specific areas of particular importance for survival of the species.
KBA Trigger Species: Species that meet KBA criteria & thresholds and would benefit from site scale conservation actions.

To provide new information to update this factsheet or to correct any errors, please email IUCN at freshwater.biodiversity@iucn.org

LA LISTA ROJA DE ESPECIES AMENAZADAS DE LA UICN™

UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA

SEDE MUNDIAL
Rue Mauverney 28
1196 Gland
Switzerland
Tel: + 41 22 999 0000
Fax: + 41 22 999 0020
www.iucn.org/species
www.iucnredlist.org