

Grúas II

Propuesta de ordenamiento territorial para la conservación de la biodiversidad en Costa Rica



ANÁLISIS DE VACÍOS DE CONSERVACIÓN EN COSTA RICA

VOLUMEN II.

ANÁLISIS DE VACÍOS EN LA REPRESENTATIVIDAD E INTEGRIDAD DE LA BIODIVERSIDAD DE LOS SISTEMAS DE AGUAS CONTINENTALES

2007



Sistema Nacional de
Áreas de Conservación
(SINAC)

ANÁLISIS DE VACÍOS DE CONSERVACIÓN EN COSTA RICA

VOLUMEN II.

Análisis de Vacíos en la Representatividad e Integridad de la Biodiversidad de los sistemas de aguas continentales

2007



333.72

S6232g

Sistema Nacional de Áreas de Conservación SINAC

Grúas II. Análisis de vacíos de conservación en Costa Rica :

Vol II. Análisis de Vacíos en la Representatividad e Integridad

de la Biodiversidad de los sistemas de aguas continentales /

SINAC-MINAE. – 1 ed.—

San José, C.R. : Asociación Conservación de la Naturaleza, 2007.

102 p. : 22 X 28 cms.

ISBN: 978-9968-9660-4-7

1. Áreas Protegidas – Conservación. 2. Biodiversidad – Costa Rica.

I. Título

Título:

GRUAS II: Propuesta de Ordenamiento Territorial para la conservación de la biodiversidad de Costa Rica.

Volumen 2:

Análisis de Vacíos en la Representatividad e Integridad de la Biodiversidad de los sistemas de aguas continentales.

Autor: Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC)

Acerca de esta publicación:

Las publicaciones del SINAC gozan de protección de los derechos de propiedad intelectual en virtud del protocolo anexo a la Convención Universal sobre Derechos de Autor.

Revisión y edición técnica:

Mario Coto

Gustavo Induni y

Bernal Herrera

Diagramación: Kerigma Comunicación

Impresión: Impresos Ruiz

Citar como:

Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE).

2007. GRUAS II: Propuesta de Ordenamiento Territorial para la conservación de la biodiversidad de Costa Rica. Volumen 2: *Análisis de Vacíos en la Representatividad e Integridad de la Biodiversidad de los sistemas de aguas continentales*. San José, C.R. 102 pp.

Extractos de esta publicación pueden citarse sin previa autorización con la condición de que se mencione la fuente.

Autores del Documento Central:

Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC)

El Equipo Ejecutor del Proyecto:

Pia Paaby, Pablo Imbach, Lenín Corrales, Marco Castro, Fernando Secaira, Maarten Kappelle.

Con Contribuciones de:

Elvis Arias en GRUAS II, Gerardo Umaña-CIMAR, Mónica Springer-UCR, Antonio Porras-PREPAC/OIRSA, Carlos Borge-SEDER, Alejandro Jiménez-UICN, Anny Chaves-ICE, Carlos Gamboa-ICE, Luisa Castillo-UNA, Daniela Lizano-TNC, Gustavo Induni-SINAC y Maribel Mafla-ANAI.

El Equipo Director:

Marco Vinicio Araya, Gerente de Áreas Protegidas, SINAC; Zdenka Piskulich, Directora, TNC Costa Rica; Jorge Mario Rodríguez, Director, FONAFIFO; Manuel Ramírez, Director, CI Mesoamérica Sur; Luis Rojas, Director, COBODES; Randall García, Director Adjunto INBio; Jenny Asch, Áreas protegidas SINAC; e Irene Suárez, Gerente de Estrategias Nacionales, TNC Costa Rica.

El Equipo Técnico del Proyecto:

Gustavo Induni, Áreas Protegidas, SINAC; Francisco Gonzáles, Gerente de Planificación, SINAC; Lenín Corrales, Científico Regional, TNC; Bernal Herrera, Director de Ciencia, TNC Costa Rica; Jim Barborak, Director Unidad de Áreas Protegidas y Corredores Programa para México y Centroamérica, CI; Jaime García-Moreno, Director de Biodiversidad y Conservación de Especies Programa para México y Centro América, CI; Luis Murillo, Coordinador Regional para Costa Rica y Panamá, CI; Marco Quesada, Coordinador del Programa Marino Mesoamérica Sur, CI; Alejandro Álvarez, CI; José Alberto Cubero, Sistemas de Información Geográfica, FONAFIFO; Alberto Méndez, Sistemas de Información Geográfica, FONAFIFO; Heiner Acevedo, Sistemas de Información Geográfica INBio.

Instituciones Colaboradoras:

- INBIO

Instituciones Financiadoras:

- The Nature Conservancy (TNC)

DEDICACIÓN

Este enorme esfuerzo ha sido realizado durante 18 meses y se lo ofrecemos a las generaciones actuales dedicadas o interesadas en el mantenimiento de nuestros recursos acuáticos continentales así como y particularmente, a las futuras generaciones que tendrán sobre sus hombros el mejoramiento de estos esfuerzos.

AGRADECIMIENTOS

Todos los involucrados en el desarrollo de este documento expresamos nuestro agradecimiento a aquellas instituciones gubernamentales y privadas, proyectos de investigación y conservación de la biodiversidad y el desarrollo sostenible; así como de individuos dedicados a la ciencia y la causa de la conservación en Costa Rica que invirtieron su tiempo y esfuerzo en la generación de información que fue utilizada en este trabajo.

Contenido

Abreviaturas y Acrónimos.....	VI
-------------------------------	----

Índice de Cuadros.....	VII
------------------------	-----

Índice de Figuras	VIII
-------------------------	------

Índice de Anexos	IX
------------------------	----

1. Antecedentes..... 2

- 1.1. Costa Rica y los esfuerzos de conservación2
- 1.2. Situación actual: problemática.....2
- 1.3. El Plan Ecoregional de Mesoamérica3

2. Generalidades del país 4

- 2.1. Geología.....4
- 2.2. Relieve4
- 2.3. Clima.....5
- 2.4. Los Sistemas de Aguas Continentales en Costa Rica.....5
- 2.5. Los Esfuerzos de Conservación de los Sistemas de Aguas Continentales.....7

3. Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad de agua dulce en Centroamérica .. 8

4. Problemática 9

5. Justificación..... 10

6. Marco conceptual 11

- 6.1. Conservación de Sistemas de Aguas Continentales11
- 6.2. Los Sitios RAMSAR.....11
- 6.3. Estratificación de los Elementos de la Biodiversidad Acuática..... 12
- 6.4. El Análisis de Vacíos en Sistemas de Agua Dulce.....14

7. Proceso metodológico 15

- 7.1. Las Etapas de Trabajo.....16
- 7.2. La Información16
- 7.3. Las Herramientas17
- 7.4. La Validación17

8. Los elementos de la biodiversidad 18

- 8.1. Los Sistemas Ecológicos Lénticos18
- 8.2. Los Sistemas Ecológicos Lóticos 20
- 8.3. Las Especies..... 22

9. Las metas y la integridad ecológica de los elementos de la biodiversidad.....	29	11. Conclusiones	46
• 9.1. Los Sistemas Ecológicos Lénticos	29	12. Recomendaciones	49
• 9.2. Los Sistemas Ecológicos Lóticos.....	30	13. Bibliografía	50
• 9.3. Las Especies.....	36		
10. La propuesta de conservación.....	38		
• 10.1. Sistemas Ecológicos Lénticos	38		
• 10.2. Sistemas Ecológicos Lóticos	42		
• 10.3. Las Especies.....	43		

Abreviaturas y Acrónimos

AC	Área de Conservación
ASP	Áreas Silvestres Protegidas
SE	Sistema Ecológico
IE	Integridad Ecológica
CDB	Convención de Diversidad Biológica
COP-7	Convenio de Diversidad Biológica #7
INBio	Instituto Nacional de Biodiversidad
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía
MN	Monumento Nacional
OET	Organización para Estudios Tropicales
PN	Parque Nacional
PSA	Pagos por Servicios Ambientales
RAMSAR	Convención relativa a los Humedales de Importancia Internacional
RF	Reserva Forestal
RVS	Refugio de Vida Silvestre
SIG	Sistema de Información Geográfico
SINAC	Sistema Nacional de Áreas de Conservación
TNC	The Nature Conservancy
UED	Unidad Ecológica de Drenaje
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Sistemas lacustres en Costa Rica (PREPAC-OIRSA 2005).	6
Cuadro 2. Información base para la estratificación a diferentes escalas.	16
Cuadro 3. Los sistemas acuáticos lénticos en las ecorregiones y UED de Costa Rica.	20
Cuadro 4. Representación de los sistemas y macrohábitats lóticos en Costa Rica y en las Áreas Silvestres Protegidas (ASP).	21
Cuadro 5. Especies endémicas de peces en Costa Rica (Bussing (1998), área de distribución total y en Áreas Silvestres Protegidas (ASP).	23
Cuadro 6. La meta para los sistemas ecológicos lénticos en las Unidades Ecológicas de Drenaje (UED) de Costa Rica, en comparación con las ocurrencias presentes en el Sistema de Áreas Protegidas (SAP), y la propuesta correspondiente.	30
Cuadro 7. Criterio para la definición de las metas de conservación para los sistemas ecológicos lóticos en Costa Rica.	30
Cuadro 8. Metas e integridad ecológica de los sistemas ecológicos lóticos de Costa Rica en comparación con las ocurrencias en las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) y el cálculo del vacío correspondiente.	32
Cuadro 9. Propuesta de conservación usando la meta para los sistemas ecológicos lénticos por Unidad Ecológica de Drenaje en Costa Rica.	40

Índice de Figuras

Figura 1. Provincias ícticas (Bussing 1976). Los colores diferencian los límites políticos de los países. 12

Figura 2. Las ecorregiones que convergen en Costa Rica son San Juan (tramado vertical), Estero Real-Tempisque (tramado horizontal), Térraba Coto (tramado inclinado) e Isthmus Caribbean (con puntitos). Las unidades ecológicas de drenaje son las divisiones con coloraciones diferentes. 13

Figura 3. Etapas de trabajo para la identificación de los vacíos en la protección de los sistemas ecológicos de agua dulce en Costa Rica. 15

Figura 4. Modelo de Estratificación para la Clasificación de Sistemas de Agua Dulce (Higgins 2005). 17

Figura 5. Los sistemas lénticos de Costa Rica reportados en el Inventario de Sistemas Lénticos en Centroamérica (PREPAC/OIRSA 2005). 19

Figura 6a. Distribución geográfica total en Costa Rica y en las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) de 1. *Archocentrus myrnae*, 2. *Archocentrus sajica*, 3. *Astatheros diques*, 4. *Brachyraphis olomina*. 24

Figura 6b. Distribución geográfica total en Costa Rica y en las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) de 5. *Brachyraphis rhabdophora* y 6. *Bryconamericus terrabensis*. 7. *Gobiesox potamius*, 8. *Hyphessobrycon savagei*. 25

Figura 6c. Distribución geográfica total en Costa Rica y en las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) de 9. *Nannorhamdia lineada*, 10. *Phallichthys quadripunctatus*, 11. *Piabucina boruca* y 12. *Poeciliopsis paucimaculata*. 26

Figura 6d. Distribución geográfica total en Costa Rica y en las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) de 13. *Priapichthys annectens*, 14. *Pseudocheirodon terrabae*, 15. *Pterobrycon myrnae*, 16. *Rivulus fuscolineatus*, 27

Figura 6e. Distribución geográfica total en Costa Rica y en las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) de 17. *Rivulus glaucus* y 18. *Roeboides ilseae*. 28

Figura 7. Integridad ecológica de los sistemas ecológicos lóticos en Costa Rica. 31

Figura 8. Propuesta para llenar los vacíos en conservación de los sistemas ecológicos lénticos. 39

Figura 9. Sistemas Ecológicos Lóticos Propuestos para Conservación. 43

Figura 10. Área propuesta para el cumplimiento de la meta para las especies endémicas de peces *Archocentrus myrnae* (1), *Bryconamericus terrabae* (6), *Phallichthys quadripunctatus* (10), *Poeciliopsis paucimaculata* (12) y *Rivulus glaucus* (17). 44

Figura 11 Propuesta de conservación que integra los vacíos en la representatividad identificados para los sistemas lénticos, lóticos y especies endémicas de peces. 45

Índice de Anexos

Anexo 1. Revisión Bibliográfica de los Sistemas de Aguas Continentales de Costa Rica. 52

Anexo 2. Marco de Trabajo de acuerdo a la Convención sobre la Biodiversidad Biológica 68

Anexo 3. Inventario de los Sistemas Lénticos del Proyecto PREPAC/OIRSA (2005). 72

Anexo 4. Criterios utilizados para la clasificación de los sistemas lénticos (TNC 2007). 73

Anexo 5. Descripción de los Sistemas Acuáticos Lénticos en Costa Rica..... 74

Anexo 6. Criterios utilizados para la clasificación de los sistemas ecológicos y macrohábitats lénticos (TNC 2007). 76

Anexo 7. Descripción de los Sistemas Ecológicos Lénticos en Costa Rica..... 79

Anexo 8. Lista de Especies de peces, mamíferos acuáticos, anfibios, reptiles, aves acuáticas y macroinvertebrados que se encuentran en la Lista Roja de la UICN y/o son endémicas. 85

Anexo 9. Establecimiento de Metas de Conservación para Sistemas Ecológicos y Macrohábitats de Aguas Continentales. 89

Anexo 10. Metodología implementada para el cálculo de la integridad ecológica de los sistemas ecológicos lénticos en Centroamérica..... 90

1. Antecedentes

1.1. Costa Rica y los esfuerzos de conservación

En el mundo han sido identificadas 34 regiones de alta diversidad de especies y Mesoamérica resalta en importancia por su gran cantidad de especies endémicas, por el rol que juega como corredor para las especies entre las dos masas continentales Norte y Sur América y finalmente por ser el tercero en tamaño (<http://www.biodiversityhotspots.org/xp/Hotspots/mesoamerica/>). Costa Rica se encuentra inmersa en la región Mesoamericana con una cantidad de especies estimada en 500,000, lo cual representa el 5 % de la biodiversidad global (<http://www.inbio.ac.cr/es/biod/ContextoNal.html>). Desde el punto de vista funcional, el país contiene 53 macrotipos de vegetación de acuerdo a la clasificación de Gómez y Herrera (1986); sin embargo, es difícil hacer una comparación con el resto de la región por el vacío existente de una clasificación funcional estandarizada para Mesoamérica. Es posible que la diversidad de sistemas ecológicos tanto terrestres como de agua dulce sea comparativamente alta, como reflejo de la alta heterogeneidad fisiográfica contenida en una pequeña extensión territorial (51,100 km²).

La percepción de contener en el país una relativamente alta diversidad de especies y ecosistemas terrestres ha sido identificada como de importancia para la nación desde el siglo pasado, al realizar esfuerzos de conservación desde 1963 con la creación de la primer área protegida (Cabo Blanco). En la década de 1970 se crea el Servicio de Parques Nacionales y con éste la mayoría de las áreas protegidas que existen en la actualidad (SINAC-MINAE 2003). En las décadas subsiguientes se consolida considerablemente el sistema de protección culminando con el concepto de áreas silvestres protegidas dentro de un sistema de administración amplio conocido como el SINAC-Sistema Nacional de Áreas de Conservación (1989).

Los esfuerzos regionales promovidos por ALIDES (desde 1989 con el Sistema Regional de Áreas Protegidas), el apoyo y compromisos adquiridos dentro de los diversos convenios internacionales (e.g. Diversidad Biológica, RAMSAR, CITES, entre otros) han contribuido en el desarrollo del actual modelo de conservación que mantiene Costa

Rica. Este modelo busca la concentración de acciones, responsabilidades y actividades en cada una de las 11 áreas de conservación, dentro de las cuales se toma las decisiones y se busca la incorporación cercana de la sociedad civil en todos los procesos necesarios para una adecuada conservación de la biodiversidad. Cada una de las diferentes Áreas de Conservación está en diferente grado de evolución y desarrollo, adaptando su modelo a las características propias de la zona cultural, socioeconómica y ambiental en la cual está inmersa.

Así, para febrero de 2003, el 25.1 % del territorio nacional, terrestre y marino, se encuentra bajo alguna categoría de protección, incluyendo 22 macrotipos de vegetación de los 53 definidos que constituyen el 41.4 % de la cobertura boscosa (http://www.inbio.ac.cr/es/biod/estrategia/Paginas/frame_estudio.htm) y dos áreas silvestres marinas. Sin embargo, las áreas protegidas que contienen zona costera incluyen una porción marina, las cuales en sumatoria alcanzan 328,256 ha. En lo relacionado a los sistemas ecológicos de aguas continentales éstos se incluyen bajo la categoría de humedales que integran todo aquel espacio que se encuentra anegado por agua dulce o salobre (77,871.12 ha) se encuentra protegido (SINAC-MINAE 2003). Vale la pena resaltar que el concepto de protección de los sistemas de aguas continentales omite implícitamente considerar la biodiversidad acuática. En términos generales, sin embargo, este escenario administrativo de protección es considerado como único y avanzado en el mundo.

1.2. Situación actual: problemática

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAC) fue concebido y diseñado para el manejo múltiple entre las áreas protegidas, la propiedad privada y fomentar el desarrollo de la economía y la cultura regional (<http://www.sinac.cr/net/informacion.php>). Por lo tanto, en términos generales, el país posee un marco administrativo adecuado para la conservación de los elementos de la biodiversidad. Sin embargo, para aumentar las probabilidades de éxito en el mantenimiento y/o aumento en la viabilidad e integridad ecológica de los elementos de biodiversidad, este marco administrativo (SINAC) debe fundamentarse en una estrategia de conservación que responda a necesidades de conectividad de áreas núcleo y la representatividad de especies y sistemas ecológicos. “A la fecha no existe una estrategia de desarrollo específica para el sistema nacional de áreas silvestres protegidas de Costa Rica. Sin embargo,

el SINAC cuenta con una serie de estrategias que, con su accionar, inciden de uno u otro modo en la gestión de las áreas silvestres protegidas. Entre dichas estrategias cabe mencionar las siguientes: la Estrategia Nacional para la Conservación y Uso de la Biodiversidad (2000), la Estrategia Nacional de Investigación en Recursos Naturales y Culturales (2000), la Estrategia Nacional para la Conservación y el Manejo de la Vida Silvestre (2003), la Estrategia Nacional del Manejo del Fuego en Costa Rica (2006-2011), la Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Racional de los Humedales (2005), la Estrategia Nacional para la Educación Ambiental del SINAC (2005-2010), la Estrategia para el Control de la Tala Ilegal (2002) y la Agenda para las Áreas Silvestres Protegidas Administradas por el SINAC (2003).” (SINAC 2006).

En conclusión, es evidente que aun permanece el vacío de análisis funcional que permita establecer las líneas de acción para mantener la viabilidad de las poblaciones y la integridad ecológica de los varios sistemas ecológicos bajo conservación (Informe V 2006), incluyendo los sistemas de aguas continentales.

1.3. El Plan Ecoregional de Mesoamérica

A partir de finales del año 2005, The Nature Conservancy junto con sus aliados y como parte de su definición de prioridades de conservación, ha venido trabajando en la preparación de una evaluación del estado de salud de

los principales sistemas ecológicos, sus principales fuentes de presión para así lograr la definición de las principales estrategias de conservación. Esta evaluación eco regional considera 16 ecoregiones terrestres (TNC 2005) y 11 ecoregiones de aguas continentales (WWF. 2006 sin publicar).

Adicionalmente, como parte del proceso de apoyo que la organización brinda en el cumplimiento de los acuerdos adquiridos por el Gobierno de Costa Rica en el Plan de Trabajo de Áreas Protegidas de la Convención de la Diversidad Biológica (CBD), entre las cuales se encuentra el desarrollo de análisis de vacíos en los ambientes terrestres, aguas continentales y sistemas marino-costeros.

Dada la complementariedad de los procesos, en términos de datos y metodologías de análisis, TNC se avocó en la preparación del presente documento, como parte de la colaboración de la organización con el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). Es así como, los principales resultados mostrados en este documento han sido generados en un contexto regional, por lo que se espera que este informe complemente una visión geográfica aun más amplia de conservación de la biodiversidad.

2. Generalidades del país

2.1. Geología

Costa Rica se encuentra localizada entre las siguientes coordenadas geográficas: 8°03' y 11°13' de latitud norte y 82°32' y 85°57' de longitud oeste. Incluyendo su área insular, tiene una extensión de 51,100 km². Junto a Belice y El Salvador es una de las repúblicas más pequeñas de América Central. Limita al norte con Nicaragua y al sur con Panamá, al este con el Mar Caribe y al oeste con el Océano Pacífico.

La longitud del litoral comprende 1,228 kilómetros, de los cuales 1,016 están en la costa pacífica y 212 kilómetros, en la costa del Mar Caribe. La costa pacífica es irregular con varias penínsulas, golfos y bahías y, por el contrario, la costa del Caribe es más regular siendo casi una línea interrumpida por unas pequeñas puntas cerca de la ciudad de Limón, Cahuita y Puerto Viejo.

Costa Rica se encuentra en la zona de convergencia de la placa Coco y Caribe. Al sureste del territorio ambas placas interactúan con la de Nazca, caso conocido como punto triple, que está situado en la región del golfo Dulce. El proceso de subducción hace que la placa Coco se esté hundiendo poco a poco bajo la emergente placa del Caribe. Esta se desliza hacia el este produciendo así el surgimiento paulatino del territorio costarricense, con un surgimiento de 10 mm por año.

En el Jurásico Inferior-superior, hace unos 200 millones de años se inició la historia geológica de Costa Rica. Para este período probablemente las masas continentales se encontraban situadas en una posición muy similar a la actual. El proceso orogénico se inició con actividad volcánica, acompañada de surgimiento de dorsales oceánicas y crestas submarinas. Como resultante de este proceso surgió un arco de islas orientado hacia el este, el cual se conocería más tarde como arco externo, representado actualmente por una serie de sierras desgastadas, localizadas en la Península de Nicoya, Herradura, Península de Osa y Punta Burica.

Una intensa actividad volcánica caracterizó a este período y debido a los procesos de erosión que sufren los relieves iniciales, comienza un aumento en la sedimentación de

dichas áreas. Hace unos sesenta millones de años, durante el Eoceno Inferior y Medio, desapareció casi la totalidad del arco externo, emergiendo en forma posterior una serie de islas conocidas con el nombre de Guanarivas.

Durante el Oligoceno, hace 25 millones de años, dichas islas desaparecieron bajo el océano y fueron cubiertas por material detrítico como consecuencia de la degradación y posterior sedimentación de las formaciones recientes.

Debido al intenso vulcanismo originado en los montes del Aguacate, la Cordillera de Talamanca inicia su ascenso a partir del Mioceno (hace 1.8 millones de años), alcanzando la mayor altitud del arco interno. Dicho vulcanismo tiempo después daría origen a la Cordillera Volcánica Central y a la Cordillera de Guanacaste. (Meza Ocampo 1994).

2.2. Relieve

De acuerdo con la constitución del relieve, se encuentra atravesada de NO a SE por cuatro cadenas montañosas: Cordillera de Guanacaste, Cordillera de Tilarán, Cordillera Volcánica Central y Cordillera de Talamanca.

La Cordillera Volcánica de Guanacaste está formada por una fila de conos volcánicos del cuaternario, de los cuales el Rincón de la Vieja y el Arenal presentan actividad volcánica. El Arenal, en el año 1,968, inició un período de actividad espectacular, con emisiones de lava, ceniza y nubes ardientes. En el área adyacente al Volcán Arenal fue construida la mayor represa hidroeléctrica de Costa Rica, aprovechando la existencia de un pequeño lago y canalizando las aguas de otros ríos de la zona. La Cordillera de Tilarán está constituida por rocas volcánicas terciarias donde se han localizado vetas de oro en algunos sectores como Abangares y Miramar.

La Cordillera Volcánica Central se encuentra conformada por cuatro edificios volcánicos: Poás, Irazú, Barva y Turrialba. El segundo presentó gran actividad en el período comprendido entre 1,963 y 1,965; actualmente presenta algunas fumarolas. El Volcán Poás ha tenido actividad geyseriana en diversas ocasiones así como algunas erupciones de ceniza. Un fenómeno que actualmente está afectando sus alrededores es el de la lluvia ácida, la cual constantemente quema los cultivos de hortalizas, legumbres, fresas etc., que se dan en esta área. En las faldas de estos edificios volcánicos se localiza el Valle Intermontano Central.

Estructuralmente la Cordillera de Talamanca es un anticlinal formado por rocas sedimentarias marinas y por rocas volcánicas, cuya formación pertenece a la era Terciaria. Se inicia al este del Valle Central y tiene una orientación NO - SE. El sistema montañoso, al encontrarse más cerca del litoral pacífico, presenta mayor cantidad de accidentes geográficos, mientras que su pendiente es mucho más suave en el sector atlántico. Esta cordillera al adentrarse en territorio panameño recibe el nombre de Chiriquí. Algunas de sus cimas sobrepasan los 3,000 m., tal es el caso de los cerros de la Muerte (3,491), Kámuk (3,554), Urán (3,333) y el Chirripó, el cuál es el más alto del territorio nacional (3,820), donde se han encontrado evidencias de que en épocas pasadas sus cimas estuvieron cubiertas por glaciares.

La región central del país está dividida por los Cerros de la Carpintera, también conocidos como la divisoria continental de aguas, en dos secciones: la oriental y la occidental. Debido a la actividad volcánica y a los materiales posteriormente depositados, la mayoría de las tierras del Valle Central presentan gran fertilidad. El valle oriental está drenado por el río Reventazón que va a desaguar al Caribe con el nombre de Parismina. El valle occidental es drenado por el río Virilla, que al unirse con el Grande de San Ramón forman el río Grande de Tárcoles. En este valle se localiza la capital de la República, San José.

El Valle Central con una extensión de 32,200 km², con una altura promedio de 1,000 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas promedio de 18°- 24° C, es el asiento de las ciudades más importantes del país y de las cabeceras de las provincias de San José, Alajuela, Heredia y Cartago.

El Valle General de Coto Brus se le considera como una depresión geológica, con dirección NO-SO. Su punto más bajo está ocupado por los cauces de los ríos General y Coto Brus, los cuales son los colectores de las aguas evacuadas de la vertiente sur de la Cordillera de Talamanca. Esta área ha recibido gran cantidad de sedimentos provenientes de la deforestación del relieve montañoso. Este es un valle convergente debido a la confluencia de los ríos General y Coto Brus.

Al norte del país se encuentran extensas llanuras cuya extensión abarca desde la Cordillera de Guanacaste hasta la Costa del Caribe; sus elevaciones no sobrepasan los 500 msnm. Estas reciben el nombre de llanuras de San Carlos.

En el pacífico las llanuras son de menor extensión, pero presentan la característica de que son más variadas que las del Atlántico. La llanura costera es angosta desapareciendo al aproximarse los cerros montañosos, al litoral. Sin embargo,

esta llanura se extiende en el sector norte de la provincia de Puntarenas, al unirse al valle del Tempisque.

2.3. Clima

En el país existen dos estaciones climáticas bien definidas; la seca y la lluviosa. La primera se inicia desde principios de diciembre hasta finales de abril y la segunda desde principios de mayo hasta finales de noviembre. La temperatura no sufre variaciones drásticas. En la zona costera oscila entre los 28° y 37°C. En el Valle Central entre los 18° y 25° C y en las cimas más altas (Irazú 3224 m y el Chirripó 3820 m) en algunas ocasiones desciende a menos de 0 °C. Herrera (1985) detalla el clima de Costa Rica con sus diferencias y similitudes entre las varias regiones del país.

2.4. Los Sistemas de Aguas Continentales en Costa Rica

2.4.1. Los Sistemas Lénticos

Una revisión completa sobre los sistemas ecológicos lénticos de Costa Rica ha sido realizada por Umaña *et al.* (1999, **Anexo 1** para revisión adicional). En esta recopilación se destaca la heterogeneidad geográfica del país que, en combinación con su alta precipitación recibida ha resultado en la presencia inicial de más de 652 sistemas lacustres (Mapas topográficos del IGN 1985). Sin embargo, este número de sistemas aun es considerado como una subestimación al no incluir aquellos sistemas menores a 0.1 ha. Debido a las actividades del uso de la tierra una proporción importante de estos sistemas han sido drenados o rellenados por lo que algunos están extintos en la actualidad. A pesar de todo, por el tamaño del país y sus características difíciles de su relieve aun es posible encontrar una alta diversidad de sistemas de origen glacial, cratérico, fluvial, represados por eventos geológicos (e.g. flujos de lava, lahars), pantanos o ciénagas y artificiales.

En el reciente inventario de sistemas lacustres realizado por el PREPAC/OIRSA (2005) se encontró un total de 510 sistemas lacustres (**Cuadro 1**) que fueron agrupados en varias categorías; lagos (profundidad mayor a 10 m), lagunas (profundidad menor a 10 m y espejo de agua mayor a 1 km²), lagunetas (profundidad menor a 10 m y espejo de agua menor a 1 km²), lagunas costeras (con alguna conexión intermitente con el mar u océano), otros (falta información para su agrupación) y sistemas artificiales como los reservorios (para uso agrícola o ganadero) o embalses (para generación hidroeléctrica).

Cuadro 1. Sistemas lacustres en Costa Rica (PREPAC-OIRSA 2005).

Lagos	Lagunas	Lagunetas	Lagunas Costeras	Otros	Artificiales-Reservorio	Artificial-Embalse	Total
16	12	183	23	246	18	12	510

2.4.2. Los Sistemas Lóticos

Costa Rica está dividida longitudinalmente por una cadena montañosa que comprende las cordilleras de Talamanca, Central y Guanacaste. Esto contribuye a que el país sea sumamente quebrado y se distingan claramente dos vertientes, la del Caribe y la del Pacífico, donde se localizan 38 cuencas principales. En la mayor parte de estas cuencas la pronunciada orografía ha ocasionado que los ríos discurren en zonas de alta pendiente.

La vertiente del Caribe se caracteriza por tener una gran variabilidad tanto espacial como temporal en el régimen lluvioso, en general se puede afirmar que llueve durante todo el año, registrándose lluvias entre 100 y 200 mm durante los meses más secos. En la vertiente del Caribe, zona este, se localizan las cuencas Sixaola, Estrella, Banano, Bananito, Moín, Matina, Madre de Dios, Pacuare, Reventazón, Tortuguero y Changuinola. Sus áreas de drenaje están comprendidas entre 207.5 km² para la cuenca del río Banano hasta 2,956.3 km² para la cuenca del río Reventazón. Las pendientes medias de los ríos principales varían entre 0.4 y 5.0 %. La precipitación media anual y areal varía entre 5,180 y 3,020 mm y la escorrentía media anual varía entre 3,780 y 1,900 mm.

En la vertiente del Caribe, zona norte, se localizan las cuencas de los ríos Chirripó, Sarapiquí, Cureña, San Carlos, Poco Sol, Frío y Zapote. Las áreas de drenaje están comprendidas entre 328.5 km² para el río Cureña y 3,121.4 km² para el río San Carlos. Las pendientes medias de los ríos varían entre 0.15 y 3.3 %. La precipitación media anual y areal varía entre 4,930 y 2,560 mm y la escorrentía media anual entre 3,650 y 1,890 mm.

La vertiente del Pacífico presenta una gran variabilidad en la distribución temporal y espacial de la precipitación. En la zona norte, se localizan las cuencas de los ríos en la Península de Nicoya, Tempisque, Bebedero y Abangares. Sus áreas de drenaje están comprendidas entre 4,209.9 km² para la cuenca del río Tempisque y 910 km² para la cuenca del río Bebedero.

Las pendientes medias de los ríos varían entre 1.4 y 3.5%. La precipitación media anual y areal varía entre 2,330 y 1,830 mm y la escorrentía media anual entre 1,380 y 710 mm. Cabe destacar

que en la cuenca del río Tempisque se encuentra concentrado en alto grado el desarrollo agropecuario del país.

En la Zona del Pacífico Central se localizan las cuencas de los ríos Barranca, Jesús María, Grande de Tárcoles, Tusubres, Parrita, Damas, Naranjo y Savegre. Sus áreas de drenaje están comprendidas entre 2,171 km² para el río Grande de Tárcoles y 335 km² para el río Naranjo. Las pendientes medias varían entre 2.7 y 6.3 %. La precipitación media anual y areal varía entre 5,470 y 2,480 mm y la escorrentía media anual entre 3,730 y 1,480 mm. Es importante mencionar que en la cuenca del río Grande de Tárcoles se localiza el área metropolitana causando que sea la más deteriorada y la que recibe la mayor carga orgánica.

En la Zona del Pacífico Sur se localizan las cuencas de los ríos Barú, Grande de Térraba y Esquinas. Las áreas de drenaje varían entre 5,085 km² para la cuenca del río Grande de Térraba (la más extensa del país) y 565 km² para el río Barú. Las pendientes medias del río varían entre 0.94 y 4.7 %. La precipitación media anual y areal varía entre 4,730 y 3,040 mm y la escorrentía media anual entre 2,670 y 2,150 mm.

2.4.3. Las Especies de Aguas Continentales en Costa Rica

La diversidad biológica de agua dulce en Costa Rica ha sido estudiada de manera intermitente en el tiempo, concentrada en el espacio (algunos sistemas lacustres Lago Chirripó, Laguna Barva, Laguna Cerro Chato, Laguna Botos, Laguna Río Cuarto, Lagunas Bonilla y Bonillita) y en grupos de importancia para la salud (dipteros), plancton en sistemas lacustres y peces en los sistemas riverinos (Umaña *et al.* 1999). El estudio de macroinvertebrados acuáticos en los ríos aumenta en las últimas décadas de 1900 e inicios de 2000 junto con las plantas acuáticas superiores. Con la excepción de las especies ícticas de agua dulce, es evidente el vacío existente alrededor del análisis de distribución de las especies. Es por ello que la clasificación de los sistemas ecológicos acuáticos continentales se fundamenta en gran medida en las especies de peces (Bussing 1997; WWF 1996 y 2006, Bermingham y Martin 1998, Bermingham 2005).

De un total de 350 especies de peces encontrados en la región centroamericana (Mittermeier *et al.* 2002), Costa Rica contiene un total de 137 especies (38.6%), 19 de las cuales son consideradas endémicas (Bussing 1998), cuyas distribuciones están en la cuenca del Río Grande Térraba y la península de Osa en la vertiente del Pacífico y la zona de Gandoca Manzanillo en la vertiente del Caribe.

En cuanto a las especies de macroinvertebrados la información es muy heterogénea con pocos datos relacionados con endemismo o unicidad:

- 1) **44** especies de mariposas nocturnas acuáticas de la subfamilia Nymphulinae (Pyraloidea: Crambidae) (Phillips R., E. 2007).
- 2) **463** especies de Trychoptera han sido identificadas, lo cual representa la fauna de tricópteros más diversa reportada hasta el momento para el neotrópico. La mitad de estas especies estaban aun sin describir al momento de la recolecta (Holzenthal *et al.* 2005).
- 3) **253** especies distribuidas en 73 géneros de Odonata (Esquivel 2007).
- 4) **12** especies y 1 género de la familia Perlidae del Orden Plecoptera (Kondratieff 2007).
- 5) **Muchas** especies del orden Ephemeroptera pero que no están descritas todavía (Flowers y Pescador 2007).
- 6) **Moluscos** dulceacuícolas 50 especies en total, 4 endémicas, 1 con endemismo regional y 4 introducidas (Barrientos 2003).

Es posible que Costa Rica sea el país que albergue la mayor diversidad dulceacuícola de subsistemas de montaña de la región centroamericana. Esto es el resultado de una alta proporción relativa de sistemas terrestres bajo algún tipo de protección y, en consecuencia, los sistemas dulceacuícolas mantienen un relativo estado de menor perturbación que en otros sistemas montañosos en Centroamérica. Algunos estudios realizados en quebradas de Costa Rica (Barbee y Wetzel 2002) sugieren que los peces y los decápodos no controlan la organización de las comunidades en los sistemas lóticos, sino más bien, que es el impacto de las poblaciones de raspadores de recursos alimenticios que dependen de condiciones abióticas, los que determinan la estructura de las comunidades en las quebradas tropicales. Es una lástima que, en consecuencia no se tenga mayor información sobre la distribución de las especies de macroinvertebrados de agua dulce, con el fin de realizar inferencias sobre el funcio-

namiento de los sistemas ecológicos de aguas continentales en Costa Rica.

2.5. Los Esfuerzos de Conservación de los Sistemas de Aguas Continentales

Los esfuerzos de conservación de los sistemas ecológicos y la biodiversidad en general en Costa Rica inician en 1963 con la declaración de la Reserva Biológica de Cabo Blanco. Todas las áreas silvestres protegidas declaradas por el Estado costarricense a la fecha, corresponden a nueve distintas categorías de manejo y representan el 26,21% de la superficie continental nacional, así como el 16,53% de la superficie marina nacional. Entre las categorías de protección se encuentra los “Humedales” que se encuentran en 13 Áreas Silvestres Protegidas donde tienen una cobertura de 66,388 ha de la superficie continental nacional (SIAM 2005). La incorporación de los sistemas dulceacuícolas al sistema de áreas protegidas hasta el momento ha respondido más a las iniciativas de protección de la fauna asociada a estos sistemas que al sistema acuático mismo.

En 1991, Costa Rica ratifica la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971) y con ello aumenta el interés por estos ecosistemas. Para el año 2006, el país ha declarado 11 sitios Ramsar “Humedales de Importancia Internacional”; (1) Manglares de Potrero Grande, (2) Refugio Nacional de Vida Silvestre Tamarindo, (3) Parque Nacional Palo Verde, (4) Humedal Nacional Térraba Sierpe, (5) Refugio Nacional de Vida Silvestre Caño Negro, (6) Embalse Arenal, (7) Parque Nacional Isla del Coco, (8) Laguna Rospingue, (9) Refugio Nacional de Vida Silvestre Gandoca Manzanillo, (10) Humedal Caribe Noreste y (11) Turberas de Talamanca (SIAM 2005) visitada el 12 de marzo de 2007).

Es importante resaltar que “*son humedales las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros*” (La Convención sobre de Humedales, Ramsar COP7 DOC. 16.1 1999). Entre los sistemas declarados como sitios Ramsar y aquellos protegidos en las áreas protegidas predominan los sistemas lacustres, las ciénagas, los estuarinos y los manglares; con muy pocos que incorporan las corrientes como cabeceras o ríos.

3. Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad de agua dulce en Centroamérica

Parte de los esfuerzos que se está realizando al nivel centroamericano para la conservación de la biodiversidad de los sistemas de agua continental es la identificación de sitios prioritarios para la conservación (TNC 2007). Los sitios prioritarios son identificados estableciendo una meta ecológica y representativa de sistemas ecológicos de aguas continentales. Los sitios prioritarios se corresponden con las áreas de captación directa de los sistemas ecológicos escogidos con una buena o muy buena integridad ecológica.

4. Problemática

Toda la riqueza en sistemas ecológicos de aguas continentales que tiene el país ha sufrido alteraciones por los cambios antropogénicos de las últimas décadas, lo cual aunado al desconocimiento de la biodiversidad que albergan y los servicios que proveen al funcionamiento humano, pone al país en una carrera contra el tiempo. Los sistemas lénticos que se encuentran en las llanuras litorales de alta fertilidad de suelos están seriamente amenazados por la expansión de las actividades agrícolas. El drenaje de los sistemas lénticos permanentes y la contaminación por agroquímicos, provenientes de las áreas de cultivo, están entre las principales causas de la degradación de estos ambientes en el país. La contaminación orgánica de las aguas superficiales, resultado de la descarga de recolectores con aguas negras sin tratamiento previo es otro de los aspectos

preocupantes que contribuyen en la degradación de estos sistemas ecológicos. Y, en las costas la población subsiste en gran parte de los recursos biológicos extraídos de manglares y esteros.

La biodiversidad dulceacuícola ha estado y aun se encuentra expuesta a una gran cantidad de amenazas que ejercen presión sobre la estructura y el funcionamiento de las comunidades de aguas continentales. Es por ello que la probabilidad de extinción de especies de aguas continentales es muy alta particularmente cuando los sistemas ecológicos raros desaparecen por completo o su integridad ecológica es degradada hasta el nivel de pobre.

5. Justificación

Durante la séptima reunión del Convenio de Diversidad Biológica COP-7, realizado en Kuala Lumpur, Malasia, en febrero del 2004; Costa Rica, como firmante del Convenio de Diversidad Biológica (CDB), adquiere el compromiso de disminuir la pérdida de la biodiversidad para el 2010. Esto incluye la biodiversidad de aguas continentales. A pesar que Costa Rica tiene una relativa larga historia en conservación de su patrimonio natural; los estudios realizados para dirigir este esfuerzo no han incluido en forma sistemática a la diversidad biológica de los sistemas ecológicos de aguas continentales (desde la cima de las montañas hasta las zonas estuarinas).

En vista que el compromiso adquirido internacionalmente, en relación con la conservación de la biodiversidad, es intrínsecamente cuantitativo, es importante definir los conceptos alrededor de lo entendido como “la conservación de toda la biodiversidad” y, a partir de ahí, realizar un “análisis de vacíos” en contraposición con los actuales esfuerzos de conservación. En resumen, esto implica ordenar el conocimiento alrededor de 1) la definición de los elementos de la diversidad,

2) la ubicación de esta diversidad, 3) el análisis de la integridad ecológica de cada una de las ocurrencias de los elementos de la biodiversidad y 4) la proporción bajo esfuerzos de conservación.

En 1995-96 fue realizado un primer análisis de vacíos (GRUAS I) para mejorar el sistema nacional de conservación; sin embargo, los sistemas de aguas continentales fueron omitidos en el análisis. En 2006, se retoma la iniciativa de GRUAS I y se impulsa la **“Propuesta de Ordenamiento Territorial para la Conservación de la Biodiversidad en Costa Rica”** o Proyecto GRUAS II que incluye los sistemas de agua dulce y marinas.

En este documento ha sido integrado el esfuerzo realizado por GRUAS II (MINAE 2007) y por el proyecto de conformación del Portafolio de Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad de Agua Dulce en Centroamérica (TNC 2007).

6. Marco conceptual

6.1. Conservación de Sistemas de Aguas Continentales

Los sistemas ecológicos de aguas continentales posiblemente son los sistemas que más vulnerables se encuentran ante el desarrollo de las actividades antropogénicas (Millenium Ecosystem Assessment 2005). Por lo tanto, los esfuerzos de conservación deben incorporar la biodiversidad dulceacuícola como uno más de los elementos focales. Sin embargo, debido a que el mantenimiento del funcionamiento de estos sistemas implica la conservación de la conectividad hidrológica (Pringle 2001), las estrategias para ello varían considerablemente de aquellas disponibles para los sistemas ecológicos terrestres. La cuenca como unidad de trabajo focal ha complicado la incorporación de los sistemas dulceacuícolas en las iniciativas de conservación de los países.

Sin embargo, varias estrategias han surgido y persisten en la actualidad para la conservación de la biodiversidad de agua dulce, desde la incorporación de todo al nivel macro con el manejo integrado de los recursos acuáticos hasta el nivel micro con la restauración de macrohábitats individuales (Abell *et al.* 2007). El “Área Protegida”, a pesar de ser la estrategia más comúnmente conocida y económicamente más efectiva (en contraposición con la de restauración), ha sido poco implementada al referirse a los sistemas ecológicos de agua dulce. La definición de la UICN para “área protegida” se refiere a *“un área de tierra y/o mar especialmente dedicada a la protección y manenimiento de la biodiversidad biológica, y de los recursos culturales y naturales, y manejada a través de medios legales u otros mecanismos efectivos”*. Esta definición dirige la atención sobre la biodiversidad y los recursos naturales y culturales. Esto significa que el diseño de las áreas protegidas tanto en tamaño, forma y lineamientos estratégicos de manejo deberá estar fundamentado sobre un objetivo y meta específicos. La gran mayoría de las APs fallan cuando se evalúa su efectividad en la protección de los sistemas ecológicos de agua dulce. La razón fundamental gira alrededor del hecho que las ASPs no son diseñadas usando las características y necesidades propias de los ecosistemas acuáticos (Abell *et al.* 2007).

La Convención de Diversidad Biológica (CDB) incorpora los sistemas dulceacuícolas más explícitamente a partir de la COP 6 (1996) cuando sale el informe global de represas (World Dam Assessment, de la UICN/Banco Mundial). En la COP 7 (2004)

hay un análisis más detallado sobre objetivos, metas e indicadores específicos para los sistemas acuáticos continentales (**Anexo 2**) que sirve como una guía detallada de los alcances del trabajo en conservación para los ecosistemas de agua dulce.

Sin embargo, es importante mantener presente que la conservación de la biodiversidad de los ecosistemas de agua dulce efectiva, requiere la identificación y la protección de “paisajes clave” y de comunidades (Angermeier y Winston 1999). Para ello, los ecólogos y planeadores al nivel de paisaje necesitan diseñar protocolos que permitan evaluar la diversidad de las comunidades y desarrollar estrategias para su conservación.

En vista que hay un enorme vacío de información alrededor de la diversidad dulceacuícola al nivel de especie, se realizan esfuerzos de predicción lo cual resulta algo complejo particularmente por la indefinición en la relación que puede existir entre la diversidad de varios grupos taxonómicos. Usualmente el grupo de los peces se utiliza como indicador de la biodiversidad del ecosistema acuático. Sin embargo, en estudios recientes se demuestra la poca relación entre la biodiversidad de macroinvertebrados, de briófitas y de peces (Heino *et al.* 2005) y concluyen que, el uso de taxa como indicadores de biodiversidad tienen una utilidad limitada.

El uso de la clasificación de sistemas acuáticos al nivel de cuenca o de sistemas acuáticos genera propuestas de conservación al nivel de paisaje y de comunidades. Sin embargo, es necesario mantener en mente la existencia de posibles especies cuya distribución o comportamiento reproductivo se encuentre fuera de las áreas propuestas como punto de concentración de los esfuerzos de conservación. En este caso, vale la pena proponerles como objetos de conservación, para garantizar que el diseño de las estrategias de conservación incorpore medidas múltiples como por ejemplo la protección de hábitats clave, el mantenimiento de la conectividad y/o restricciones temporales y/o espaciales a su explotación.

6.2. Los Sitios RAMSAR

Los sitios RAMSAR o humedales de importancia internacional han sido declarados en los países con el propósito de apoyar en la conservación de los sistemas ecológicos de agua dulce. Es importante resaltar que estos sitios inicialmente son escogidos por la importancia que estos sistemas tienen para la avifauna

migratoria. Más recientemente, la visión de protección engloba aspectos relacionados con el aporte funcional y la biodiversidad estrictamente acuática. La declaración de los sitios RAMSAR no implica necesariamente que al nivel nacional el sitio recibirá una declaratoria de área protegida y, usualmente, son visualizados como sitios aparte del sistema nacional de áreas protegidas (Convención Ramsar, México, 7 al 12 de noviembre de 2004). Las consecuencias de ello es que el manejo y la protección de la biodiversidad contenida en los sitios RAMSAR varían considerablemente.

6.3. Estratificación de los Elementos de la Biodiversidad Acuática

La biodiversidad acuática se encuentra determinada por elementos físicos, químicos, geológicos, biológicos, ecológicos y evolutivos (Maas 2005). Para la región centroamericana es posible encontrar alguna información que permita discernir algunos elementos de la biodiversidad acuática; sin embargo, es heterogénea e insuficiente para lograr identificar claramente todos los elementos. Este hecho es común para casi todas las regiones

del mundo (Higgins 2005 a) por lo que es indispensable buscar la manera de capturar “todos los elementos de la biodiversidad en los esfuerzos de conservación”. Higgins (2005) provee un enfoque basado en el funcionamiento jerárquico de los sistemas ecológicos dulceacuícolas que permite identificar los componentes críticos de la biodiversidad incluyendo las especies raras y en peligro.

Inicialmente, para la región Centroamericana, Bussing (1976) define 4 provincias ícticas fundamentándose en criterios paleogeográficos y en el análisis biogeográfico del tipo vicarístico. Este primer intento de estratificación genera las **Subregiones Zoogeográficas** donde tres de las cuales convergen en Costa Rica (**Figura 1**). Estas provincias reflejan la influencia de la formación geológica de la región (Hulsey *et al.* 2004):

1. Chiapas Nicaragüense.

Esta provincia básicamente sigue la zona seca Mesoamericana, desde el sur de México a la mitad del pacífico de Costa Rica y la total longitud de la cordillera volcánica hasta las zonas altas.



Figura 1. Provincias ícticas (Bussing 1976). Los colores diferencian los límites políticos de los países.

2. Usumacinta.

Esta provincia es localizada en el Caribe desde el Sur de México hasta el río Coco entre Honduras y Nicaragua.

3. San Juan.

Esta tercera provincia también se ubica en la vertiente del Caribe desde el río Coco hasta la mitad de Panamá.

4. Istmica.

Esta última provincia contiene el resto de Panamá y entra a Costa Rica a través del Pacífico húmedo hasta llegar a la zona de transición donde limita con la provincia de Chiapas Nicaragüense.

Una segunda estratificación al nivel regional ha sido realizada por Olson *et al.* (1998) quienes utilizaron información 1) biogeográfica, 2) ejemplos grandes de hábitats no alterados, 3) fenómenos, hábitats o especies ecológicamente importantes y 4) fenómenos ecológicos a gran escala. Esta clasificación produce las ecorregiones de aguas continentales para el mundo. Recientemente, se ha realizado una revisión de estas ecorregiones usando el

insumo de los expertos ictiólogos de la región generando 11 ecorregiones en Centroamérica (WWF 2006, en prep), donde 4 de ellas convergen en Costa Rica (**Figura 2**).

La captura de elementos que tienen influencia sobre la diversidad biológica en la escala ecológica, es realizada analizando el funcionamiento de los sistemas dulceacuícolas. Costa Rica se encuentra bajo la influencia de dos masas marinas, el océano Pacífico y el Mar Caribe, en una porción de tierra sumamente angosta. La diversidad en el origen del sustrato y las características químicas de las aguas dulces reflejan principalmente la actividad volcánica y acciones biológicas de las zonas bajas de las cuencas. Así, cada una de las ecorregiones se encuentra compuesta por cuencas que difieren entre sí por características locales de orden geomorfológico fluvial, climático y de interacción con los ecosistemas terrestres. El siguiente nivel de estratificación corresponde a cuencas dentro de las provincias ícticas y ecorregiones que comparten (conectividad hidrológica) características físicas, químicas, climáticas y bióticas, conocidas como **Unidades Ecológicas de Drenaje** (UED). Así, Costa Rica tiene definidas 13 UED (**Figura 2**).

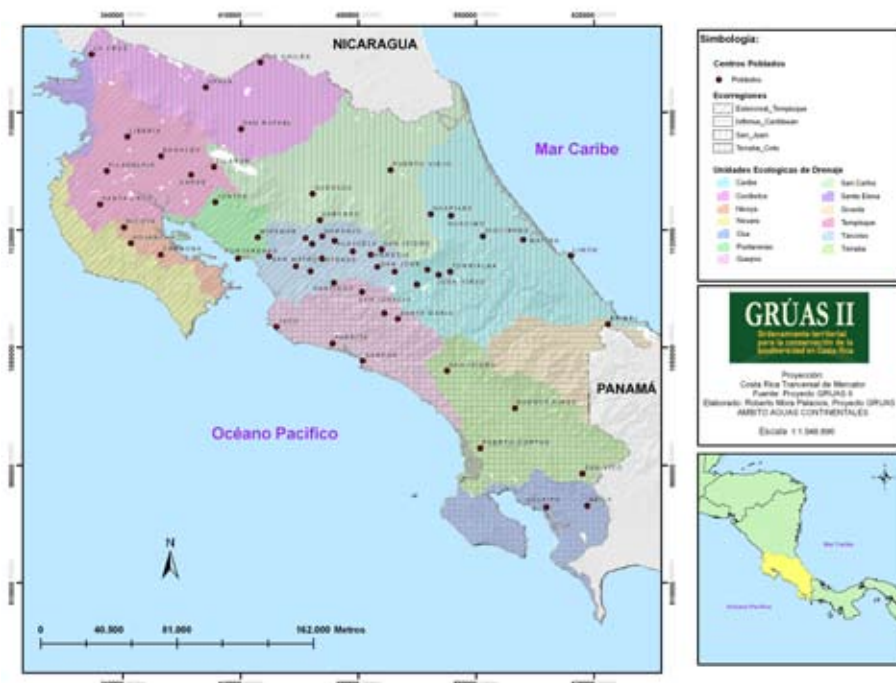


Figura 2. Las ecorregiones que convergen en Costa Rica son San Juan (tramado vertical), Estero Real-Tempisque (tramado horizontal), Terraba Coto (tramado inclinado) e Isthmus Caribbean (con puntitos). Las unidades ecológicas de drenaje son las divisiones con coloraciones diferentes.

Este nivel de estratificación jerárquico conlleva a analizar desde lo más general hasta lo más específico. Es claro que dentro de las UEDs existen sistemas ecológicos determinados por atributos físicos. Por la información que es posible sistematizar al nivel nacional, se usa 1) el tamaño de la cuenca del río, 2) la elevación del río o lago, 3) la pendiente del río, 4) el patrón de precipitación y 5) la ubicación en la red de drenaje. Con la información ordenada es posible identificar aquellos sistemas ecológicos dulceacuícolas con particularidades definidas e identificar el siguiente nivel jerárquico conocido como los Sistemas Ecológicos Dulceacuícolas (SED).

Finalmente, para lograr identificar las áreas dentro de los SED que albergan mayor diversidad y proveen de mayores servicios ambientales, es posible bajar el nivel de análisis hasta lo que ha sido denominado como **macrohábitat**. Los macrohábitats son segmentos de río (1-10 km) relativamente homogéneos en lo que los factores abióticos y bióticos determinan la estructura y función de las comunidades presentes. Con este análisis es posible representar la diversidad de los escenarios ambientales existentes dentro de cada cuenca (Higgins *et al.* 2005). Este nivel de estratificación u ordenamiento debería apoyarse en información sobre la presencia de especies, unicidad, endemismo, estructura y funcionamiento de las comunidades presentes. La clasificación a este nivel ha sido realizada incorporando atributos relacionados con 1) el origen geológico y 2) la pendiente del cauce. Sin embargo, el análisis y la interpretación de tanta información detallada se torna sumamente difícil al nivel nacional.

6.4. El Análisis de Vacíos en Sistemas de Agua Dulce

El análisis de vacíos en la protección de los sistemas de agua dulce se fundamenta conceptualmente en la identificación de los elementos de la biodiversidad que permita diseñar las estrategias para su conservación y, con ello, lograr proteger, mantener y usar esta diversidad biológica. El reto primordial alrededor de este fundamento es el levantamiento de la información relacionada a los elementos de la biodiversidad al nivel nacional de tal manera que sea posible ubicarles espacialmente y contraponerlo con los esfuerzos actuales del sistema nacional de áreas protegidas (SINAP).

El proceso metodológico que seguimos para identificar los vacíos de conservación es la disciplina del “análisis GAP”

(Scout *et al.* 1993). Este enfoque fue desarrollado en 1988 y se fundamenta en información sobre distribución de especies animales y vegetales plasmado en mapas que, comparada con áreas de conservación existentes, permite identificar los vacíos o “gaps” en los esfuerzos de conservación. Para el caso de los ecosistemas de agua dulce esto es difícil de aplicar por la ausencia de mapas de distribución de especies similares a los existentes para la flora y fauna terrestre. Sin embargo, usando los métodos de clasificación de los sistemas de agua dulce que, aunque resultan altamente jerárquicos y requieren una cantidad grande de información, son el inicio para el ordenamiento conceptual. Varios trabajos piloto han sido ejecutados para identificar sitios de conservación y la metodología GAP para sistemas acuáticos ha ido afinándose poco a poco (e.g., Frissell *et al.* 1986, Moyle y Ellison 1991, Rosgen 1994; Angermeier y Schlosser 1995, Maxwell *et al.* 1995, Higgins *et al.* 1998). La metodología de clasificación más reciente, presentada por Higgins (2005), es jerárquica en principio pero permite analizar la información disponible a diversas escalas.

Para representar la información que determina el estado legal de la conservación de la biodiversidad al nivel nacional se ha recopilado la información que corresponde a las Áreas Silvestres Protegidas, en todas las categorías de manejo establecidas dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (MINAE), las reservas privadas (FONAFIFO), las fincas con pago por servicios ambientales (FONAFIFO) y las fincas con servidumbre ecológica (CEDARENA) (**ver Volumen I**).

Las ocurrencias de los elementos de conservación que entran dentro de los cálculos de cumplimiento de meta son todas aquellas que tengan una integridad ecológica buena o muy buena. Inicialmente, entre los especialistas nacionales y técnicos se llega al consenso que todas aquellas ocurrencias que se encuentren dentro de las ASPs pertenecientes a las categorías de conservación I y II, según la definición de UICN, cumplen con el criterio de una buena “condición” y “tamaño”, respectivamente.

Consecuentemente, la definición de vacío ha sido concretada como todas aquellas ocurrencias que NO se encuentren dentro de las ASPs de categorías I y II, necesarias para el cumplimiento de la meta establecida por cada elemento de conservación.

7. Proceso metodológico

El proceso de identificación de vacíos en la protección de los sistemas de agua dulce en Costa Rica se concentra alrededor del ordenamiento de información que permita el análisis biogeográfico de los elementos de la diversidad biológica de los sistemas dulceacuícolas e identificar metas viables para conservación. Dentro del contexto natural, social, económico y cultural es necesario el desarrollo de modelos conceptuales ecológicos de los elementos identificados a partir del ordenamiento de la información y estratificación de los sistemas acuáticos. El fundamento es 1) la identificación de los atributos funcionales determinantes, 2) la identificación de los ámbitos naturales de variación de los atributos, 3) la identificación elementos que determinan la integridad ecológica de los sistemas y 4) la definición de algunos lineamientos estratégicos importantes a ser considerados en el proceso de conservación.

El proceso metodológico para la identificación de objetos a conservar ha sido definido ocasionalmente de manera lineal, sin embargo es un proceso dinámico (**Figura 3**) donde, de acuerdo a la disponibilidad de la información, su análisis y comprensión de los modelos conceptuales ecológicos, el proceso avanza intermitentemente. La base conceptual para el desarrollo de este proceso se fundamenta en el manual de planificación para la conservación de TNC (2000). Para el caso particular, el proceso metodológico llegó hasta la identificación espacial de ocurrencias por elementos de conservación, la definición de cuáles son los que se proponen como objetos de conservación de acuerdo a las metas ecológicas establecidas y finalmente la ubicación de aquellas ocurrencias que escapan del sistema de áreas silvestres protegidas nacional (*"análisis de vacíos"*). Queda pendiente el análisis de las amenazas y la consecuente integración de esta información para la incorporación de esos sitios en el proceso estratégico de conservación en Costa Rica.

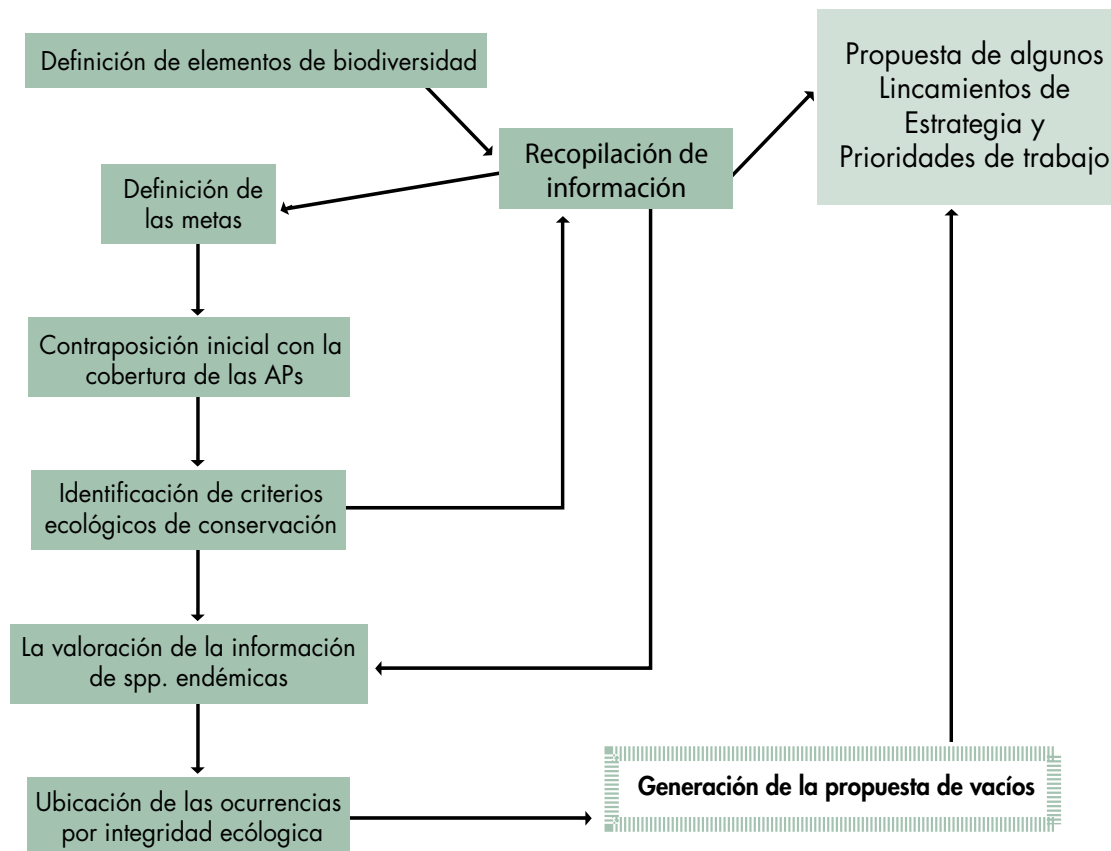


Figura 3. Etapas de trabajo para la identificación de los vacíos en la protección de los sistemas ecológicos de agua dulce en Costa Rica.

7.1. Las Etapas de Trabajo

Las etapas de trabajo implantadas en el ejercicio actual son las siguientes:

- 1) Revisión y colecta de información (este paso es continuo).
- 2) Identificación de los elementos de biodiversidad que se convertirán en los objetos de conservación a través del proceso de estratificación.
- 3) Definición de las metas de conservación para cada uno de los objetos de conservación propuestos.
- 4) Valoración de la integridad ecológica (IE) y generación espacial de ocurrencias disponibles.
- 5) Sobreponer las ocurrencias de buena y muy buena integridad ecológica con las áreas silvestres protegidas.
- 6) Identificación de los vacíos usando las metas establecidas. La propuesta de ocurrencias a incorporar para llenar los vacíos de conservación se fundamentarán en la IE y la ubicación geográfica con respecto a las mismas ASP.

En términos generales, este enfoque implica la identificación de ocurrencias de los elementos de diversidad definidos, un análisis sobre la IE de estas ocurrencias y finalmente un proceso que garantice que los objetos de conservación se encuentren adecuadamente representados en el sistema nacional de protección.

7.2. La Información

El proceso de estratificación es una etapa fundamental para la localización de los elementos de conservación dulceacuícola; consiste en el análisis de la información disponible para plasmarla espacialmente. Para ello será necesario analizar la información zoogeográfica de especies acuáticas, geológica y geomorfológica, de cobertura vegetal actual, climática histórica, de cuencas y la dinámica hidrológica. El proceso requiere que el análisis se lleve a cabo desde lo general a lo específico usando varias escalas de análisis (**Figura 4**, Higgins 2005). En el **Cuadro 2** se muestra la información base que apoyó el proceso de estratificación.

Cuadro 2. Información base para la estratificación a diferentes escalas.

Dato	Fuentes y Categorías
1. Escala Regional: Provincias zoogeográficas	
Provincias ícticas	Bussing 1987, 1998.
2. Escala Regional: Ecorregiones Dulceacuícolas	
Ecorregiones	WWF 2006 (En prep.)
3. Escala Gruesa: Unidades Ecológicas de Drenaje	
Geología superficial	Fuente(s): TNC, Portafolio CAM Homologado Centro América.
Relieve	Categorías de Altitudes:
Delimitación de cuencas	Red hidrológica generada a partir de un modelo de elevación digital a 90 m de la USGS con el River Tools 3.0
Precipitación	Fuente: BioClim/WorldClim
Cobertura/uso del suelo real	Fuente: Mapa de ecosistemas (2004) Categorías de uso del suelo: 1. Zona urbana (cascos urbanos) 2. Zonas agropecuarias 3. Densidad de la población 4. Carreteras 5. Cobertura natural 6. Embalses
Distribución de Especies	Peces: Bussing 1998

El objetivo de realizar una división ponderada de las ecoregiones en unidades geográficas más pequeñas (*sensu* UEDs) es *la identificación y posterior representación de los objetos de conservación en su rango de variación (en composición interna y ámbito de paisaje).*

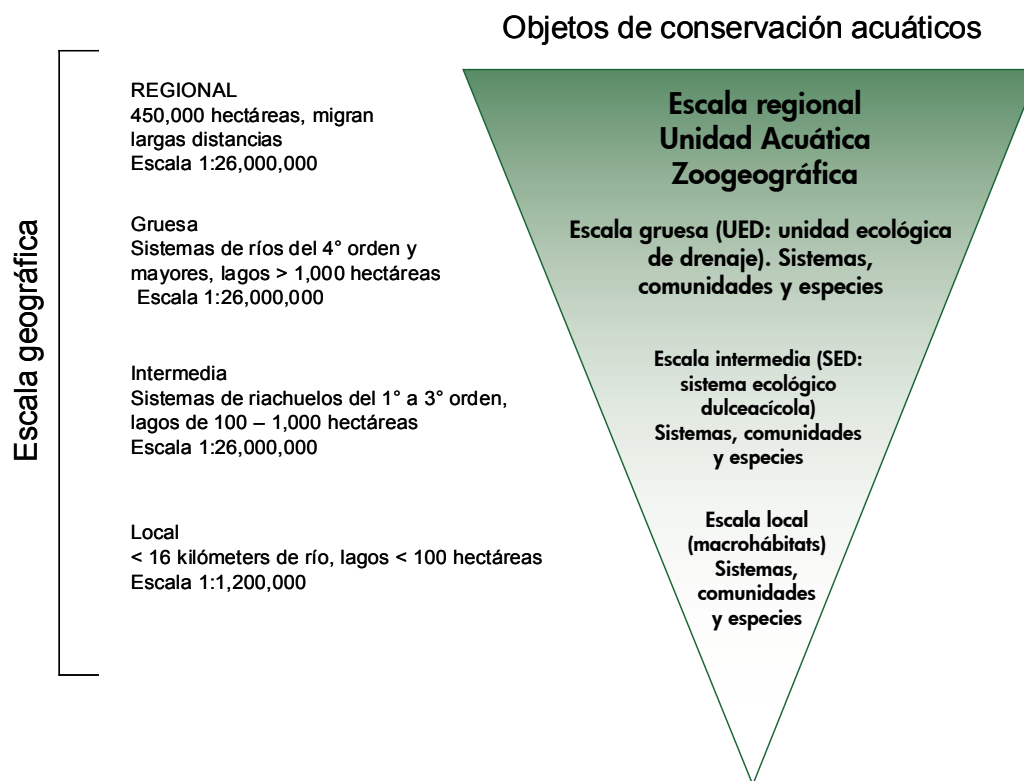


Figura 4. Modelo de Estratificación para la Clasificación de Sistemas de Agua Dulce (Higgins 2005).

7.3. Las Herramientas

Las herramientas a disposición (TNC) son los sistemas de información geográfica (ArcInfo V.9.0, ArcView V.3.0) para ordenar la información espacialmente y tomar las decisiones en el camino. Adicionalmente, se ha clasificado los sistemas ecológicos de abajo para arriba (describiendo todos los macrohábitats posibles para luego agruparles en sistemas ecológicos) usando los TNC Tools 2002 (Fitzhugh 2005).

7.4. La Validación

Durante el proceso de identificación de los elementos de conservación y de vacíos de conservación se realizó una serie de talleres y reuniones con los expertos asesores. A lo largo de esos talleres han participado 10 especialistas en sistemas de agua dulce.

8. Los elementos de la biodiversidad

Con el fin último de garantizar 1) una representatividad en el territorio nacional de los elementos de la biodiversidad y 2) una replicabilidad para aumentar las probabilidades de conservación ante los eventos extraordinarios o “desastres naturales”, se procedió a realizar una estratificación (Higgins 2005, **Figura 4**) del territorio nacional. El país tiene representadas cuatro ecorregiones de agua dulce (WWF 2006) y 13 unidades ecológicas de drenaje (Higgins 2005, Calderón *et al.* 2004) (**Figura 2**).

Dentro de los ecosistemas de agua dulce (entendido esto como el sistema lótico y lénticos abiertos que engloba desde sus cabeceras hasta la desembocadura y la pluma marina) es posible identificar a los sistemas ecológicos como elementos de conservación. Los sistemas ecológicos acuáticos representan una zona o estado del ecosistema que es posible distinguir por sus características físicas y químicas, las cuales están relacionadas con la velocidad de los procesos biológicos y ecológicos.

Es importante identificar el o los objetivos de conservación que deberá enmarcar el trabajo del grupo de conservación de los sistemas dulceacuícolas en Costa Rica. El Convenio de Diversidad Biológica provee un marco de trabajo que ofrece una guía al respecto (**Anexo 2**) con las prioridades siguientes:

- Conservación de sistemas ecológicos por meta de representatividad y ecológica.
- Conservación de especies “importantes” (endémicas),

Y, usando las siguientes estrategias para su cumplimiento:

- Manejo integrado de cuencas para mantener y aumentar la diversidad biológica,
- Manejo intensivo para recuperar la diversidad biológica de los ecosistemas por tener una alta intervención antropogénica.

La clasificación de los sistemas de agua dulce se divide entre los sistemas lénticos o de aguas sin velocidad direccional (lagos, lagunas entre otros) y los sistemas lóticos o de aguas con velocidad direccional. Por lo tanto, **los elementos de biodiversidad, sobre los cuales es importante centrar los esfuerzos de conservación son 1) los sistemas ecológicos lénticos (“los tipos de cuerpos de agua”), 2) los sistemas ecológicos lóticos (“los tipos de cursos de agua”) y 3) las especies endémicas de peces.**

8.1. Los Sistemas Ecológicos Lénticos

Usualmente se considera que cada cuerpo de agua léntico está compuesto por un sin-número de sistemas ecológicos. Sin embargo, para el alcance del presente trabajo esto se escapa de las capacidades y posiblemente sea más pertinente realizar este tipo de análisis al nivel de un área administrativa para el diseño de su plan de conservación. La información más reciente es la del Inventario de Cuerpos de Agua de Centroamérica (PREPAC-OIRSA 2005), donde el equipo reportó un total de 480 cuerpos de agua naturales en Costa Rica (excluye reservorios y embalses). Los cuerpos de agua con coordenadas geográficas (430) han sido representados en la **Figura 5**. La distribución de estos sistemas lacustres usando la clasificación de PREPAC/OIRSA (2005) se muestra en el **Anexo 3**.

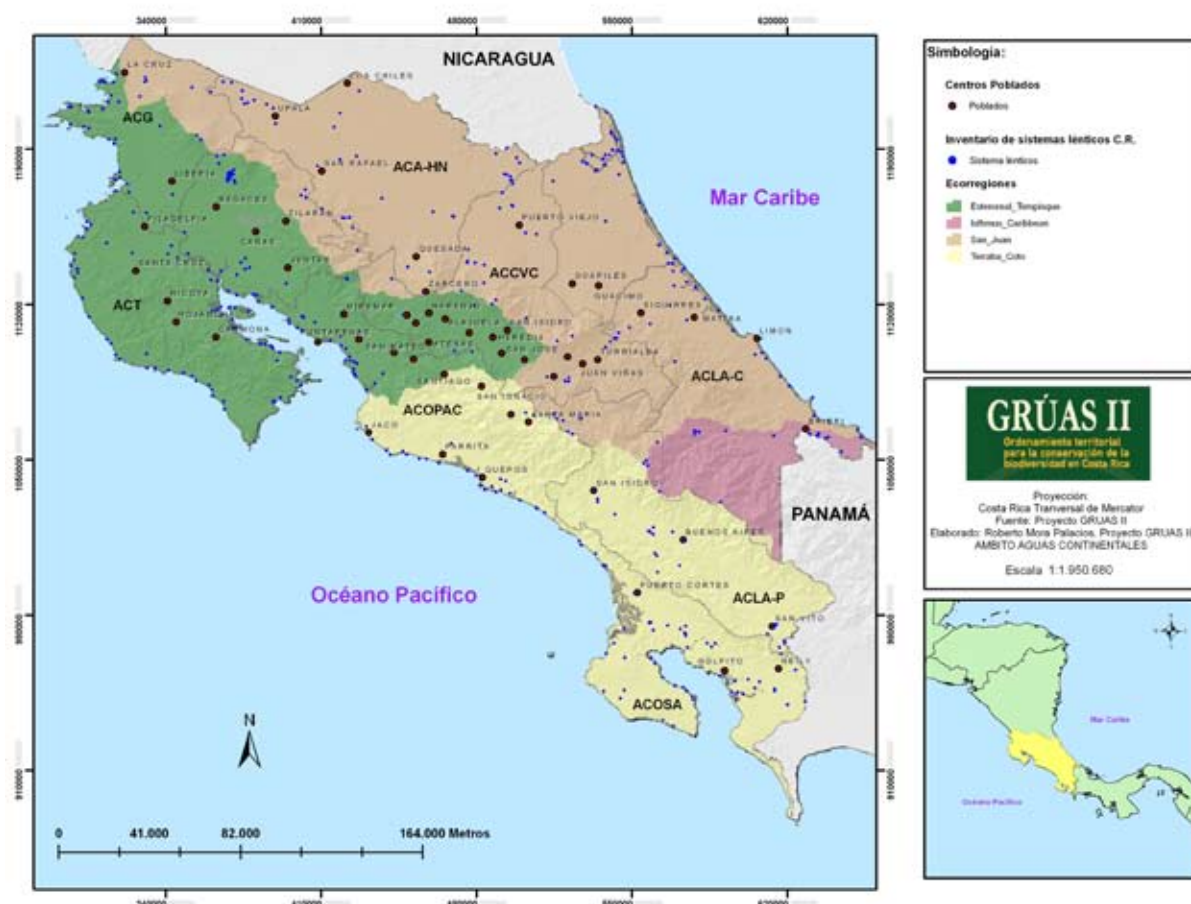


Figura 5. Los sistemas lénticos de Costa Rica reportados en el Inventario de Sistemas Lénticos en Centroamérica (PREPAC/OIRSA 2005).

Durante la experiencia realizada al nivel Centroamericano en la identificación de sitios de conservación (TNC 2007), la clasificación de los sistemas lénticos fue revisada por el equipo de expertos de cada país. El consenso fue que la clasificación usada por el PREPAC/OIRSA (2005) es útil para la meta de ese proyecto (conocer los cuerpos de agua, su uso y potencial de pesca); sin embargo, para efectos de conservación es necesario hacer el esfuerzo por definir mejor los elementos de la biodiversidad que vamos a usar como objetos de conservación y aumentar las probabilidades de capturar la mayor cantidad de biodiversidad existente en los cuerpos lacustres o lénticos. Consecuentemente, fue realizada una separación

de los tipos de cuerpos de agua usando adicionalmente 1) el origen del sistema, 2) la elevación en la cual se encuentra y 3) si su funcionamiento es cerrado (sin salida de agua) o abierto (con efluentes o salida del agua) (**Anexo 4**).

Después de haber hecho el análisis de los criterios en Costa Rica, hemos encontrado que hay un total de 26 tipos de sistemas acuáticos lénticos (**Anexo 5**) y, entre las 4 ecorregiones de agua dulce que convergen aquí, éstos se distribuyen desde únicamente 7 hasta 22 tipos de sistemas lénticos en las ecorregiones Isthmus Caribbean y San Juan, respectivamente (**Cuadro 3**).

Cuadro 3. Los sistemas acuáticos lénticos en las ecorregiones y UED de Costa Rica.

Ecorregión	Abundancia	No. tipos de sistemas lénticos	UED	Abundancia	No. tipos de sistemas lénticos
San Juan	126	22	Los Guatusos-Cocibolca	30	7
			San Carlos	65	13
			Caribe	31	16
Estero Real-Tempisque	83	15	Santa Elena	9	4
			Nosara	13	4
			Nicoya	6	2
			Tempisque	36	7
			Puntarenas	9	4
			Tárcoles	10	6
Térraba Coto	82	14	Quepos	18	7
			Térraba	33	8
			Osa	31	7
Isthmus Caribbean	17	7	Sixaola	17	7

8.2. Los Sistemas Ecológicos Lóticos

El área de drenaje de los sistemas acuáticos lóticos (SEL), puede variar desde 100 km² o menos hasta el tamaño máximo de una cuenca completa del espacio de trabajo (en Costa Rica es la cuenca del río Grande de Térraba con 5085 km²). El proceso para la clasificación sistematizada se ha fundamentado en 1) tamaño del área de drenaje, 2) elevación, 3) patrón climático y 4) conectividad; para un total de 4 criterios subdivididos en 17 categorías y 300 posibilidades de tipos de sistemas acuáticos lóticos (Descripción metodológica en el **Anexo 6**).

Después de haber hecho el análisis de los criterios en Costa Rica, hemos encontrado que entre los 48,796 km de cursos de agua, es posible encontrar 64 tipos diferentes de sistemas ecológicos lóticos. Entre las 4 ecorregiones de agua dulce, San Juan y Estero Real-Tempisque aparecen como las zonas con mayor diversidad (44 y 32 respectivamente) y 18 en Isthmus Caribbean (**Cuadro 4**). Sin embargo, la heterogeneidad físico-química más detallada resalta en la ecorregión Térraba Coto y Estero Real-Tempisque con una relación alta (6.32 y 6.22 respectivamente) entre el número de macrohábitats (MH) y los sistemas ecológicos lóticos. La descripción detallada de cada uno de los sistemas ecológicos lóticos ha sido recopilada en el **Anexo 7**.

Cuadro 4. Representación de los sistemas y macrohábitats lóticos en Costa Rica y en las Áreas Silvestres Protegidas (ASP).

Ecorre- gión	Longi- tud (km)	Longi- tud en SAP (km)	No. Tipos de SEL	No. Macro- hábitats	Índice de He- teroge- neidad (MH/ SEL)	UED	Lon- gitud (km)	No. Tipos de SEL	No. Ma- crohá- bitats (MH)	Longi- tud en ASP (km)
San Juan	21626	4259	44	151	3.43	Los Guatusos-Cocibolca	5774	18	54	520
						San Carlos	7764	27	78	2006
						Caribe	8097	30	101	1732
Estero Real – Tempis- que	13656	899	32	199	6.22	Santa Elena	520	5	41	254
						Nosara	2253	5	29	41
						Nicoya	879	5	22	45
						Tempisque	5721	21	99	452
						Puntarenas	1155	11	54	8
						Tárcoles	3129	21	113	99
Térraba Coto	11229	1235	25	158	6.32	Quepos	3402	17	88	456
						Térraba	4997	17	99	504
						Osa	2830	11	63	733
Isthmus Cari- bbean	2285	1692	18	94	5.22	Sixaola	2285	18	94	1235

Los macrohábitats (Higgins 2005) representan la heterogeneidad más fina del sistema acuático, usualmente determinado por la velocidad de la corriente, el tipo de sustrato predominante y la calidad de las aguas (Los criterios para la clasificación de macrohábitats en el **Anexo 6**). La diversidad o heterogeneidad encontrada en Costa Rica alcanza 515 tipos de macrohábitats diferentes, que es demasiado alta para usarlos como objetos de conservación. Consecuentemente, para los ejercicios de identificación de sitios de conservación en la región Centroamericana y la de identificación de vacíos en

Costa Rica, hemos utilizado los elementos de conservación resultado de la clasificación de los “**sistemas ecológicos**”.

Es posible identificar especies que permanecen la mayor parte de su ciclo de vida en un tipo de macrohábitat; sin embargo, hay movilización entre macrohábitats del sistema acuático con alguna frecuencia (i.e. reproducción- intercambio genético, alimentación, refugio), la cual es mayor que la movilización que ocurre entre los sistemas acuáticos del ecosistema (i.e. entre río y zonas de inundación, desembocadura,

lagos, océano) (Svendsen *et al.* 2004). Es por ello, que los macrohábitats constituyen en sí mismos elementos de diversidad biológica importantes en los esfuerzos de conservación. Para un futuro, es posible que la información relacionada con el funcionamiento ecológico de los macrohábitats esté disponible y sea posible trabajar en el afinamiento de las estrategias de conservación al nivel de sitio usando los macrohábitats.

8.3. Las Especies

Las especies usualmente han sido utilizadas como elementos para la conservación con alta prioridad, particularmente cuando se tiene información sobre el estado decreciente de sus poblaciones. Usualmente se usan tres criterios en la identificación de las especies como objeto de conservación:

- 1) el estado de las poblaciones de las especies al nivel global

(Lista Roja de la UICN), 2) el estado de las poblaciones de las especies al nivel nacional como especies amenazadas o de importancia religiosa y/o socioeconómica y 3) la unicidad o endemismo. Para ello, la información necesaria, como mínimo, debe referirse al espacio geográfico donde es posible encontrarlas tanto potencialmente como actualmente.

Los grupos de especies acuáticas; anfibios, reptiles, mamíferos, insectos acuáticos, peces y plantas acuáticas que cumplen con al menos uno de los criterios para tomarles en cuenta como objetos de conservación asciende a 65 especies (**Anexo 8**). Sin embargo, la información disponible para definir su distribución espacial y estado de las poblaciones es prácticamente inexistente. En consecuencia, la decisión que se ha tomado es la de usar la distribución reportada por Bussing (1998) para las 18 especies endémicas de peces (**Cuadro 5**) como el espacio donde se encuentran actualmente estas especies.

Cuadro 5. Especies endémicas de peces en Costa Rica (Bussing (1998), área de distribución total y en Áreas Silvestres Protegidas (ASP).

Id.	Nombre de la Especie	Región	Área distribución (km ²)	Área en ASP (km ²)	Proporción en ASP (%)
1	<i>Archocentrus myrnae</i>	Caribe	1431	79	5.52
2	<i>Archocentrus sajica</i>	Pacífico Sur	5552	1535	27.65
3	<i>Astatheros diques</i>	Caribe	6856	1582	23.07
4	<i>Brachyrhaphis olomina</i>	Pacífico Norte	23458	3760	16.03
5	<i>Brachyrhaphis rhabdophora</i>	Pacífico Sur	5182	1527	29.47
6	<i>Bryconamericus terrabensis</i>	Pacífico Sur/cuenca Térraba	3187	204	6.40
7	<i>Gobiesox potamius</i>	Pacífico	6202	1808	29.15
8	<i>Hyphessobrycon savagei</i>	Pacífico Sur	1925	272	14.13
9	<i>Nannorhamdia lineata</i>	Pacífico Sur/cuenca Térraba	3933	575	14.62
10	<i>Pballichthys quadripunctatus</i>	Caribe	612	37	6.05
11	<i>Piabucina boruca</i>	Pacífico Sur/cuenca Térraba	4752	697	14.67
12	<i>Poeciliopsis paucimaculata</i>	Pacífico Sur/cuenca Térraba	3693	199	5.39
13	<i>Priapichthys annectens</i>	Caribe/Pacífico Norte	22912	4397	19.19
14	<i>Pseudocheirodon terrabae</i>	Pacífico Sur/cuenca Térraba	4015	396	9.86
15	<i>Pterobrycon myrnae</i>	Pacífico Sur	2174	343	15.78
16	<i>Rivulus fuscolineatus</i>	Caribe/Pacífico Arenal	448	42	9.38
17	<i>Rivulus glaucus</i>	Pacífico Sur/cuenca Térraba	377	0.78	0.21
18	<i>Roeboides ilseae</i>	Pacífico Sur	3553	421	11.85

Los peces de agua dulce en la región Mesoamericana alcanzan un total de 509 especies, con 340 endémicas (Mittermeier *et al.* 2002). En Costa Rica hay 139 especies y 18 endémicas (Bussing 1998). El ámbito de distribución de las

especies endémicas de Costa Rica es algo limitada, aunque entre ellas hay algún traslape, con la mayoría en el Pacífico Sur de Costa Rica (**Cuadro 5, Figuras 6a, 6b, 6c, 6d y 6e**).

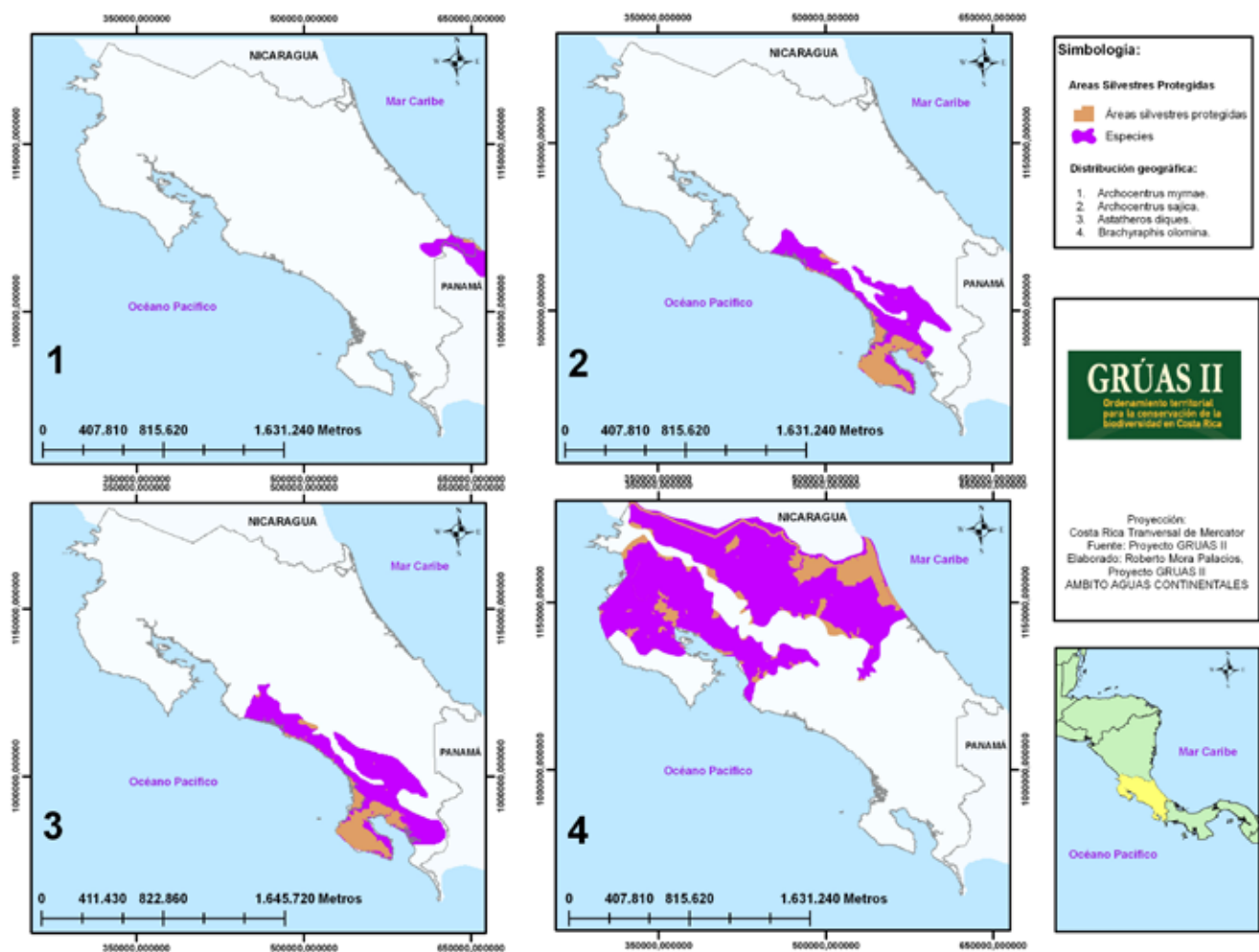


Figura 6a. Distribución geográfica total en Costa Rica y en las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) de 1. *Archocentrus myrnae*, 2. *Archocentrus sajica*, 3. *Astatheros diques*, 4. *Brachyraphis olomina*

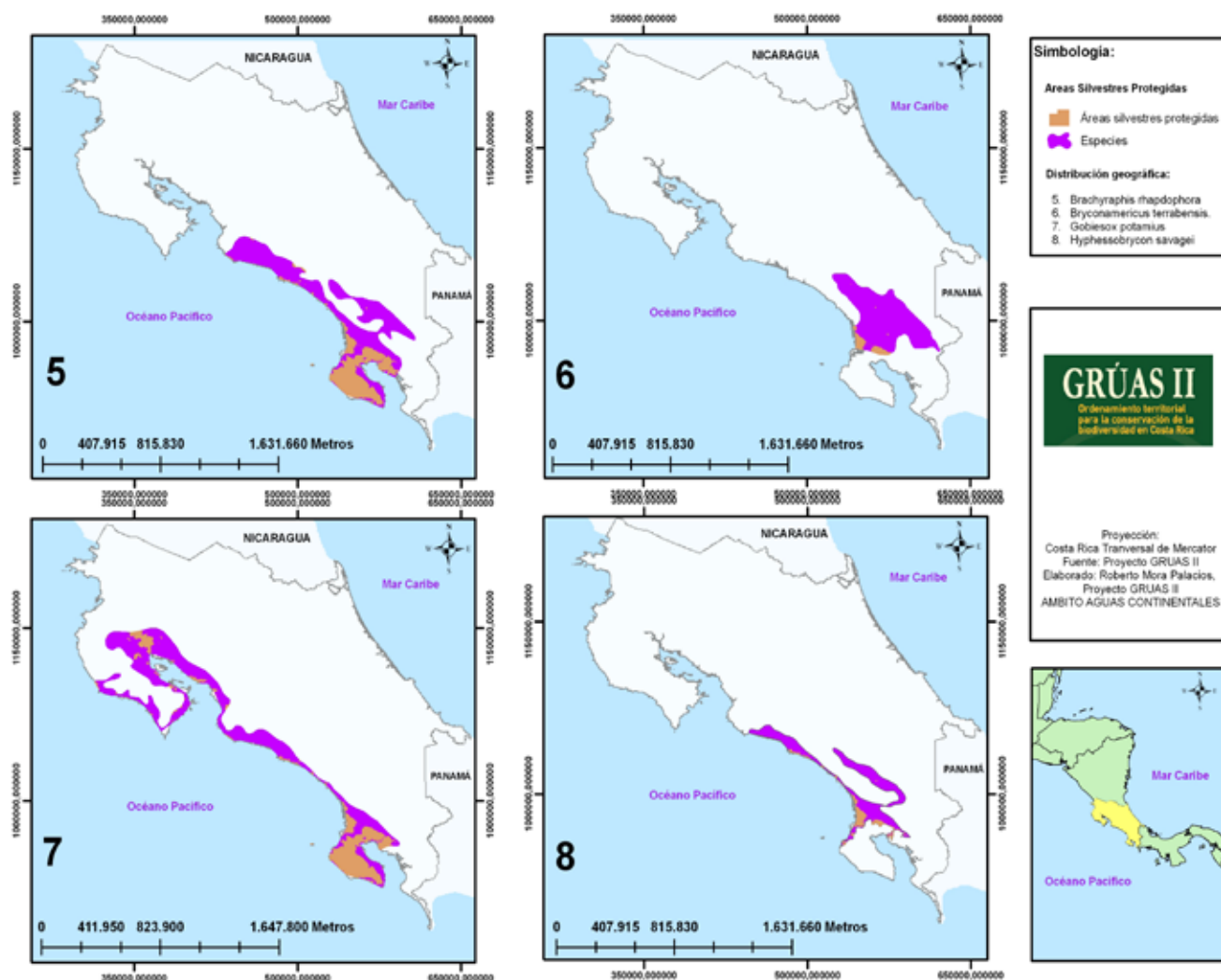


Figura 6b. Distribución geográfica total en Costa Rica y en las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) de 5. *Brachyrhaphis rhabdophora* y 6. *Bryconamericus terrabensis*. 7. *Gobiesox potamius*, 8. *Hyphessobrycon savagei*.

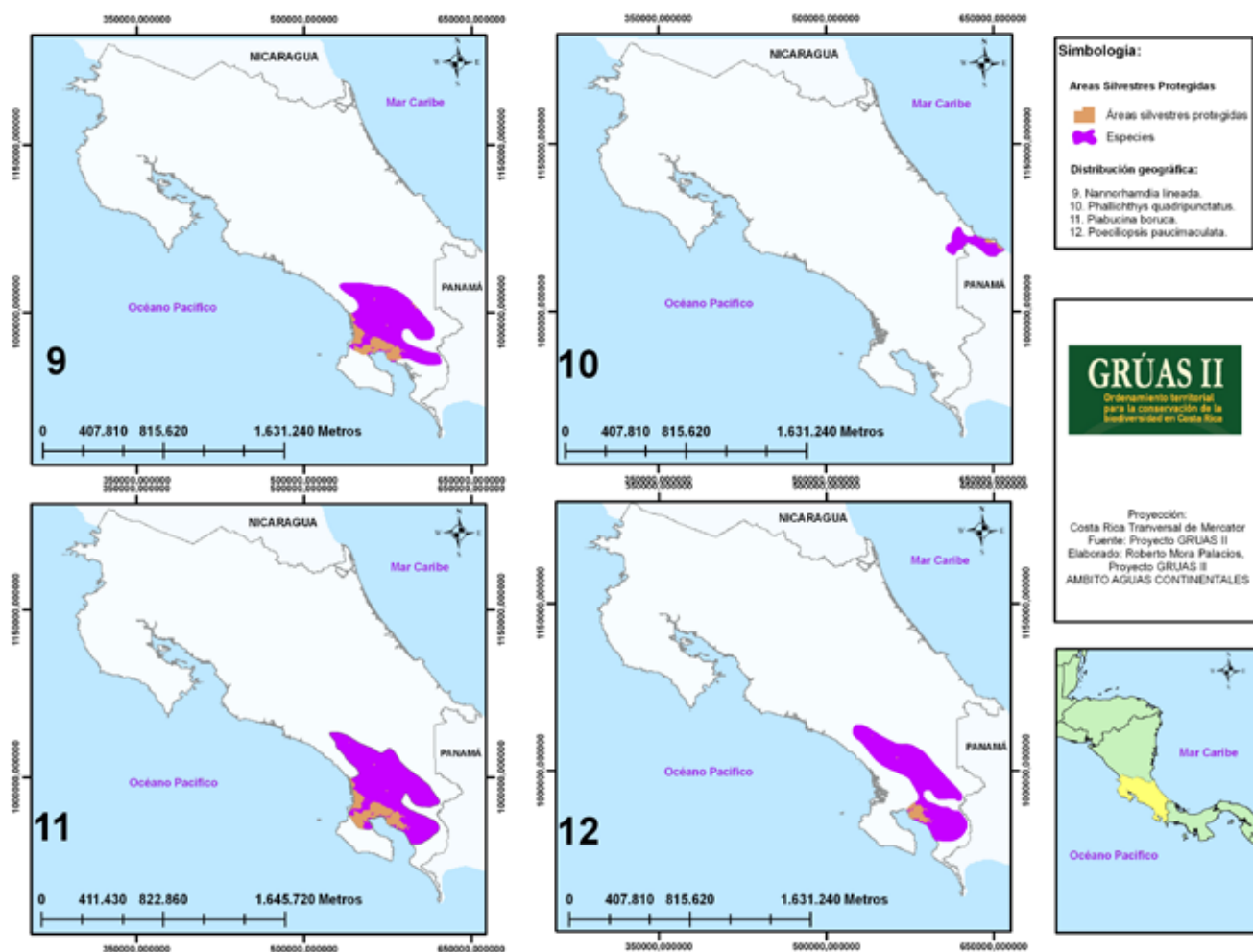


Figura 6c. Distribución geográfica total en Costa Rica y en las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) de 9. *Nannorhamdia lineada*, 10. *Phallichthys quadripunctatus*, 11. *Piabucina bornua* y 12. *Poeciliopsis paucimaculata*.

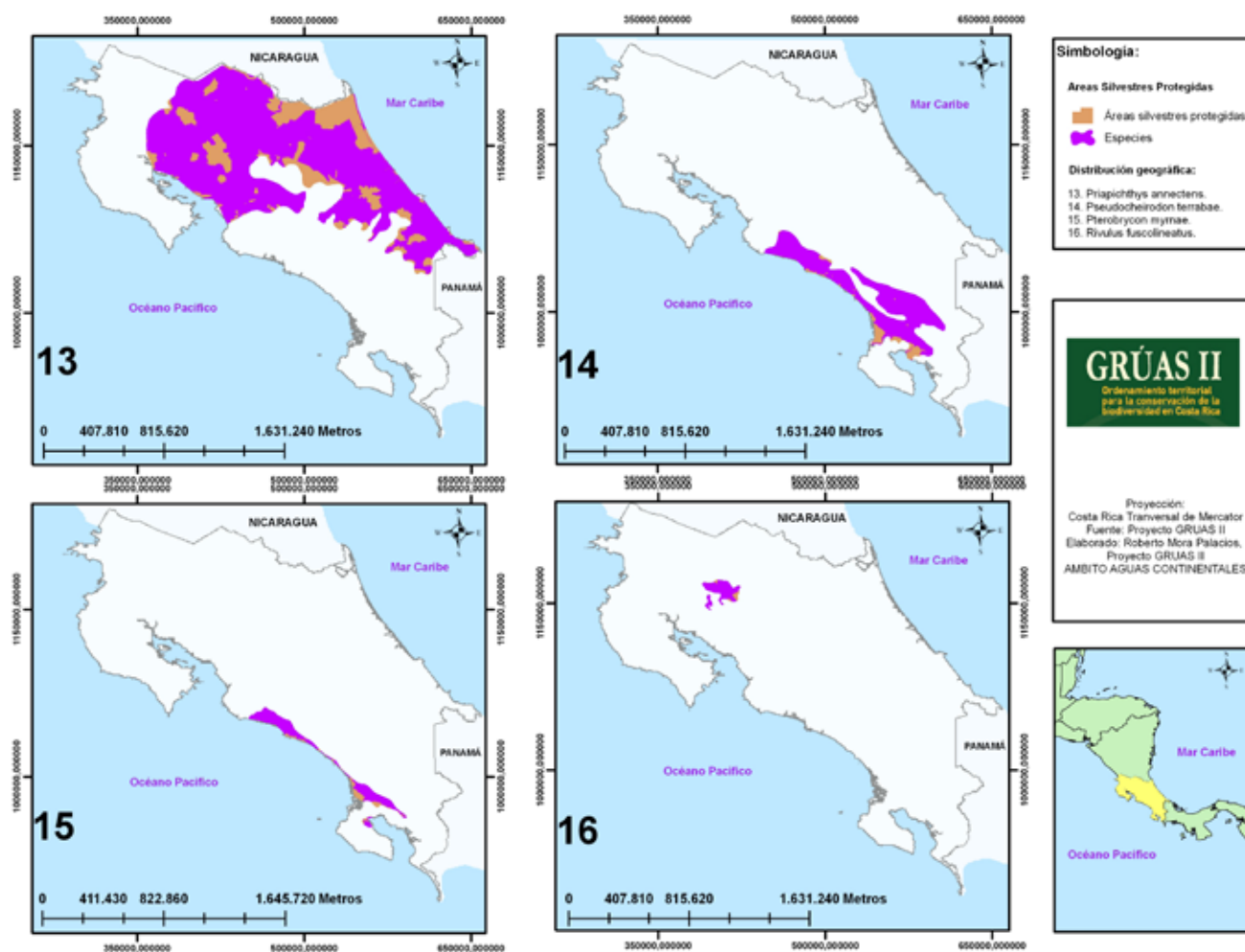


Figura 6d. Distribución geográfica total en Costa Rica y en las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) de 13. *Priapichthys annectens*, 14. *Pseudocheiroidon terrabae*, 15. *Pterobrycon myrmae*, 16. *Rivulus fuscolineatus*,

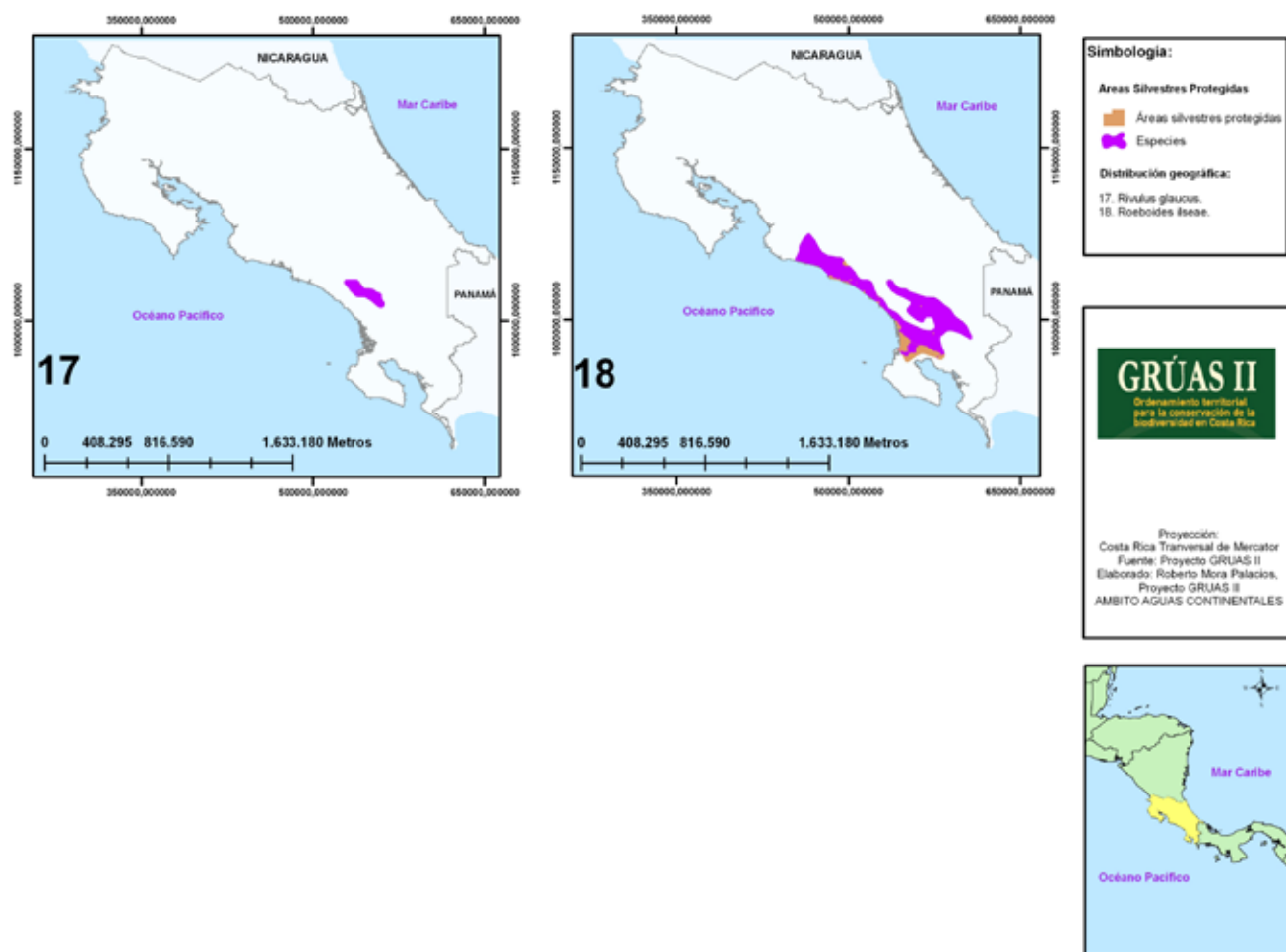


Figura 6e. Distribución geográfica total en Costa Rica y en las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) de 17. *Rivulus glaucus* y 18. *Roeboidea ilseae*.

9. Las metas y la integridad ecológica de los elementos de la biodiversidad

Las metas de conservación deberán ser definidas para uno de los elementos de la biodiversidad identificados como objetos de conservación. Esta meta deberá reflejar las condiciones necesarias para el mantenimiento de las poblaciones y comunidades que determinan al objeto de conservación en el tiempo y en el espacio. La meta es fundamental en el diseño de los sistemas, estrategias y acciones de conservación. Este paso busca responder a la pregunta “¿cuánto es suficiente?” para cada especie o sistema ecológico. Por ejemplo, ¿cuántas poblaciones de una especie de pez necesitan ser protegidas para garantizar su sobrevivencia? Y, ¿en cuál estado o condición? Y, ¿bajo cuál arreglo espacial? Así, Las metas especifican las características de una localización viable y deben ser de carácter numérico tomando en cuenta su *integridad ecológica* (Anexo 9).

La integridad ecológica (IE) de los objetos de conservación es fundamental para la comprensión del funcionamiento de los objetos de conservación. Los componentes que definen la IE son el “tamaño” o indicador de abundancia; la “condición” o estado del funcionamiento o estructura de las poblaciones o comunidades y el “contexto paisajístico” donde se encuentra inmerso el objeto de conservación (Groves *et al.* 2000). Para el caso del análisis de la integridad ecológica de los sistemas acuáticos, la información disponible relacionada con el tamaño y condición de las poblaciones y las comunidades acuáticas se encuentran muy dispersas e incompletas. Consecuentemente, la valoración de la IE únicamente es posible hacerla usando indicadores indirectos sobre el tamaño y la condición o funcionamiento de estos sistemas acuáticos.

En el **Anexo 10** se ha incluido el texto completo que describe la metodología utilizada para la valoración de la integridad ecológica de los sistemas ecológicos acuáticos.

9.1. Los Sistemas Ecológicos Lénticos

En Costa Rica es posible ubicar 480 cuerpos de agua (PREPAC/OIRSA 2005, **Figura 5**) donde la gran mayoría son sistemas de agua dulce pequeños denominados lagunetas. En el **Anexo 5** se describe los 26 tipos de sistemas ecológicos lénticos presentes en Costa Rica. Los sistemas ecológicos lénticos han sido clasificados usando varios criterios generales que nos permite discernir diferencias en diversidad biológica. Entonces, la meta de conservación establecida para los sistemas ecológicos lénticos es “*uno de cada tipo en cada una de la UED*” (**Cuadro 6**); quedando con una propuesta inicial de 92 cuerpos de agua (+ las réplicas de origen glacial) distribuidos entre las 13 Unidades Ecológicas de Drenaje que tiene Costa Rica entre las 4 ecorregiones. Los sistemas ecológicos lénticos de origen glacial se considera que deben ser conservados en un 100 %.

La escogencia de los mejores ejemplos de sistemas lóticos lénticos que nos permita el cumplimiento de la meta establecida se hará siguiendo los siguientes criterios: a) unicidad (si es el único en la UED éste es escogido), cuando hay más de un representante se escoge aquel sistema que b) tiene especies de importancia biológica-evolutiva, c) la cobertura de plantas acuáticas es baja o ausente, d) no tiene especies exóticas reportadas (ej. Tilapia, trucha), e) en igualdad de condiciones se escoge el que tiene el espejo de agua mayor.

La información disponible relacionada con estos criterios no se encuentra disponible en forma sistemática para todos los cuerpos de agua en Costa Rica, por lo que es importante mantener en mente que la aplicación de estos criterios siguió “*el criterio de expertos*” durante el proceso de consulta para la definición de la propuesta de conservación.

Cuadro 6. La meta para los sistemas ecológicos lénticos en las Unidades Ecológicas de Drenaje (UED) de Costa Rica, en comparación con las ocurrencias presentes en el Sistema de Áreas Protegidas (SAP), y la propuesta correspondiente.

Ecorregión	No. tipos de sistemas lénticos	UED	No. tipos de sistemas lénticos	Meta	No. en SAP	Vacío por tipo de sistema ecológico
San Juan	22	Los Guatusos-Cocibolca	7	7	7	0
		San Carlos	13	13	12	1
		Caribe	16	16	7	9
Estero Real-Tempisque	13	Santa Elena	4	4	4	0
		Nosara	4	4	1	3
		Nicoya	2	2	0	2
		Tempisque	7	7	3	4
		Puntarenas	3	4	0	4
		Tárcoles	6	6	0	6
Térraba Coto	14	Quepos	7	7	4	3
		Térraba	8	8	4	4
		Osa	7	7	4	3
Isthmus Caribbean	7	Sixaola	7	7	4	3

9.2. Los Sistemas Ecológicos Lóticos

Los sistemas ecológicos lóticos por su característica intrínseca definida por la longitud presente en el paisaje, tiene metas diferenciales por la abundancia o representatividad en el espacio de trabajo (e.g. ecorregión o país) (Higgins y Bryer 2000, **Anexo 9**). Este criterio de meta ha sido usado en el análisis de identificación de sitios de conservación al nivel ecorregional de Centroamérica (**Cuadro 7**, TNC 2007). Para el caso de la identificación de vacíos en el sistema de conservación de Costa Rica, ha sido utilizada esta meta mientras no se tenga información detallada sobre el funcionamiento de los sistemas ecológicos que permita afinar este criterio. Las localidades que serán escogidas para el cumplimiento de la meta son aquellas cuya integridad ecológica sea muy buena o buena.

Cuadro 7. Criterio para la definición de las metas de conservación para los sistemas ecológicos lóticos en Costa Rica.

Longitud total	Categoría de Abundancia	Meta de conservación propuesta porcentual
< 25 km	Rara (1)	50%
26-250 km	Poco común (2)	20%
251-2500 km	Común (3)	10%
> 2500 km	Muy común (4)	5%

Cada uno de los sistemas ecológicos lóticos tiene una representatividad diferente en el país que les ubica en las varias categorías de abundancia y en consecuencia se le calcula la meta en kilómetros correspondiente (**Cuadro 8**). Esta meta se espera que permita la conservación de los atributos que mantienen las especies, comunidades y macrohábitats que definen a cada uno de los sistemas ecológicos.

Usando los TNC Tools (2002), hemos procedido a categorizar el espacio geográfico usando indicadores que permitan

la interpretación de la integridad ecológica de los sistemas ecológicos lóticos. Los indicadores usados son a) el número de habitantes, b) la densidad de carreteras en el área de drenaje directa, c) el número de cruces o intersecciones de las carreteras sobre los sistemas lóticos, d) el porcentaje de cobertura natural en el área de drenaje directa y e) la ubicación de represas (cabeceras o cuenca media). La integridad ecológica se ha ordenado en cuatro categorías: 1) muy buena, 2) buena, 3) regular y 4) pobre (**Figura 7, Cuadro 8**).

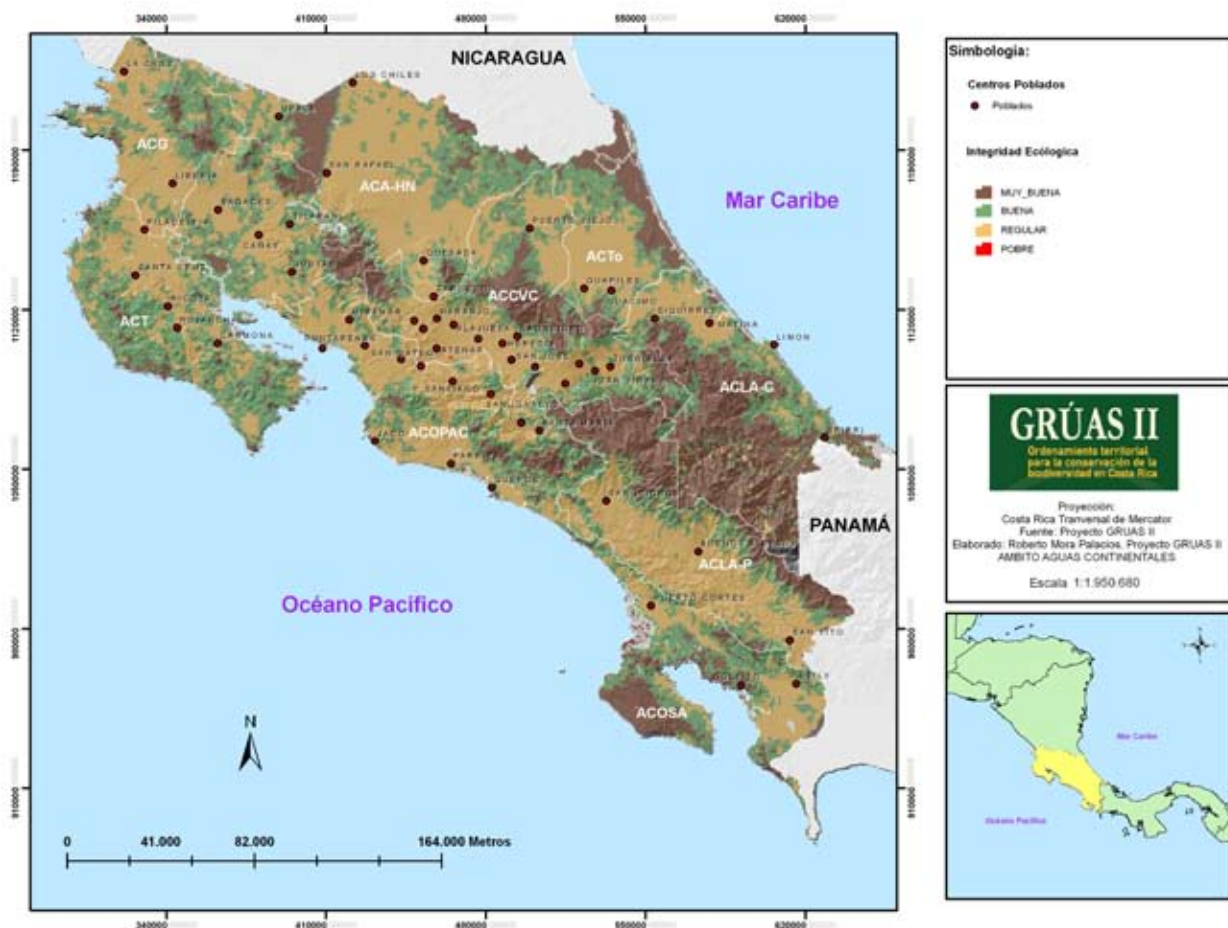


Figura 7. Integridad ecológica de los sistemas ecológicos lóticos en Costa Rica.

Cuadro 8. Metas e integridad ecológica de los sistemas ecológicos lóticos de Costa Rica en comparación con las ocurrencias en las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) y el cálculo del vacío correspondiente. SEG = el segmento se conecta con otro segmento igual, LAG = el segmento se conecta con un cuerpo de agua (lago o laguna laguneta) y OCE = el segmento se conecta con el océano. Los códigos para los regímenes de precipitación y elevación se encuentran en los anexos.

** Las diferencias en longitud entre el vacío (longitud necesaria para el cumplimiento de la meta establecida) y la propuesta radican en que los segmentos de río con las características necesarias tienen una longitud determinada, la cual ha sido mantenida.

Id.	Tamaño de Cuenca	Elevación (msnm)	Regimen de Precipitación	Conectividad	Longitud (km)	Macrohábitats
1	Quebradas	Alto	Cuatro	Seg	4.23	1
2	Quebradas	Alto	Dos	Seg	9.88	3
3	Quebradas	Alto	Tres	Seg	33.49	5
4	Quebradas	Bajo	Cuatro	Seg	32.75	4
5	Quebradas	Bajo	Dos	Seg	116.52	6
6	Quebradas	Bajo	Dos	Lag	2.69	1
7	Quebradas	Bajo	Tres	Seg	198.72	14
8	Quebradas	Bajo	Tres	Lag	0.40	1
9	Quebradas	Llanura	Cuatro	Oce	9.10	3
10	Quebradas	Llanura	Cuatro	Seg	260.56	17
11	Quebradas	Llanura	Cuatro	Lag	1.60	3
12	Quebradas	Llanura	Dos	Seg	432.86	11
13	Quebradas	Llanura	Tres	Seg	338.38	18
14	Quebradas	Llanura	Tres	Oce	4.04	4
15	Quebradas	Llanura	Tres	Lag	2.13	1
16	Quebradas	Llanura	Uno	Oce	1.34	1
17	Quebradas	Llanura	Uno	Seg	111.53	6
18	Riachuelos	Alto	Cuatro	Seg	444.77	15
19	Riachuelos	Alto	Dos	Seg	3138.04	16
20	Riachuelos	Alto	Dos	Lag	13.61	2
21	Riachuelos	Alto	Tres	Seg	4273.07	21
22	Riachuelos	Alto	Uno	Seg	122.63	5
23	Riachuelos	Bajo	Cuatro	Lag	1.16	1

Meta (%)	Meta (km)	Longitud cauces en SAP	Vacío (km) a buscar fuera de ASP	Propuesta (km) para llenar los vacíos **
50	2.12	0.00	2.12	3.88
50	4.94	2.81	2.13	2.29
20	6.70	12.42	0.00	0.00
20	6.55	0.00	6.55	7.10
20	23.30	16.44	6.86	7.01
50	1.35	0.00	1.35	2.69
20	39.74	5.92	33.82	34.85
50	0.20	0.00	0.20	0.40
50	4.55	0.00	4.55	5.74
10	26.06	7.23	18.83	20.95
50	0.80	0.79	0.01	0.16
10	43.29	56.64	0.00	0.00
10	33.84	0.74	33.10	38.14
50	2.02	0.00	2.02	2.61
50	1.06	0.00	1.06	2.13
50	0.67	0.00	0.67	1.34
20	22.31	0.00	22.31	26.40
10	44.48	7.34	37.14	38.46
5	156.90	1536.39	0.00	0.00
50	6.80	0.00	6.80	7.23
5	213.65	1816.99	0.00	0.00
20	24.53	25.79	0.00	0.00
50	0.58	1.16	0.00	0.00

CONTINÚA

24	Riachuelos	Bajo	Cuatro	Seg	1361.17	20
Id.	Tamaño de Cuenca	Elevación (msnm)	Regimen de Precipitación	Conectividad	Longitud (km)	Macrohábitats
25	Riachuelos	Bajo	Dos	Seg	3051.00	14
26	Riachuelos	Bajo	Dos	Lag	85.90	6
27	Riachuelos	Bajo	Tres	Seg	5278.47	22
28	Riachuelos	Bajo	Tres	Lag	9.14	3
29	Riachuelos	Bajo	Uno	Lag	3.61	2
30	Riachuelos	Bajo	Uno	Seg	1206.21	10
31	Riachuelos	Llanura	Cinco	Oce	11.68	5
32	Riachuelos	Llanura	Cinco	Seg	211.93	8
33	Riachuelos	Llanura	Cuatro	Oce	364.09	16
34	Riachuelos	Llanura	Cuatro	Seg	8099.71	26
35	Riachuelos	Llanura	Cuatro	Lag	31.15	8
36	Riachuelos	Llanura	Dos	Oce	73.10	11
37	Riachuelos	Llanura	Dos	Lag	21.84	8
38	Riachuelos	Llanura	Dos	Seg	7453.05	23
39	Riachuelos	Llanura	Tres	Seg	6649.43	25
40	Riachuelos	Llanura	Tres	Lag	33.63	11
41	Riachuelos	Llanura	Tres	Oce	186.81	10
42	Riachuelos	Llanura	Uno	Seg	4004.15	16
43	Riachuelos	Llanura	Uno	Oce	45.15	3
44	Riachuelos	Llanura	Uno	Lag	6.76	4
45	Riachuelos	Muy Alto	Tres	Seg	116.61	3
46	Riachuelos	Muy Alto	Tres	Oce	0.69	1
47	Rio Grande	Llanura	Cuatro	Seg	114.73	3
48	Rio Grande	Llanura	Dos	Oce	4.65	1
49	Rio Grande	Llanura	Dos	Seg	29.51	3
50	Rio Mediano	Llanura	Cuatro	Oce	0.22	1

10	136.12	90.57	45.55	51.90
Meta (%)	Meta (km)	Longitud cauces en SAP	Vacío (km) a buscar fuera de ASP	Propuesta (km) para llenar los vacíos **
5	152.55	611.15	0.00	0.00
20	17.18	8.78	8.40	12.80
5	263.92	350.68	0.00	0.00
50	4.57	1.32	3.25	3.39
50	1.80	0.29	1.51	1.92
10	120.62	255.69	0.00	0.00
50	5.84	7.56	0.00	0.00
20	42.39	30.70	11.69	13.27
10	36.41	39.97	0.00	0.00
5	404.99	574.07	0.00	0.00
20	6.23	3.69	2.54	3.50
20	14.62	11.57	3.05	3.78
50	10.92	9.52	1.40	2.56
5	372.65	1394.28	0.00	0.00
5	332.47	851.80	0.00	0.00
20	6.73	8.14	0.00	0.00
20	37.36	31.12	6.24	12.54
5	200.21	155.43	44.78	46.56
20	9.03	6.40	2.63	4.68
50	3.38	0.00	3.38	6.05
20	23.32	106.89	0.00	0.00
50	0.34	0.69	0.00	0.00
20	22.95	23.10	0.00	0.00
50	2.33	4.65	0.00	0.00
20	5.90	8.15	0.00	0.00
50	0.11	0.00	0.11	0.22

CONTINÚA

51	Rio Mediano	Llanura	Cuatro	Seg	13.66	2
Id.	Tamaño de Cuenca	Elevación (msnm)	Regimen de Precipitación	Conectividad	Longitud (km)	Macrohábitats
52	Rio Mediano	Llanura	Dos	Oce	0.72	1
53	Rio Mediano	Llanura	Dos	Seg	41.87	2
54	Rio Mediano	Llanura	Tres	Oce	0.54	1
55	Rio Mediano	Llanura	Tres	Seg	60.60	3
56	Rio Pequeño	Bajo	Cuatro	Seg	17.83	3
57	Rio Pequeño	Bajo	Dos	Seg	31.29	3
58	Rio Pequeño	Llanura	Cuatro	Oce	3.63	2
59	Rio Pequeño	Llanura	Cuatro	Seg	134.72	6
60	Rio Pequeño	Llanura	Dos	Seg	281.17	6
61	Rio Pequeño	Llanura	Tres	Oce	3.13	2
62	Rio Pequeño	Llanura	Tres	Seg	120.90	12
63	Rio Pequeño	Llanura	Uno	Seg	77.08	3
64	Rio Pequeño	Llanura	Uno	Oce	1.31	1

9.3. Las Especies

La distribución de las especies representa el espacio que integra la respuesta a las necesidades de la especie, desde el punto de vista alimenticio (larval y adulto) y reproductivo (apareamiento, anidación, oviposición y desarrollo de las larvas). Estos diferentes espacios pueden o no estar representados en múltiples ubicaciones dentro de la distribución general de la especie. Hay especies que para satisfacer sus necesidades deben realizar migraciones entre zonas bajas y altas; entre aguas dulces y aguas estuarinas o marinas o entre cuencas. Entre las 18 especies endémicas de Costa Rica, ninguna de ellas muestran un comportamiento migratorio.

La meta de conservación para las especies de los sistemas de aguas continentales gira alrededor de las especies de peces

endémicas, donde el 100 % de ellas deberá ser considerado como objeto de conservación. Sin embargo, definir cuál debe ser el mínimo espacio indispensable para el mantenimiento o fortalecimiento de las poblaciones de las especies endémicas es algo delicado.

En las indicaciones establecidas por la CDB (**Anexo 2**) es importante mantener al menos el 10 % de los ecosistemas y hábitats que mantienen a las especies. Tomando esto como una referencia es posible establecer que para las 18 especies endémicas, el sistema de áreas silvestres protegidas deberá incorporar al menos el 10 % del espacio geográfico que mantiene a estas especies.

50	6.83	7.12	0.00	0.00
Meta (%)	Meta (km)	Longitud cauces en SAP	Vacío (km) a buscar fuera de ASP	Propuesta (km) para llenar los vacíos **
50	0.36	0.00	0.36	0.72
20	8.37	0.91	7.46	14.58
50	0.27	0.54	0.00	0.00
20	12.12	2.79	9.33	10.44
50	8.91	0.00	8.91	9.42
20	6.26	2.37	3.89	4.97
50	1.81	2.44	0.00	0.00
20	26.94	13.27	13.67	18.73
10	28.12	22.93	5.19	5.23
50	1.56	0.00	1.56	2.13
20	24.18	6.40	17.78	19.61
20	15.42	0.00	15.42	20.15
50	0.66	0.00	0.66	0.71

10. La propuesta de conservación

10.1. Sistemas Ecológicos Lénticos

La valoración de la integridad ecológica ha sido analizada en forma individual con el fin de generar la propuesta de conservación de sistemas lénticos, en cumplimiento de la meta establecida de *“al menos un representante por tipo por UED, con una integridad ecológica muy buena o buena”*.

De los 480 sistemas se ha eliminado las lagunas costeras quedando con un conjunto de 308 sistemas lénticos presentes en el país que representan 26 tipos diferentes de los cuales la gran mayoría se encuentran representados en la ecorregión San Juan en las Unidades Ecológicas de Drenaje San Carlos y Caribe (**Cuadro 6**). La meta de conservación ha sido establecida hasta el nivel de las UED con el fin de aumentar las probabilidades de protección de estos sistemas ecológicos considerados como altamente vulnerables a los cambios de uso de la tierra, al uso mismo de la tierra con prácticas poco sostenibles así como a la introducción de especies exóticas como la Tilapia y la trucha y, a cambios globales de origen climático.

El sistema administrativo de áreas silvestres protegidas en Costa Rica contiene sistemas acuáticos continentales; sin embargo, la incorporación de estos sistemas ha sido primordialmente porque forman parte del paisaje terrestre que ha sido definido para conservación. En el análisis actual, con el apoyo de un grupo de expertos se obtiene una propuesta general de conservación que asciende a un máximo de 122 cuerpos de agua.

VISION NACIONAL

Al comparar la ubicación de los sistemas lacustres con las áreas silvestres protegidas, encontramos que 23 tipos de sistemas ecológicos lénticos se encuentran protegidos dentro de las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) al nivel nacional, quedando sin representación únicamente tres; 1) Sistema de profundidad mayor a los 10 m, ubicado a una elevación entre 300 y 1000 m snm, de origen volcánico y de funcionamiento abierto; 2) Sistema de profundidad menor a los 10 m y menor a 1 km² en espejo de agua, ubicado a una elevación entre 1000 y 2700 m snm, de origen glacial y de funcionamiento cerrado o endorreico y 3) Sistema de profundidad menor a los 10 m y menor a 1 km² en espejo de agua, ubicado a una elevación entre 300 y 1000 m snm, de origen tectónico y de funcionamiento cerrado o endorreico.

Los representantes de estos tres tipos de sistemas ecológicos lénticos que no se encuentran dentro de las ASP y que han sido propuestos para su conservación en las Unidades Ecológicas de Drenaje donde se encuentran, son siete: la Laguna Ayil, las Lagunetas Morrenas 0, 2, 3, y 4, la Laguna Lancaster y la Laguna Estero Blanco.

VISION POR UNIDAD ECOLOGICA DE DRENAJE

Al hacer el análisis al nivel de UED, el cumplimiento de la meta establecida se alcanza con una propuesta de 44 cuerpos de agua (**Cuadro 9, Figura 8**).

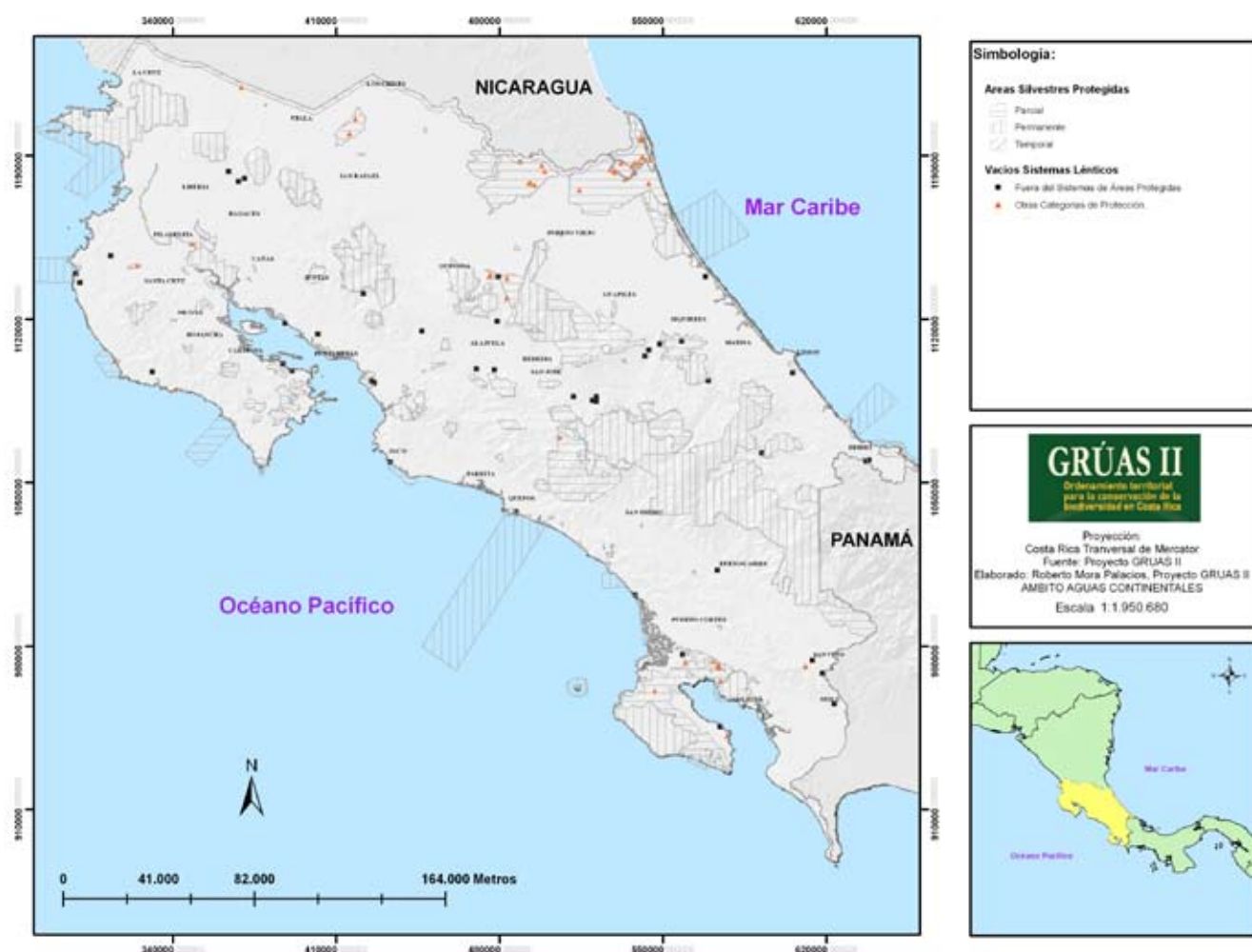


Figura 8. Propuesta para llenar los vacíos en conservación de los sistemas ecológicos lénticos.

Cuadro 9. Propuesta de conservación usando la meta para los sistemas ecológicos lénticos por Unidad Ecológica de Drenaje en Costa Rica.

Ecorre- gión	No. tipos de sistemas lénticos	UED	Abun- dancia	No. tipos de sistemas lénticos	Meta	No. en SAP	Propuesta
San Juan	22	Los Guatusos- Cocibolca	30	7	7	7	
		San Carlos	65	13	13	12	1.Laguneta María Aguilar
		Caribe	31	16	16	7* los sistemas de origen gla- ciar tiene la meta del 100 %	1.Lagunas Lancaster
							2. Laguna Bonillita
							3. Laguneta Limoncito
							4.Laguneta Morrenas 0, 2, 3 y 4
							5. Laguneta Cóncovas
							6. Laguna Ayil
							7. Laguna del Colombiano
							8. Laguneta Zent
							9. Laguneta Salvadora

CONTINÚA

Ecorregión	No. tipos de sistemas lénticos	UED	Abundancia	No. tipos de sistemas lénticos	Meta	No. en SAP	Propuesta
Estero Real-Tempisque	15	Santa Elena	9	4	4	4	
		Nosara	13	4	4	1	1. Laguneta Lagarto
							2. Laguneta Cangrejal
							3. Laguneta Tortugal
		Nicoya	6	2	2	0	1. Salinas de Lepanto
							2. Sin Nombre
		Tempisque	36	7	7	3	1. Laguna Estero Blanco
							2. Laguneta Peje
							3. Laguneta Mogote
							4. Laguna Limón
		Puntarenas	9	3	3	0	1. Laguneta Santolar (Punta Morales)
							2. Laguneta Arancibia
							3. Laguneta Ramírez
		Tárcoles	10	6	6	0	1. Laguna Grande
							2. Laguna Hule
							3. Lagunas Quebrada Estero
							4. Laguna Vueltas La Chanchera
							5. Laguna Coyote
							6. Laguneta Fraijanes

CONTINÚA

Ecorre- gión	No. tipos de sistemas lénticos	UED	Abun- dancia	No. tipos de sistemas lénticos	Meta	No. en SAP	Propuesta
Térraba Coto	14	Quepos	18	7	7	4	1. Laguneta Térraba
							2. Laguna Pochotal
							3. Laguna Negra
		Térraba	33	8	8	4	1. Zoncho (Julia)
							2. Laguneta Larga
							3. SN
							4. Laguna Ulytum
		Osa	31	7	7	4	1. Laguneta Valle Azul
							2. Laguneta Río Abrojos
Isthmus Cari- bbean	7	Sixaola	17	7 * todos los de ori- gen glaciar	7	4	3. Laguneta Tigre
							1. Laguna Shebei-Telire
							2. Laguneta Gandoca Sixaola
							3. Laguneta Aria (San Box)

10.2. Sistemas Ecológicos Lóticos

La integridad ecológica de los sistemas lóticos en Costa Rica mayoritariamente tiene una muy buena (10,556 km) y buena (14,284 km) condición; una cantidad considerable (49 %) se encuentran en estado regular (23,950 km) y pocos en estado pobre (14 km). Es importante recordar que la iniciativa de análisis al nivel ecorregional centroamericano (TNC 2007) ha generado una propuesta para sitios de conservación de sistemas de agua dulce.

Al realizar el análisis de los ríos que se encuentran dentro de las áreas silvestres protegidas (**Cuadro 4**) se encuentra que en total hay 47 de los 64 tipos de sistemas ecológicos lóticos representados; sin embargo únicamente 23 de ellos

cumplen con la meta ecológica establecida. Es por ello que la propuesta de conservación incluye representantes de 43 tipos diferentes de sistemas ecológicos lóticos (**Cuadro 8**). La escogencia de las ocurrencias para el cumplimiento de la meta y llenado de vacío de conservación se hace con base en 1) la propuesta generada al nivel ecorregional (TNC 2007), 2) cauces con una integridad ecológica muy buena o buena, 3) cercanía a un ASP y 4) criterio de experto. En algunos casos, fue necesario incluir algunas ocurrencias con una integridad ecológica regular, lo cual deberá ser tomado en cuenta en el diseño de las estrategias de conservación con lineamientos de restauración. La propuesta de conservación en total alcanza 471.24 km lineales de cauces y mínimo 1223 km² en área de drenaje a trabajar para su conservación (**Figura 9**).

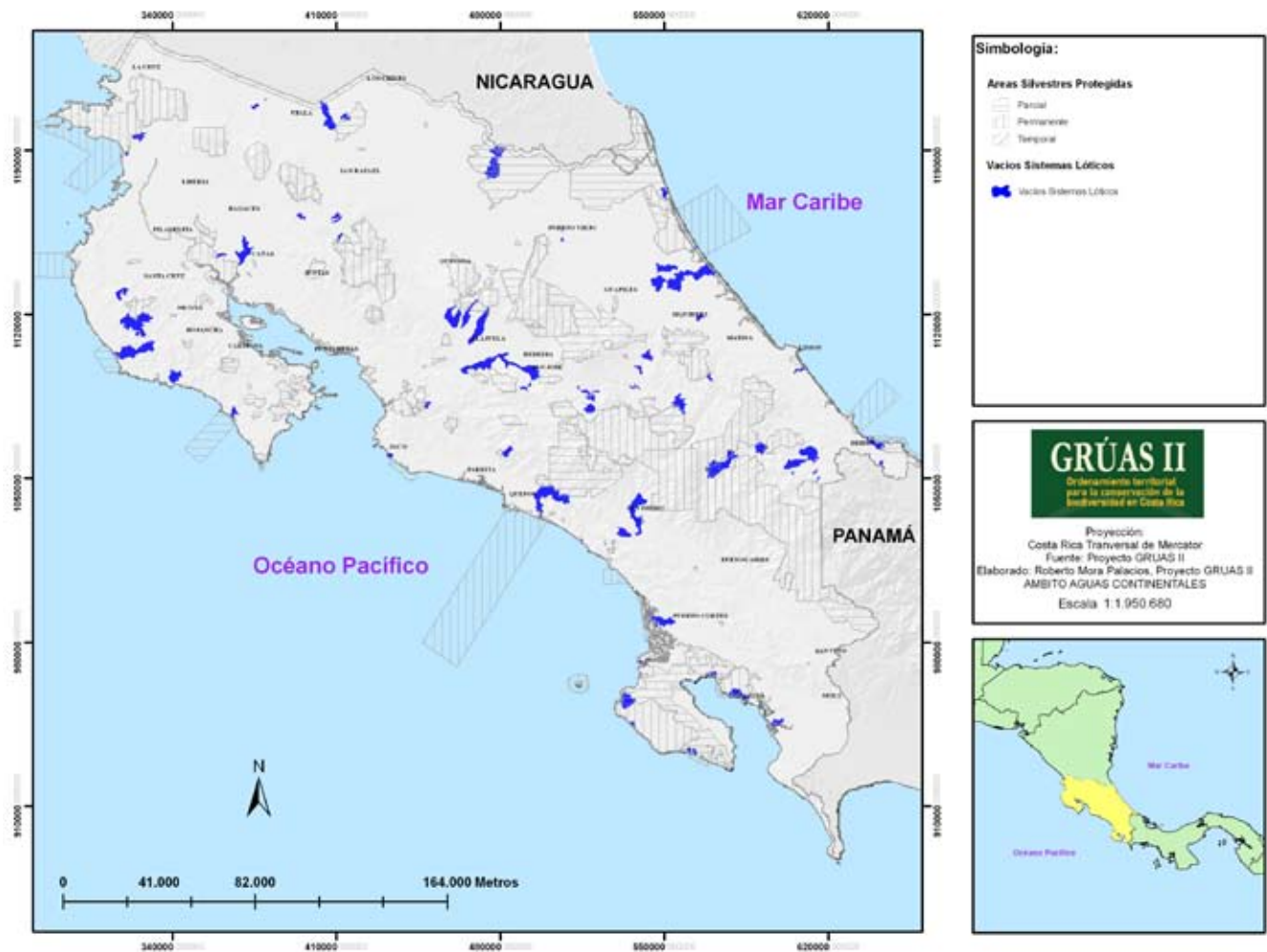


Figura 9. Sistemas Ecológicos Lógicos Propuestos para Conservación.

10.3. Las Especies

El espacio geográfico que mantiene a las especies endémicas de Costa Rica se encuentra representado en las áreas silvestres protegidas; 13 de las especies se encuentra representado en cerca del 10 % o más (**Cuadro 5**). Las restantes 5 especies (*Archocentrus myrnae* (1), *Bryconamericys terrabae* (6), *Phallichthys quadripunctatus* (10), *Poeciliopsis paucimaculata* (12) y *Rivulus glaucus* (17), **Figura 6a, 6b, 6c**) que no alcanzan el 10 % dentro del sistema de ASP, es importante que sea aumenta-

do el espacio en conservación hasta al menos cumplir con el 10 % establecido como meta de conservación.

La propuesta de conservación para estas 5 especies es sencilla de identificar ya que dos de ellas (*A. myrnae* y *P. quadripunctatus*) coinciden en su ámbito de distribución y las otras 3 especies (*B. terrabae*, *P. paucimaculata* y *R. glaucus*) también. Por lo que en realidad se trata de trabajar dos áreas geográficas diferentes hasta el cumplimiento del 10 % como se ha mostrado en la **Figura 10** hasta un total de 456 km².

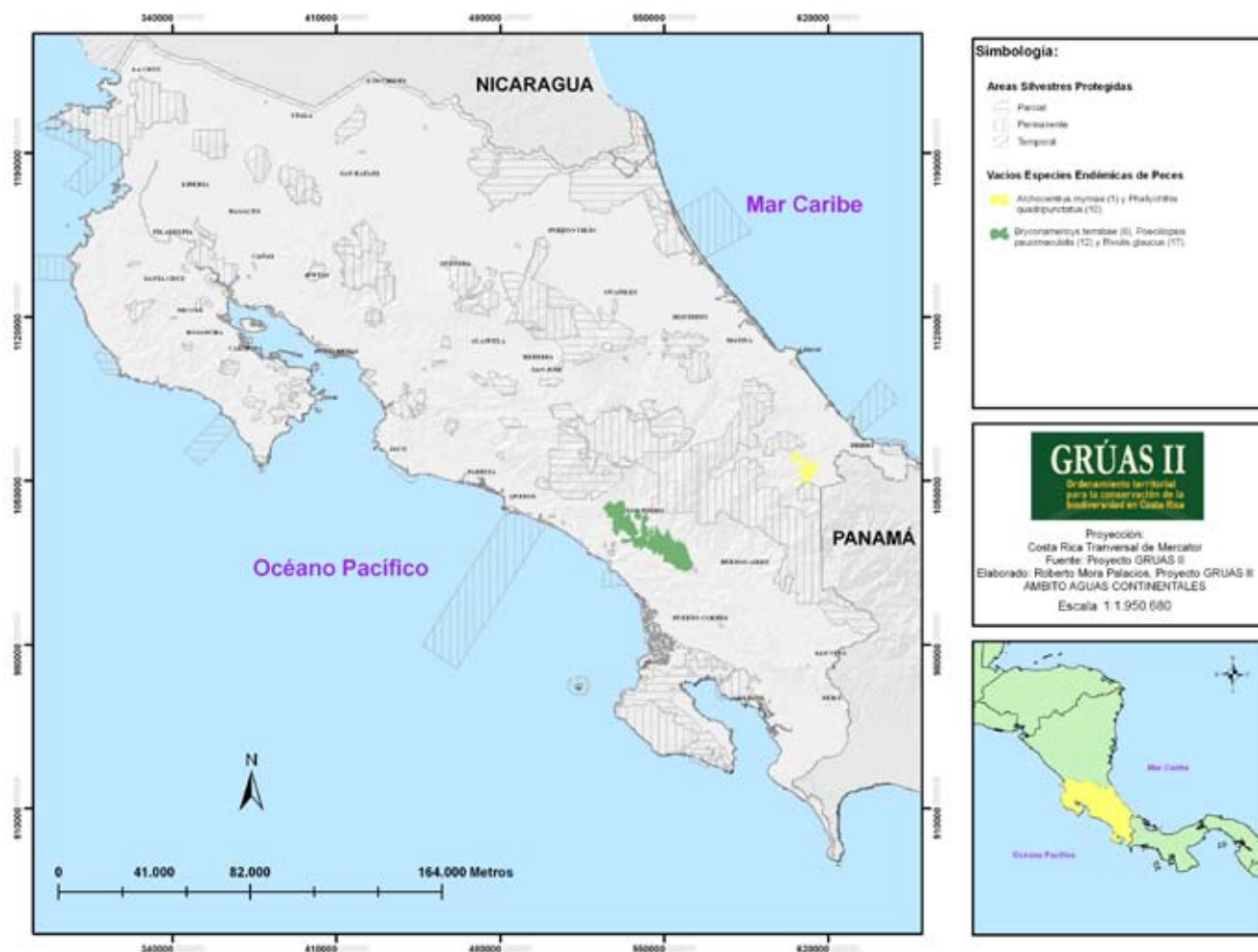


Figura 10. Área propuesta para el cumplimiento de la meta para las especies endémicas de peces *Archocentrus myrnae* (1), *Bryconamericys terrabae* (6), *Phallochthys quadripunctatus* (10), *Poeciliopsis paucimaculata* (12) y *Rivulus glaucus* (17).

Finalmente, en la Figura 11 se presenta la propuesta de conservación de aguas continentales que integra los vacíos de

conservación para los sistemas lóticos, sistemas lénticos y las especies de peces analizadas.

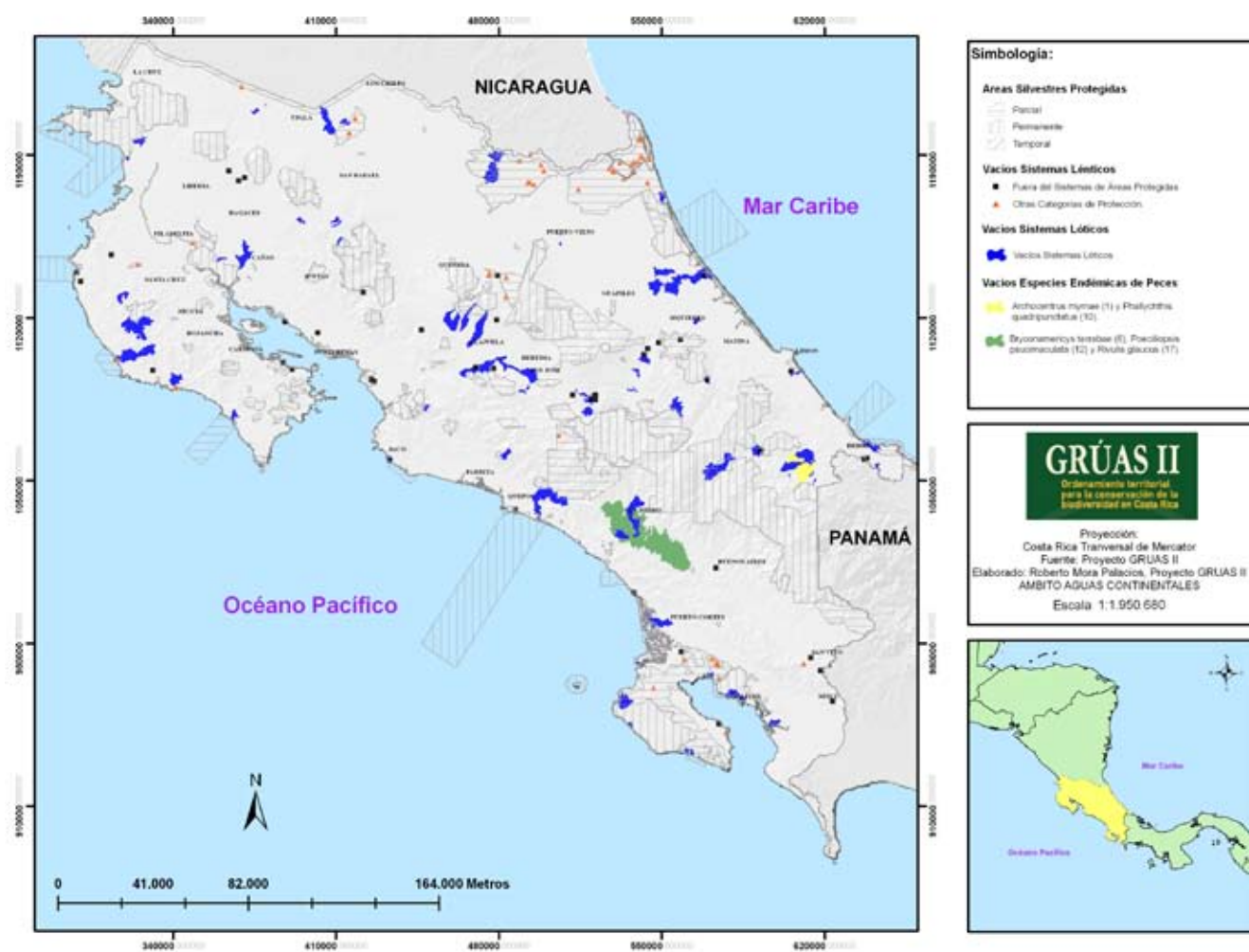


Figura 11 Propuesta de conservación que integra los vacíos en la representatividad identificados para los sistemas lénticos, lóticos y especies endémicas de peces.

11. Conclusiones

- En Costa Rica convergen 4 provincias ícticas, 4 ecorregiones de aguas continentales y 13 Unidades Ecológicas de Drenaje.
- La clasificación de los sistemas de agua dulce se divide entre los sistemas lénticos o de aguas sin velocidad direccional (lagos, lagunas entre otros) y los sistemas lénticos o de aguas con velocidad direccional. Por lo tanto, **los elementos de biodiversidad, sobre los cuales es importante centrar los esfuerzos de conservación son 1) los sistemas ecológicos lénticos (“los tipos de cuerpos de agua”), 2) los sistemas ecológicos lénticos (“los tipos de cursos de agua”) y 3) las especies endémicas de peces.**
- Durante la experiencia realizada al nivel Centroamericano en la identificación de sitios de conservación, la clasificación de los sistemas lénticos fue revisada por el equipo de expertos de cada país. El consenso fue que la clasificación usada en el inventario de cuerpos de agua en Centroamérica es útil para la meta de ese proyecto; sin embargo, para efectos de conservación es necesario aumentar las probabilidades de capturar la mayor cantidad de biodiversidad existente en los cuerpos lacustres o lénticos. Consecuentemente, fue realizada una separación de los tipos de cuerpos de agua usando no solamente el tamaño sino 1) el origen del sistema, 2) la elevación en la cual se encuentra y 3) si su funcionamiento es cerrado (sin salida de agua) o abierto (con efluentes o salida del agua).
- Después de haber hecho la clasificación de los sistemas lénticos en Costa Rica, hemos encontrado que hay un total de 26 tipos diferentes y, entre las 4 ecorregiones de agua dulce, la diversidad de sistemas lénticos varía desde únicamente 7 hasta 22 tipos de sistemas lénticos en las ecorregiones Isthmus Caribbean y San Juan, respectivamente.
- La meta de conservación establecida para los sistemas ecológicos lénticos es *“uno de cada tipo en cada una de la UED”*. Los sistemas ecológicos lénticos de origen glacial se considera que deben ser conservados en un 100 %. Quedando con una propuesta inicial de 92 cuerpos de agua (+ las réplicas de origen glacial) distribuidos entre las 13 Unidades Ecológicas de Drenaje que tiene Costa Rica entre las 4 ecorregiones.
- La escogencia de los mejores ejemplos de sistemas lénticos que nos permita el cumplimiento de la meta establecida se hará siguiendo los siguientes criterios: a) unicidad (si es el único en la UED éste es escogido), cuando hay más de un representante se escoge aquel sistema que b) tiene especies de importancia biológica-evolutiva, c) la cobertura de plantas acuáticas es baja o ausente, d) no tiene especies exóticas reportadas (ej. Tilapia, trucha), e) en igualdad de condiciones se escoge el que tiene el espejo de agua mayor.
- La información disponible relacionada con los criterios de escogencia no se encuentra disponible en forma sistemática para todos los cuerpos de agua en Costa Rica, por lo que es importante mantener en mente que la aplicación de estos criterios siguió durante el proceso de consulta para la definición de la propuesta de conservación.
- Al comparar la ubicación de los sistemas lacustres con las áreas silvestres protegidas, encontramos que 23 tipos de sistemas ecológicos lénticos se encuentran protegidos dentro de las Áreas Silvestres Protegidas al nivel nacional, quedando sin representación únicamente tres; 1) Sistema de profundidad mayor a los 10 m, ubicado a una elevación entre 300 y 1000 m snm, de origen volcánico y de funcionamiento abierto; 2) Sistema de profundidad menor a los 10 m y menor a 1 km² en espejo de agua, ubicado a una elevación entre 1000 y 2700 m snm, de origen glacial y de funcionamiento cerrado o endorreico y 3) Sistema de profundidad menor a los 10 m y menor a 1 km² en espejo de agua, ubicado a una elevación entre 300 y 1000 m snm, de origen tectónico y de funcionamiento cerrado o endorreico.
- Los representantes de estos tres tipos de sistemas ecológicos lénticos que no se encuentran dentro de las ASP y que han sido propuestos para su conservación en las Unidades Ecológicas de Drenaje donde se encuentran, son siete: la Laguna Ayil, las Lagunetas Morrenas 0, 2, 3, y 4, la Laguna Lancaster y la Laguna Estero Blanco.
- Al hacer el análisis al nivel de UED, el cumplimiento de la meta establecida se alcanza con una propuesta de 44 cuerpos de agua.
- El área de drenaje de los sistemas acuáticos lénticos puede variar desde 100 km² o menos hasta el tamaño máximo

de una cuenca completa del espacio de trabajo. El proceso para la clasificación sistematizada se ha fundamentado en 1) tamaño del área de drenaje, 2) elevación, 3) patrón climático y 4) conectividad; para un total de 4 criterios subdivididos en 17 categorías y 300 posibilidades de tipos de sistemas acuáticos lóticos.

- La clasificación de los cursos de agua incluye 64 tipos diferentes de sistemas ecológicos lóticos. Entre las 4 ecorregiones de agua dulce, San Juan y Estero Real-Tempisque aparecen como las zonas con mayor diversidad (44 y 32 respectivamente) y 18 en Isthmus Caribbean. Sin embargo, la heterogeneidad físico-química más detallada resalta en la ecorregión Terraba Coto y Estero Real-Tempisque con una relación alta (6.32 y 6.22 respectivamente) entre el número de macrohábitats y sistemas ecológicos lóticos.
- Los sistemas ecológicos lóticos por su característica intrínseca definida por la longitud presente en el paisaje, tiene metas diferenciales por la abundancia o representatividad en el espacio de trabajo (e.g. ecorregión o país): 1) el 50 % de la longitud cuando se encuentra representado por menos de 25 km; 2) el 20 % de la longitud cuando se encuentra representado entre 25.1 y 250 km; 3) el 10 % de la longitud cuando se encuentra representado entre 250.1 y 2500 km y 4) el 5 % de la longitud cuando se encuentra representado por más de 2500 km. Para el caso de la identificación de vacíos en el sistema de conservación de Costa Rica, ha sido utilizada esta meta mientras no se tenga información detallada sobre el funcionamiento de los sistemas ecológicos que permita afinar este criterio. Las localidades que serán escogidas para el cumplimiento de la meta son aquellas cuya integridad ecológica sea muy buena o buena, con prioridad identificada por los expertos nacionales y/o con prioridad al nivel ecorregional.
- Al realizar el análisis de los ríos que se encuentran dentro de las áreas silvestres protegidas se encuentra que en total hay 47 de los 64 tipos de sistemas ecológicos lóticos representados; sin embargo únicamente 23 de ellos cumplen con la meta ecológica establecida. Así, la propuesta de conservación incluye representantes de 43 tipos diferentes de sistemas ecológicos lóticos. La escogencia de las ocurrencias para el cumplimiento de la meta y llenado de vacío de conservación se hace con base en 1) la propuesta generada al nivel ecorregional, 2) cauces con una integridad ecológica muy buena o buena, 3) cercanía a un ASP y 4) criterio de experto. En algunos casos, fue necesario incluir algunas ocurrencias con una integridad ecológica regular, lo cual deberá ser tomado en cuenta en el diseño de las estrategias de conservación con lineamientos de restauración. La propuesta de conservación en total alcanza 471.24 km lineales de cauces y mínimo 1223 km² en área de drenaje a trabajar para su conservación.
- Los grupos de especies acuáticas; anfibios, reptiles, mamíferos, insectos acuáticos, peces y plantas acuáticas, que cumplen con al menos uno de los criterios para tomarlos en cuenta como objetos de conservación, asciende a 65 especies. Sin embargo, la información disponible para definir su distribución espacial y estado de las poblaciones es prácticamente inexistente. En consecuencia, la decisión que se ha tomado es la de usar la distribución conocida a 1998 para las 18 especies endémicas de peces como el espacio donde se encuentran actualmente.
- La meta de conservación para las especies de los sistemas de aguas continentales gira alrededor de las especies de peces endémicas, donde el 100 % de ellas deberá ser considerado como objeto de conservación. Sin embargo, definir cuál debe ser el mínimo espacio indispensable para el mantenimiento o fortalecimiento de las poblaciones de las especies endémicas es algo delicado.
- En las indicaciones establecidas por la Convención de la Diversidad Biológica es importante conservar al menos el 10 % de los ecosistemas y hábitats que mantienen a las especies. Tomando esto como una referencia es posible establecer que para las 18 especies endémicas, el sistema de áreas silvestres protegidas deberá incorporar al menos el 10 % del espacio geográfico que mantiene a estas especies.
- El espacio geográfico que mantiene a las especies endémicas de Costa Rica se encuentra representado en las áreas silvestres protegidas; 13 de las especies se encuentra representado en cerca del 10 % o más. Las restantes 5 especies (*Archocentrus myrnae* (1), *Bryconamericys terrabae* (6), *Phallychthys quadripunctatus* (10), *Poeciliopsis paucimaculata* (12) y *Rivulus glaucus* (17)), **Figura 6a, 6b, 6c**) no alcanzan el 10 % dentro del sistema de ASP, por lo que se propone sea aumentado el espacio en conservación hasta al menos cumplir con el 10 % establecido como meta de conservación.

- La propuesta de conservación para estas 5 especies es sencilla de identificar ya que dos de ellas (*A. myrnae* y *P. quadripunctatus*) coinciden en su ámbito de distribución y las otras 3 especies (*B. terrabae*, *P. paucimaculata* y

R. glaucus) también. En estas dos áreas geográficas ha sido identificado un área de 456 km² que permite el cumplimiento de al menos el 10 % de área de distribución de estas especies bajo algún tipo de conservación.

12. Recomendaciones

Para el caso de los ecosistemas acuáticos no es posible ni práctico proteger todas las tierras de las cuencas que contienen los elementos de conservación. Por lo tanto, el propósito de esta iniciativa de análisis es promover que los sitios de conservación se expandan o modifiquen su orientación de conservación para la inclusión de la biodiversidad dulceacuícola general o funcional a escala de paisaje (i.e. cuenca). Esto es posible promoviendo el uso sostenible de los recursos acuáticos a través de la implementación de los principios del

Manejo Integrado de los Recursos Acuáticos que es la mejor herramienta conocida hasta el momento y definida con el propósito de alcanzar las metas amplias de la conservación de la biodiversidad: 1) representación de todos los tipos de hábitat, comunidades de plantas y animales a través de su ámbito natural de variación, 2) resiliencia de los ecosistemas frente a cambios ambientales a corto y largo plazo, 3) poblaciones viables de todas las especies nativas en patrones naturales de abundancia y distribución, y 4) procesos ecológicos y evolutivos “saludables” tal como regímenes de perturbación, procesos hidrológicos, ciclos de nutrientes e interacciones biológicas.

13. Bibliografía

- Abell, R., J. D. Allan y B. Lehner. 2007. Unlocking the potencial of protected áreas for freshwaters. *Biol. Cons.* 134: 48-63.
- Angermeier, P. L. y I. J. Schlosser. 1995. Conserving aquatic biodiversity: beyond species and populations. *American Fisheries Society Symposium* 17: 402-414.
- Barrientos 2003. Moluscos. Barrientos-Llosa, Z. 2003. Estado actual del conocimiento y la conservación de los moluscos continentales de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 51, Supl. 3: 285-292.
- Barrientos-Llosa, Z. 2003. Lista de especies de moluscos teretres (Archaeogastropoda, Mesogastropoda, Archaeopulmonata, Stylommatophora, Soleolifera) *Revista de Biología Tropical* 51, Supl. 3: 293-304.
- Bermingham, E. y A. P. Martin. 1998. Comparative mtDNA phylogeography of neotropical freshwater fishes: Testing shared history to infer the evolutionary landscape of lower Central America. *Molecular Ecology* 7: 499-517.
- Bussing, W. 1998. Peces de las Aguas Continentales de Costa Rica. 2da Edición. Editorial de Costa Rica.
- Bussing, W. A. 1976. Geographic distribution of the San Juan ichthyofauna of Central America with remarks on its origin and ecology. Pages 167-176. In T. B. Thorson, ed. *Investigations of the ichthyofauna of Nicaraguan lakes*. Lincoln: Univ. Nebraska.
- Calderón R., T. Boucher, M. Bryer, L. Sotomayor, M. Kappelle. 2004. Setting biodiversity conservation priorities in Central America: Action site selection for the development of a first portfolio. *Mesoamerican and Caribbean Region-Regional Conservation Science Program*, The Nature Conservancy, San José-Costa Rica. 32 pp.
- Esquivel, C. 2007. Odonata de Costa Rica. Sitio Web visitado en Marzo 2007. www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Odonata.html
- FitzHugh, T. 2005. GIS Tools for Freshwater Biodiversity Conservation Planning. *Transactions in GIS* 9 (2), 247-263. <http://conserveonline.org/workspaces/gistoolsfreshwater>
- Flowers, W. y M.L. Pescador. 2007. Ephemeroptera de Costa Rica. Sitio web visitado en marzo 2007. www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto13.html
- Frissell, C. A., W. J. Liss, C. E. Warren y M. D. Hurley. 1986. A hierarchical framework for stream habitat classification: viewing streams in a watershed context. *Environmental Management* 10: 199-214.
- Heino, J., R. Paavola, R. Virtanen, y T. Muotka. 2005. Searching for biodiversity indicators in running waters: do bryophytes, macroinvertebrates, and fish show congruent diversity patterns? **Biodiversity and Conservation** 14(2): 415-428.
- Herrera, W. 1985. Clima de Costa Rica. Vegetación y Clima de Costa Rica. Vol. 2. L.D. Gómez (Ed.). Editorial UNED, San José, Costa Rica.
- Higgins, J. 2005 a. Reino de Agua Dulce. Capítulo 10. pp. 71-74. En: N. Dudley y J. Parrish. 2005. Cubriendo los Vacíos. La creación de sistemas de áreas protegidas ecológicamente representativos. The Nature Conservancy (TNC), Mérida, Yucatán, México.
- Higgins, J. V., M.T. Bryer, M.L. Khoury y T. Fitzhugh. 2005. A freshwater classification approach for biodiversity conservation planning. *Cons.Biol.* 19(2):432-445.
- Higgins, J., M. Lammert, M. Bryer, M. DePhilip y D. Grossman. 1998. Freshwater conservation in the Great Lakes Basin: development and application of an aquatic community classification framework. The Nature Conservancy, Great Lakes Program, Chicago, Illinois, USA.
- Holzenthal, R., R. Blahnik, F. Muñoz-Quesada y S. Harris. 2002-2005. Checklist of the Trychoptera of Costa Rica. Sitio web visitado Marzo 2007. www.entomology.umn.edu/museum/projects/CostaRica.html

- IUCN 2004. 2004 IUCN Red List of Threatened Species. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 21 March 2006.
- Kondratieff, B. 2007. Perlidae: Plecoptera de Costa Rica. www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto10.html
- Maas, J. M. 2005. Investigación de procesos ecológicos y el manejo integrado de cuencas hidrográficas: Un análisis del problema de escala. <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/452/maass.html>
- Maxwell, J. R., C. J. Edwards, M. E. Jensen, S. J. Paus-tain, H. Parrot y D. M. Hill. 1995. A hierarchical framework of aquatic ecological units in North America (nearctic zone). General Technical Report NC-176, United States Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station, St. Paul, Minnesota, USA. 72 p.
- Mittermeier, R.A., J. Schipper, G. Davidse, P. Kollerff, J. Soberón, M. Ramírez, B. Goettsch, C. G. Mittermeier. 2002. Mesoamérica, un reto para la conservación. Página Web visitada 25 abril 2007. <http://www.jornada.unam.mx/2005/04/04/eco-d.html>
- Moyle, P. B. y J. P. Ellison. 1991. A conservation-oriented classification system for the inland waters of California. California Fish and Game 77: 161-180.
- Olivero, A.P. (author) and M.G. Anderson, and S.L. Bernstein (editors). 2003. Planning methods for ecorregional targets: Freshwater aquatic ecosystems and networks. The Nature Conservancy, Conservation Science Support, Northeast & Caribbean Division, Boston, MA. http://conserveonline.org/docs/2005/03/Aquatic_Methods.pdf
- Olson, D., E. Dinerstein, P. Canevari, I. Davidson, G. Castro, V. Morisset, R. Abell y E. Toledo. Eds. 1998. Freshwater biodiversity of Latin America and the Caribbean: A conservation assessment. Biodiversity Support Program, Washington, D.C.
- Phillips R., E. 2007. Mariposas Nocturnas Acuáticas. Crambidae: Nymphulidae. Sitio web visitado Marzo 2007. www.inbio.ac.cr/papers/mariposas_nocturnas/index.html
- PREPAC 2005. Inventario Regional de los Cuerpos de Agua Continentales del Istmo Centroamericano. OIRSA. El Salvador.
- Pringue, C. M. 2001. Hydrologic connectivity and the management of biological reserves: A global perspective. Ecological Perspectives 11:981998.
- Rosgen, D. L. 1994. A classification of natural rivers. Catena 22: 169-199
- Scott, J. M., F. Davis, B. Csuti, R. Noss, B. Butterfield, C. Groves, H. Anderson, S. Caicco, F. D'Erchia, T. C. Edwards, Jr., J. Ulliman y R. G. Wright. 1993. Gap analysis: A geographic approach to protection of biological diversity. Wildlife Monographs 123: 1-41.
- SIAM 2005. Áreas Protegidas. Nodo de Biodiversidad. Sitio visitado El 12 de marzo 2007. http://www.ccad.ws/areasprotegidas/SINAP_cr.htm
- Svendsen, C. R., T. Quinn y D. Kolbe. 2004. Review of Macroinvertebrate Drift in Lotic Ecosystems. Final Report Manuscript.
- The Nature Conservancy. 2000. Esquema de las cinco S* para la conservación de sitios: un manual de planificación para la conservación de sitios y la medición del éxito en conservación. (*systems, sources, stresses, strategies and succes)
- The Nature Conservancy. 2007. Revisando las Prioridades de Conservación de la Biodiversidad en Mesoamérica: Sistemas de Agua Dulce (Evaluación Ecorregional de Mesoamérica). Programa Regional de Ciencias: Región de Mesoamérica y el Caribe. San José, Costa Rica
- Umaña, G., K. A. Haberyan y S. P. Horn. 1999. Limnology in Costa Rica. In: R. G. Wetzel y B. Gopal (Eds.). Limnology in Developing Countries. Intern. Assoc. Theor. Applied Limnology. SIL.

ANEXO 1. Revisión Bibliográfica de los Sistemas de Aguas Continentales de Costa Rica.

La revisión de literatura sobre trabajo realizado en Costa Rica en los sistemas de aguas continentales ha generado una amplia lista de documentos tanto publicaciones en revistas internacionales como nacionales y alguna documentación gris, correspondiente a estudios, diagnósticos y demás alrededor de proyectos de desarrollo hidroeléctrico.

Esta lista, aunque larga, no es para nada exhaustiva. Aun se encuentra documentos de importancia en las bibliotecas del Instituto Costarricense de Electricidad como resultado de estudios técnicos que fundamentan evaluaciones de factibilidad del desarrollo de proyectos hidroeléctricos. Dentro de este conjunto se encuentra documentos que datan de más de 50 años realizados por compañías del exterior.

Las Organizaciones no Gubernamentales como Neotrópica, Centro Científico Tropical (CCT), Centro de Investigaciones del Mar y de Limnología (CIMAR) en la Universidad de Costa Rica; la Universidad Nacional en el Centro de Documentación conocido como el BIODOC contienen aun más información que ha sido de difícil acceso. Sin embargo, la actual revisión nos provee de una buena imagen sobre el énfasis realizado sobre los sistemas dulceacuícolas.

Es claro que, por las características físicas del país donde predominan los sistemas lóticos, los estudios se encuentran sesgados hacia éstos con muy pocos estudios de los sistemas lénticos. Los lagos en Costa Rica, aunque abundantes en número con poco más de 400 pequeños lagos distribuidos entre el sistema montañoso del país, son pequeños y de poco interés económico.

Una búsqueda en las bases de datos que la Organización para Estudios Tropicales mantiene, usando las palabras clave río (+150), river (42), stream (87), quebrada (10), lago (9), lagoon (1), lake (45), humedal (55), marsh (10), wetland (10), freshwater (40) y dulceacuícola (1), arroja 460 citas bibliográfi-

cas. A continuación hay un extracto de lo que existe publicado para Costa Rica sobre las especies, comunidades, ecosistemas dulceacuícolas y asociadas:

Acosta R. & M. Springer. 2004. A new genus and species of riffle beetle, *Peruvielmis shepardi*, from the Peruvian Paramo (Coleoptera: Elmidae). Aquatic Insects. En revisión.

Acuña M., R. A. and Márquez B., C. 1993. El dimorfismo sexual de *Kinosternon scorpioides* (Testudines: Kinosternidae) en Palo Verde, Costa Rica. Revista de Biología Tropical. 41(2):261-265.

Acuña Mesén, R. A. 1994. Variación morfométrica y características ecológicas del habitat de la tortuga candado *Kinosternon scorpioides* en Costa Rica (*Chelonia*, Kinosternidae). Revista Brasileira de Biologia 54(3):537-547.

Al López, S. J. 1996. Mollusk biodiversity inventory for Costa Rica: a little country takes a big look at its living creatures. Hawaiian Shell News 44(7 (New Series 436)):4-5.

Alpírez, O. 1971. Estudio sistemático del complejo *Poecilia spheonops* (Familia Poeciliidae) de Centro América, en especial las poblaciones de Costa Rica. Tesis de Grado, Universidad de Costa Rica, 96 pp.

Alpírez, O. 1985. Ictiofauna de la vertiente Pacífica de Costa Rica. Brenesia 24: 297-318.

Arroyo G., L. 1993. Pobreza y reducción de los humedales al oeste del curso bajo del Río Tempisque: Tesis de Maestría. San José, Universidad para la Paz.

Asch, C. H. 1996. Fotointerpretación de los humedales de Costa Rica. Mapas 1:200 000. Informe Preliminar.

Barbee, N. 2005. Grazing insects reduce algal biomass in a neotropical stream. Hydrobiologia 532(1):153-165.

Barbee, N.C. y R.G. Wetzel (ed.). 2002. Distribution patterns of two grazers, *Sicydium salvini* and *Protoptila* sp., in riffles and pools in a Pacific coast stream in Costa Rica. Internationale Vereinigung

- für Theoretische und Angewandte Limnologie
Verhandlungen 28(part 2): 739-743.
- Barrett, S. C. H. 1978. The evolutionary breakdown of
tristly in *Eichornia crassipes* (Mart.) Solms (water
hyacinth). *Evolution* 33:499-510.
- Barrett, S. C. H. 1983. *Eichornia crassipes* (Jacinto de
Agua, Choreja, Lirio de Agua, Water Hyacinth). In:
Janzen, D. H., (ed.). *Costa Rican Natural History*:
Univ. Chicago Press; pp. 236-239.
- Barrientos, Z. 2003. Estado actual del conocimiento y
la conservación de los moluscos continentales de
Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 51 (Suppl. 3):285-292.
- Beard, F. 1989. The feeding ecology of tropical freshwater
fish in three Costa Rican rivers: B.Sc. Thesis. Univ.
Birmingham, UK.
- Benstead, J. P., J. G. March, C. M. Pringle, and F. N. Sca-
tena. 1999. Effects of a low-head dam and water
abstraction on migratory tropical stream biota.
Ecological Applications 9: 656-668.
- Bergoeing, J.P. and Brenes J.H. 1978. Laguna de Hule,
Una caldera volcánica. Informe semestral. Institu-
to Geográfico Nacional de Costa Rica: 59-63.
- Böhlke, J. E. 1958. Studies on fishes of the family Cha-
racidae. No. 16-A. New Hyphessobrycon from
Costa Rica. *Bull. Fla. State Mus. Biol. Science.* 3(4):
173-178.
- Bolaños, B.J. 1979. Estudio preliminar sobre el cultivo de
híbridos de *Tilapia* (*T. onorum* x *T. mossambica*)
con gallinaza y superfosfato triple, en Costa Rica.
Revista Latinoamericana de Acuicultura 2: 22-28.
- Bolaños-Montero, J.R. 1999. Crocodile situation dete-
riorates in Tárcoles River. *Crocodile Specialists
Group Newsletter* 18(1): 11-12.
- Boyero, L. y J. Bosch. 2004. Multiscale spatial variation
of stone recolonization by macroinvertebrates in a
Costa Rican stream. *Journal of Tropical Ecology*
20(1):85-95.
- Bravo Ch, J.; Sánchez V, A.J. 1994. Plan de manejo de las
lagunas del río Cañas (Guanacaste, Costa Rica).
Ciencias Ambientales (Costa Rica). (no.11) p. 101-
118.
- Bravo, J. y Ocampo, L. 1993. Mapa de Humedales de
Costa Rica (Regiones de Humedales). Escala
1:750000. UICN-UNA, Costa Rica.
- Bravo, J. y otros. 1995. Inventario y Evaluación de los
Humedales de la Cuenca Baja del Río Tempisque,
Guanacaste, Costa Rica. Fundación Neotrópica.
- Bravo, J.; Flores, T., and Mora, I. 1991. Mapeo de los
humedales de Palo Verde, Costa Rica. *Ciencias
Ambientales* 8:23-31.
- Bravo, J.; Miranda, C.H.; Rivera, L. y Sandí, J. 1995. Ca-
racterización de la Vegetación de los Humedales de
la Región Sierpe-Térraba, Cantón Osa, Puntarenas,
Costa Rica.
- Bravo, J.; Romero, M., and Sánchez, A. J. 1996. Inven-
tario y evaluación de los humedales de la cuenca
baja del Río Tempisque, Guanacaste, Costa Rica.
In: Reynolds Vargas, J., ed. *Utilización y manejo
sostenible de los recursos hídricos*; 1928 Nov-1994
Jan 31; San José. Heredia: EFUNA;
- Bueno-Soria, J. 1984. Three new species of the genus
Protophil from México and Costa Rica (*Trichopte-
ra: Glossosomatidae*). *Proc. Biol. Soc. Washington*
97(2): 392-394.
- Bueno-Soria, Joaquin, Holzenthal, Ralph. 1998. Studies
in aquatic insects XIV: Description of eight new
species of *Ochrotrichia* Mosely (*Trichoptera:
Hydroptilidae*), from Costa Rica. *Proceedings of
the Biological Society of Washington*, v.111, n.3,
:604-612.
- Bumby, M. J. 1982. Survey of aquatic macrophytes and
chemical qualities of nineteen locations in Costa
Rica. *Brenesia* 19/20: 487-536.
- Bumby, N.J. 1973. Chemical water analysis and aquatic
plants of Lagoones Bonilla and Bonillita and

- comparisons of them with six other standing water environments of Costa Rica. Associated College of the Midwest Press, Chicago. 38 pp.
- Burcham, J. 1985. Fish communities and environmental characteristics of two lowland streams in Costa Rica: M.S. thesis, Texas A&M Univ., College Station.
- Burcham, J. 1988. Fish communities and environmental characteristics of two lowland streams in Costa Rica. *Revista De Biología Tropical* 36(2A):273-285.
- Bussing, W. 1963. A new Poeciliid fish *Phallichthys tico*, from Costa Rica. *Los Angeles, Co. Mus., Contributions Science* 77: 1-13.
- Bussing, W. 1966. A. New species and new records of Costa Rican freshwater fishes with a tentative list of species. *Revista De Biología Tropical*; 14(2):205-249.
- Bussing, W. 1967. New species and new records of Costa Rican freshwaters fishes with a tentative list of species. *Rev.Biol.Trop.* 14:205-249.
- Bussing, W. 1974. *Pterobrycon myrnae*, a remarkable new glandulocaudine characid fish from Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 22(1):135-161.
- Bussing, W. 1974. Two new species for cichlid fishes, *Cichlasoma sajica* and *C. disquis*, from southern Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 22(1): 29-50.
- Bussing, W. 1977. Checklist of the fish of La Selva. San José: Universidad de Costa Rica.
- Bussing, W. 1979. A new fish of the genus *Phallichthys* (Family:Poeciliidae) from Costa Rica. *Los Angeles, Co.Mus., Contributions Science* 301: 1-8.
- Bussing, W. 1979. Taxonomic status of the Atherinidae fish genus *Melaniris* in lower Central America with the description of three new species. *Rev.Biol.Trop.* 26: 391-413.
- Bussing, W. 1980. Status of the Cyprinodontid fish genus *Rivulus* in Costa Rica with descriptions of new endemic species. *Brenesia* 17: 327-364.
- Bussing, W. 1988. A new fish, *Brachyrhaphis roseni* (Poeciliidae) from Costa Rica and Panama. *Rev. Biol. Trop.* 36:81-88.
- Bussing, W. 1994. A. Fishes. In: McDade, L. A.; Bawa, K. S.; Hespenheide, H. A., and Hartshorn, G. S., (eds.). *La Selva: Ecology and Natural History of a Neotropical Rainforest*: Univ. Chicago Press; p. 379.
- Bussing, W. 1996. *Sicydium adelum*, a new species of gobiid fish (Piscis:Gobiidae) from Atlantic slope streams of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 44: 819-825.
- Bussing, W. A. 1987. *Peces de las Aguas Continentales de Costa Rica*. San José, C.R.: Editorial Univ. Costa Rica.
- Bussing, W. A. 1993. Fish communities and environmental characteristics of a tropical rain forest river in Costa Rica. *Revista De Biología Tropical*; 41(3B):791-809.
- Bussing, W. A. 1994. Ecological aspects of the fish community at La Selva. In: McDade, L. A.; Bawa, K. S.; Hespenheide, H. A., and Hartshorn, G. S., (eds.). *La Selva: Ecology and Natural History of a Neotropical Rainforest*: Univ. Chicago Press; pp. 195-198.
- Bussing, W. A. 1998. *Peces de las Aguas Continentales de Costa Rica*. San José, C.R.: Editorial Univ. De Costa Rica. Segunda Edición.
- Bussing, W., López, M. I. 1977. Distribución y aspectos ecológicos de los peces de las cuencas hidrográficas de Arenal, Bebedero y Tempisque, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 25(1): 13-38.
- Bussing-Burhaus, W.A. 1993. Fish communities and environmental characteristics of a tropical rain forest river in Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 41(3B):791-809.

- Cabrera P., J.; Murillo S., R.; and Mora J., M. 1988. Desarrollo embrionario, larval y del alevín de *Cichlasoma dovii* (Günther, 1964) (Piscis: Cichlidae). Rev. Biol. Trop. 36: 417-422.
- Cabrera, J. Solano, Y. Mora, M. 1996. Crecimiento de *Diapterus peruvianus* (Piscis:Gerridae) en los estuarios de los ríos Damas y Palo Seco, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 44(2): 935-937.
- Caldwell, D. K., L. H. Ogren y L. Yovanoli. 1959. Systematics and ecological note on some fishes collected in the vicinity of Tortuguero, Caribbean COSAT of Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 7(1):733.
- Camacho, V. L. 1985. Ocurrencia y distribución vertical de las algas planctónicas del Lago de Río Cuarto, Alajuela, Costa Rica. Tesis de Licenciatura, Universidad de Costa Rica, San José. 44 pp.
- Campos, J. A. 1986. El recurso pesquero de Guapote (*Cichlasoma dovii*) en el embalse de Arenal, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 34(2): 156-220.
- Carrière, J. 1997. The degradation of Central American wetlands: in search of proximate and remote causes. In: Biodiversity and Sustainable Development in Latin America; Nov 27-1997 Nov 28; Amsterdam, NL. Amsterdam: Centre for Latin American Research and Documentation (CEDLA); 199712.
- Chacón, D. 1994. Ecología básica y alimentación del sábalo *Megalops atlanticus* (Piscis:Megalopidae). Rev.Biol.Trop. 42: 225-232.
- Chapman, L. J. 1990. Population ecology of the fish *Poecilia gilli* in an intermittent tropical stream: effects of seasonal flooding. Ph.D. Dissertation, McGill University, Montreal.
- Chapman, L. J. and Krammer, D. L. 1991. Limnological observations on an intermittent tropical dry forest stream. Hydrobiologia 226: 153-166.
- Chapman, L. J. and Krammer, D. L. 1991. The consequences of flooding for the dispersal and fate of Poeciliidae fish in an intermittent tropical stream. Oecologia 87(2): 299-306.
- Chapman, L. J.; Krammer, D. L. and Chapman, C. A. 1991. Population dynamics of the fish *Poecilia gilli* in residual pools of a tropical intermittent stream. J. Animal Ecology 60 (2): 441-453.
- Chavez, L. and Haberyan, K. A. 1996. Diatom assemblage from the camastro diatomite, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 44: 857-860.
- Coleman, R. M. 1992. Observations on cichlids breeding in the Río Puerto Viejo, Costa Rica. Buntbarsche Bulletin 151:17-22.
- Coleman, R. M. 1999. Cichlids of the Río Puerto Viejo, Costa Rica. Cichlid News 8(1):6-12.
- Collado, C. N. 1983. Costa Rican freshwater zooplankton and zooplankton distribution in Central America and the Caribbean. M.Sc. Thesis, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada.
- Collado, C.M., Defaye, D., Dussart, B. H. and Fernando, C. H. 1984. The freshwater Copepoda (Crustacea) of Costa Rica with note on some species. Hydrobiologia 119: 89-99.
- Collett, S. F. 1977. Sizes of snails eaten by Snail Kites and Limpkins in a Costa Rican marsh. Auk 94:365-367.
- Compañía Nacional de Fuerza y Luz, San José (Costa Rica). 1998. Perfil: plan de Mejoramiento Ambiental de la Parte Alta de la Cuenca del Río Virilla (PLAMA Virilla). San José (Costa Rica).. 101 p..
- Cordero, A. Chacón, B. Y Rodríguez, A. 1979. Contaminación del Río Bermúdez, Alajuela. Agronomía Costarricense 3(2): 109-113.
- Corrales Villalobos, M.F. 1970. Informe preliminar relativo al posible efecto del proyecto Arenal sobre el caudal de los ríos San Juan (Nicaragua) y San Carlos (Costa Rica). ICE. Costa Rica. 11 pp.
- Crow, G. E. y Rivera, D.I. 1986. Aquatic Vascular Plants of Palo Verde National Park. Costa Rica. Escuela de Ciencias Biológicas, UNA, Heredia.
- Davis, S.N., S.W. Golladay, G. Vellidis, and C.M. Pringle. 1999. Assessing biological impacts of animal

- production on intermittent coastal plain streams. Proceedings of the 1999 Georgia Water Resources Conference. Athens, GA.
- Dickman, M. 1982. La producción de Tilapia en la provincia de Guanacaste, Costa Rica. *Rev. Latinoamericana de Acuicultura* 13: 1-60.
- Drewe, K.E. 2003. Insectivore to frugivore: Ontogenetic changes in gut morphology and digestive enzyme activity in the characid fish *Brycon guatemalensis* from Costa Rican rain forest streams. Thesis, M.Sc., California State University at Fullerton, Graduate School, Fullerton, CA (USA). 27 pp.
- Drewe, K.E., M.H. Horn, K.A. Dickson y A. Gawlicka. 2004. Insectivore to frugivore: ontogenetic changes in gut morphology and digestive enzyme activity in the characid fish *Brycon guatemalensis* from Costa Rican rain forest streams. *Journal of Fish Biology* 64(4):890-902.
- Duff, J. H., C. M. Pringle and F. J. Triska. 1996. Denitrification in sediments of a lowland tropical stream draining swamp forest. *Biogeochemistry* 33: 179-196.
- Duff, J. H., C. M. Pringle and F. J. Triska. 1996. Nitrate reduction in sediments of a lowland tropical streams draining swamp forest in Costa Rica: An ecosystem perspective. *Biogeochemistry* 33: 179-196.
- Duft, M., K. Fittkau y W. Traunspurger. 2002. Colonization of exclosures in a Costa Rican stream: Effects of macrobenthos on meiobenthos and the nematode community. *Journal of Freshwater Ecology* 17(4):531-541.
- Dussart, B.H. and Fernando, C.H. 1986. Remarks on two species of Copepods in Costa Rica, including a description of a new species of *Tropocyclops*. *Crustaceana* 50(1): 39-44.
- Eklund, T. J., W. McDowell, and C. M. Pringle. 1997. Seasonal variation of tropical precipitation chemistry: La Selva, Costa Rica. *Atmospheric Environment* 31: 3903-3910.
- Erikson, R. *et al.* 1997. Nutrient Availability and the Stability of Phytoplankton Biomass and Production in Lake Xolotlán (Lake Managua, Nicaragua). In: *Limnologica*. 27(2): 157-164.
- Fallas, J. 1993. Evaluación de impacto ambiental: II Etapa Arenal-Tempisque y sus posibles efectos sobre el Parque Nacional Palo Verde. Heredia: Univ. Nacional.
- Fich, D. 1977. An aquatic spittle bug (Homoptera:Cercopidae) from a *Heliconia* flower bract in southern Costa Rica. *Entomological News* 84(1-2): 10-12.
- Flint, O. S. 1992. A review of the genus *Chloronia* in Costa Rica, with the description of two new species (Neuroptera: Megaloptera:Corydalidae). *Proceedings of Biological Society of Washington* 105(4):801-809.
- Flowers, R. W. and C. M. Pringle. 1995. Yearly fluctuations in the mayfly (Ephemeroptera) community of a tropical stream draining lowland pasture in Costa Rica, Chapter 10. p. 131-149. In: Corkum, L. D. and J. J. H. Ciborowski (eds.) *Current Directions in Research on Ephemeroptera*. Canadian Scholars Press, Inc. Toronto 478 pp.
- Flowers, R. W. and Pringle, C. M. 1995. Yearly fluctuations in the mayfly community of a tropical stream draining lowland pasture in Costa Rica. In: Corkum, L. D. and Ciborowski, J. J. H., eds. *Current directions in research on Ephemeroptera*. Toronto: Canadian Scholars' Press;; pp. 131-150.
- Förster, S. 1998. Oviposition high above water in *Micrathyria dictynnaris* (Anisoptera: Libellulidae). *Odonatologica* 27(3):365-369.
- Fowler, H.W. 1916. Cold-blooded vertebrate from Costa Rica and the Canal Zone. *Proc.Acad. Nat.Sci.Phil.* 68: 389-414.
- Fu-Liu Xu; Jorgensen, S. y Shu Tao. 1999. Ecological indicators for assessing freshwater ecosystem health. In: *Ecological modelling*. 116, 77-106

- Garrison, R. W. 1985. *Acanthagrion speculum* spec. nov., a new damselfly from Costa Rica (Zygoptera: Coenagrionidae). *Odonatologica* 14(1): 37-44.
- Genereaux, D. and C. M. Pringle. 1997. Chemical mixing model of streamflow generation at La Selva Biological Station, Costa Rica. *Journal of Hydrology* 199: 319-330.
- George, R. K; Waylen, P. R, and Laporte, S. 1998. Interannual variability of annual streamflow and the Southern Oscillation in Costa Rica. *Hydrological Sciences Journal - Journal Des Sciences Hydrologiques* 43(3):409-424.
- Gittelman, S. H. 1975. The ecology of some Costa Rican back-swimmers (Hemiptera:Notoneptidae). *Annal Entomological Soc. America* 68(3): 511-519.
- Glorioso, M. J. 1981. Systematics of the dobsonfly subfamily Corydalinae (Megaloptera: Corydalidae). *Systematic Entomology* 6:253-290.
- Glorioso, M. J. and Flint, O. S. 1984. review of the genus *Platyneuromus* (Insecta:Neuroptera:Corydalidae). *Proceedings of the Biological Society of Washington* 97(3):601-614.
- Gocke, K. 1977. Basic morphometric and limnological properties of Laguna Hule, a caldera lake in Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 45(1b): 537-548.
- Gocke, K., Bussing, W. and Cortés, J. 1987. Morphometric and basic limnological properties of the Laguna de Río Cuarto de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 35(2): 277-285.
- Gocke, K., Bussing, W. and Cortés, J. 1990. The annual cycle of primary productivity in Laguna de Río Cuarto, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 38(2).
- Gocke, K., Lackman, E., Rojas, G. and Romero, J. 1981. Morphometric and basic limnological data of Laguna Grande de Chirripó, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 29(1): 165-174.
- Gómez, L. D. 1984. Las plantas acuáticas y anfibias de Costa Rica y Centro América. San José Costa Rica. Ed. UNED.
- Haberyan, K. A. and Horn, S. P. In press. A 10 000 year diatom record from a glacial lake in Costa Rica. *Mountain Research and Development*.
- Haberyan, K. A., Horn, S. P. and Cumming, B. F. 1997. Diatom assemblages from Costa Rican lakes: An initial ecological assessment. *J. Paleolimnology* 17: 263-274.
- Haberyan, K.A., S.P. Horn y G. Umaña-Villalobos. 2003. Basic limnology of fifty-one lakes in Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 51(1):107-122.
- Haberyan, K.A., Umaña, G., Collado, C. and Horn, S. P. 1995. Observations on the plankton of some Costa Rican lakes. *Hydrobiologia* 312: 75-85.
- Hargraves, P. E. and Viquez, R. 1981. Dinoflagellate abundance in the Laguna Botos, Poás volcano, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 29(2): 257-264.
- Harris, S. C. y R. W. Holzenthal. 1994. Hydroptilidae (Trichoptera) of Costa Rica and the neotropics: systematics of the genus *Byrsoteryx* Flint (Stactobiini). *Journal of New York Entomological Society* 102(2):154-192.
- Hayes, M. P. 1985. Nest structure and attendance in the stream-dwelling frog *Eleutherodactylus angelicus*. *J. Herpetology* 19(1): 168-169.
- Hernández E., D. A. I. 1991. Flora acuática y sus cambios anuales en un humedal estacional de Costa Rica. II. Uso de habitat por patos (Anatidae) en un humedal estacional de Costa Rica: Tesis de Maestría. Heredia, Universidad Nacional.
- Hernández E., D. and Gómez L., J. 1993. La flora acuática de Palo Verde. Heredia: EUNA.

- Hernández, D. 1990. Cambios anuales en la composición y distribución de la vegetación acuática en el humedal estacional de Palo Verde, Costa Rica. San José: Organización para Estudios Tropicales. 25 p.
- Hernández, D. Uso de habitat por patos en un humedal estacional de Costa Rica. In Press. Note: Memoria del I Congreso de Ornitología de Costa Rica.
- Hildebrand, S.F. 1930. Note on a collection of fishes from Costa Rica. Copeia 1930: 1-9.
- Hoenicke, R. 1983. The effect of leaf-cutter ants on populations of *Astyanax fasciatus* in three tropical lowland wet forest streams. Biotropica 15(3): 237-239.
- Holzenthal, R. W. 1988. Catálogo sistemático de los tricópteros de Costa Rica (Trichoptera: Polycentropidae). Brenesia 29: 51-82.
- Holzenthal, R. W. and Hammlton, S. W. 1988. New species and records of Costa Rican Polycentropus (Insecta: Trichoptera). J. New York Entomological Soc. 96(3): 332-344.
- Holzenthal, R. W. and Harris, S. C. 1992. Hydroptilidae (Trichoptera) of Costa Rica: the genus *Oxyethira* Eaton. |Journal of the New York Entomological Society.; |100(1):155-177.
- Horn, M. H. 1997. Evidence for dispersal of fig seeds by the fruit-eating characid fish *Brycon guatemalensis* Regan in a Costa Rican tropical rain forest. Oecologia.; 109:259-264.
- Horn, S. P. and Haberyan, K. A. 1993. Costa Rican lakes: Physical and chemical properties. Nat. Geog. Res. and Exploration 9(1): 86-103.
- Hurny, A.D. y J.B. Wallace. 2000. Life history and production of stream insects. Annual Review of Entomology 45:83-110.
- ICE. 1977. Características físicas y químicas de las aguas de algunos ríos de Costa Rica. ICE. Costa Rica. 43 pp.
- Jackson, J. K. and Sweeney, B.W. 1984. Egg and larval development times for 17 species of tropical stream insects from Costa Rica. Bulletin N.A. Benthological Soc. 11(1): 118.
- Jackson, J. K., Sweeney, B.W., Newbold, J. D. and Dela Rosa, C.L. 1993. Seasonal variations in Trichoptera richness and abundance in a tropical stream in northwestern Costa Rica. Bulletin N.A. Benthological Soc. 10(1):97.
- Jansson, M.B. 2002. Determining sediment source áreas in a tropical river basin, Costa Rica. Catena 47(1):63-84.
- Jiménez, C. & M. Springer 1994. Vertical distribution of benthic macrofauna in a Costa Rican crater lake. Rev. Biol. Trop., 42 (1/2): 175-179.
- Jiménez, C. & M. Springer 1996. Depth related distribution of benthic macrofauna in a Costa Rican crater lake. Rev. Biol. Trop., 44(2): 673-678.
- Jiménez, C.; Springer, M. 1994. Vertical distribution of benthic macrofauna in a Costa Rican craterlake. Revista de Biología Tropical, v.42, n.1-2.:175-179.
- Jiménez, C.; Springer, M. 1996. Deep-related distribution of benthic macrofauna in a Costa Rican crater lake. Rev. Biol. Trop. 44: 673-678.
- Jirón, L. F. y M. E. Sancho. 1983. Índice de Publicaciones Entomológicas de Costa Rica. San Pedro: Editorial Univ. Costa Rica.
- Jones, J. R., Lohman, K. y Umaña V., G. 1993. Water chemistry and trophic state of eight lakes in Costa Rica. Verdhanlungen, Internationale Vereinigung fur Theoretische und Angewandte Limnologie 25: 899-905.
- Keenleyside, M.H.A., Bailey, R.C. and Young, B.H. 1990. Variations in the mating system and associated parental behavior of captive and free living *Cichlasoma nigrofasciatum* (Piscis: Cichlidae). Behavior 112(3/4):202-221.

- Kilham, S.S. y C.M. Pringle. 2001. Food webs in two Neotropical stream systems as revealed by stable isotope ratios. *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie Verhandlungen* 27(4):1768-1775.
- Laidlaw, K. L. 1996. Implementation of a volunteer stream-monitoring program in Costa Rica. M.Sc. Thesis. Athens: University of Georgia.
- Laidlaw, K. L. T. 1996. Adopte Una Quebrada. Privately published.
- Lavery, R.J. and Keenleyside, M.H.A. 1990. Parental investment of a biparental Cichlid fish, *Cichlasoma nigrofasciatum* in relation to brood size and past investment. *Animal Behavior* 40:1128-1137.
- Lichtwardt, R. W. 1994. Trichomycete fungi living in the guts of Costa Rican phytotelm larvae and other lentic dipterans. *Revista De Biología Tropical* 42(1-2):31-48.
- Lichtwardt, Robert W. 1997. Costa Rican gut fungi (Trichomycetes) infecting lotic insect larvae. *Revista de Biología Tropical*, v.45, n.4:1349-1383.
- Löffler, H. 1964. The limnology of tropical high mountain lakes. *Verhandlungen, Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 15:176-193.
- Loiselle, P.V. 1997. Two new cichlid species from the río Sixaola drainage, Costa Rica. *Aqua J. Ichthyology Aquatic Biology* 2(3): 1-10 and *J.Amer.Cichlid Assoc.* 180:1-8.
- López, M. I. 1968. Clave para los peces de las aguas continentales de Costa Rica. Universidad de Costa Rica, 31 pp.
- López, M. I. 1972. Contribución al estudio de los peces Cheirodontinae (Familia: Characidae) de Costa Rica y Panamá. Géneros *Compsura* y *Pseudocheirodon*. *Rev.Biol.Trop.* 20:93-129.
- López, M. I. 1978. Migración de la sardina *Astyanax fasciatus* (Characidae) en el río Tempisque, Guanacaste, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 26(1):261-275.
- López, M.I. 1983. A new species of cichlid fish *Cichlasoma rithisima*, from the río Sixaola drainage, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 31(1): 133-138.
- Lyon, J. and Schneider, D.W. 1990. Factors influencing fish distribution and community structure in a small coastal river in southwestern Costa Rica. *Hydrobiologia* 203(1-2):1-14.
- McCall, R. 1996. A novel foraging association between southern river otters *Lutra longicaudis* and great egrets *Casmerodius albus*. *Bulletin of the British Ornithologists Club* 116(3):199-200.
- McCarthy R., R. G. 1993. El sistema de áreas protegidas de Costa Rica y su aporte a la conservación y manejo de los humedales. Tesis de Maestría. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- McColl, J. G. 1970. Properties of some natural waters in a tropical wet forest of Costa Rica. *BioScience* 20(20):1096-1100.
- McCoy, M. and Rodríguez, J. M. 1992. Cattail eradication methods in the restoration of a tropical seasonal fresh water marsh. In: *Proceedings of the IV International Wetlands Conference*, Sept. 13-18. Ohio State Univ.; In press.
- McCoy, M. and Rodríguez, J. M. 1994. Cattail (*Typha domingensis*) eradication methods in the restoration of a tropical, seasonal, freshwater marsh. In: Mitsch, W. J., ed. *Global wetlands: old world and new*. Amsterdam: Elsevier Science Publisher pp. 469-482.
- Meek, S.E. 1912. New species of fishes from Costa Rica. *Field Mus.Nat.History, Zoological Sefv.* 10: 69-75.
- Meek, S.E. 1914. An annotated list of fishes known to occur in the freshwaters of Costa Rica. *Field Mus. Nat.History, Zool.Serv.* 10: 101-134.
- Merayo Calderón, O. 1999. CATIE, Turrialba (Costa Rica). Valoración económica del agua potable en la cuenca del río Enmedio Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica [Economic valuation of the drinkable water in the watershed of the river Enmedio Santa

- Cruz, Guanacaste, Costa Rica] Tesis (Mag. Sc.). Turrialba (Costa Rica).. 148 p..
- Meza Ocampo, T. 1994. Aspectos Introductorios a la Geografía de Costa Rica. Publicaciones de la Cátedra de Historia de las Instituciones de Costa Rica, Escuela de Historia y Geografía, Universidad de Costa Rica.
- Michels, A. 1998. Use of diatoms (Bacillariophyceae) for water quality assessment in two tropical streams in Costa Rica. *Rev.Biol.Trop.* 46(suppl. 6):137-142.
- MINAE/SINAC-UICN/ORNA. 1998. Inventario de los humedales de Costa Rica. Córdoba, R.; Romero, J.C. y Windevoxhel, N. (Eds.). I Edición, 380 pp.
- Ministerio del Ambiente y Energía, San José (Costa Rica). 1997. Área de Conservación Arenal-Tilarán. Plan de manejo y desarrollo de la cuenca Laguna Arenal; resumen ejecutivo. San José (Costa Rica).. 39 p.
- Mojica-Armella, I.H. 1971. Effects of changes in land use on the stream-flow of the Reventazon River, Costa Rica. Ph.D. Dissertation, University of Washington, Seattle, WA (USA)
- Morillo, J. 1990. Sugerencias y pautas para el manejo del humedal Mata Redonda: Tesis de Licenciatura. Univ. Nacional, Heredia.
- Muñoz, G. 1989. Los humedales de Palo Verde. *Unavision* 5:18-19.
- Northrop, L.A. and Horn, S.P. 1996. Precolumbian agriculture and forest disturbance in Costa Rica: Paleoecological evidence from two lowland rainforest lakes. *The Olocene* 6(3): 289-299.
- Olivas, E.A. 2004. Ecological and social implications of hydropower development on a neotropical river system, Costa Rica. Ph.D. Dissertation, University of Georgia, Graduate Faculty, Athens, GA (USA). 168 pp.
- Oppenheimer, C. 1996. Crater lake heat losses estimated by remote sensing. *Geophysical Research Letters*. v. 23, no. 14. p. 1793-1796.
- Paaby, P. 1988. Light and nutrient limitation of primary producers in a Costa Rican lowland stream: Ph.D. dissertation, Univ. California, Davis.
- Paaby, P. 1995. Características físico-químicas de las aguas de los afluentes del embalse Arenal, Costa Rica y su relación con el plankton. *Rev. Biol. Trop.* 43: 139-149.
- Paaby, P. and Goldman, C. R. 1992. Chlorophyll, primary productivity and respiration in a lowland Costa Rican stream. *Revista De Biología Tropical*.; 40:185-198.
- Paaby, P., A. Ramirez, and C.M Pringle. 1998. The benthic macroinvertebrate community in Caribbean Costa Rican streams and the effect of two sampling methods. *Revista de Biología Tropical* 46 (Suppl. 6):185-199.
- Padgett, D.E. 1976. Leaf decomposition by fungi in a tropical rainforest stream. *Biotropica* 8: 166-178.
- Parker, G. G. 1985. The effect of disturbance on water and solute budgets of hillslope tropical rainforest in northeastern Costa Rica: Ph.D. dissertation, Univ. Georgia, Athens.
- Parker, G. G.; Luvall, J. C., and Jordan, C. F. 1985. Hydrologic budgets for undisturbed and regenerating tropical rainforests on hillslopes in northeastern Costa Rica. In: Quinones, F. and Sánchez, A. V., (eds.). *Int'l. Symposium on Tropical Hydrology and 2nd Caribbean Islands Water Resources Congress*; 1985 May 5-1985 May 8; San Juan, Puerto Rico. Bethesda: American Water Resources Association;; 11-15.
- Pasternack, G.B. Varekamp, J.C. 1997. Volcanic lake systematics .1. Physical constraints. *Bulletin of Volcanology*. v. 58, no. 7. p. 528-538.

- Petersen, R.R., G. Umaña-Villalobos y R.G. Wetzel (ed.). 2003. Nitrogen and phosphorus limitation in Lakes Bonilla and Bonillita, Costa Rica. *International Association of Theoretical and Applied Limnology. Proceedings* 28(3):1520-1525.
- Phillips R., E. 1987. Estudio de las poblaciones de diatomeas perifíticas (Bacillariophyceae) en tres riachuelos no contaminados de la vertiente Atlántica de Costa Rica: Lic. Biol. thesis, Univ. Costa Rica.
- Phillips, P. C. 1987. Reproductive biology in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in Costa Rica. *Vida Silvestre Neotropical*; 1:39-42.
- Pringle, C. M. 1991. Geothermal waters surface at La Selva Biological Station, Costa Rica: Volcanic processes introduce chemical discontinuities into lowland tropical streams. *Biotropica* 23: 523-529.
- Pringle, C. M. and A. Ramírez. 1998. Use of both benthic and drift sampling techniques to assess tropical stream invertebrate communities along an altitudinal gradient, Costa Rica. *Freshwater Biology* 39: 359-373.
- Pringle, C. M. and F. J. Triska. 1991. Effects of geothermal waters on nutrient dynamics of a lowland Costa Rican stream. *Ecology* 72: 951-965.
- Pringle, C. M. and F. J. Triska. 1996. Effects of nutrient enrichment on periphyton, pp. 607-623. In: F. R. Hauer and G. A. Lamberti (eds.) *Methods in stream ecology*, Academic Press, San Diego, CA, USA.
- Pringle, C. M. and F. J. Triska. 1991. Variation in phosphate concentrations of small order streams draining volcanic landscapes in Costa Rica: Sources and implications for nutrient cycling, pp 70-83. In: H. Tiessen, D. Lopez-Hernandez and I. H. Salcedo (eds.) *Phosphorus cycles in terrestrial and aquatic ecosystems. Regional Workshop 3: South and Central America*. Organized by the Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE) and the United Nations Environmental Programme (UNEP), Maracay Venezuela 1989. Turner-Warwick Communications, Saskatoon, Canada, 257 p.
- Pringle, C. M. and Hamazaki, T. 1997. Effects of fishes on algal response to storms in a tropical stream. *Ecology* 78(8):2432-2442.
- Pringle, C. M. and Hamazaki, T. 1998. The role of omnivory in a tropical stream: separating diurnal and nocturnal effects. *Ecology* 79(1):269-280.
- Pringle, C. M. and Ramírez, A. 1998. Use of both benthic and drift sampling techniques to assess tropical stream invertebrate communities along an altitudinal gradient, Costa Rica. *Freshwater Biology* 39:359-373.
- Pringle, C. M. and Scatena, F. N. 1999. Freshwater resource development: case studies from Puerto Rico and Costa Rica. In: Hatch, L. U. and Swisher, M. E., eds. *Managed ecosystems: the Mesoamerican experience*. Oxford, N.Y.: Oxford University Press, pp. 114-121.
- Pringle, C. M., and G. A. Blake. 1994. Quantitative effects of atyid shrimp (Decapoda: Atyidae) on the depositional environment in a tropical stream: Use of electricity for experimental exclusion. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 51: 1443-1450.
- Pringle, C. M., F. J. Triska, and G. J. Browder 1990. Spatial variation in basic chemistry of streams draining a volcanic landscape on Costa Rica's Caribbean slope. *Hydrobiologia* 206: 73-86.
- Pringle, C. M., G. A. Blake, A. P. Covich, K. M. Buzby and A. Finley. 1993. Effects of omnivorous shrimp in a montane tropical stream: Sediment removal, disturbance of sessile invertebrates and enhancement of understory algal biomass. *Oecologia* 93: 1-11.
- Pringle, C. M., G. L. Rowe, F. J. Triska, J. F. Fernandez and J. West. 1993. Landscape linkages between geothermal activity, solute composition and ecological response in streams draining Costa Rica's Atlantic Slope. *Limnology and Oceanography* 38: 753-774.

- Pringle, C. M., N. H. Hemphill, W. McDowell, A. Bednarek, and J. March. 1999. Linking species and ecosystems: Different biotic assemblages cause interstream differences in organic matter. *Ecology* 80:1860-1872.
- Pringle, C. M.; Paaby-Hansen, P.; Vaux, P. D., and Goldman, C. R. 1986. In situ nutrient assays of periphyton growth in a lowland Costa Rican stream. *Hydrobiologia* 134:207-213.
- Pringle, C.M. 2000. Riverine conservation in tropical versus temperate regions: Ecological and socioeconomic considerations, Chapter 15, pp. 367-378. In: P.J. Boon and B. Davies (eds.) *Global perspectives on river conservation: Science, policy and practice*. John Wiley and Sons.
- Pringle, C.M. 2000. Managing riverine connectivity in complex landscapes to protect remnant natural areas. *International Association of Theoretical and Applied Limnology* 27(3):1149-1164.
- Pringle, C.M., and F.J. Triska. 2000. Emergent biological patterns in streams resulting from surface-subsurface water interactions at landscape scales, Chapter 7, pp. 167-193. In: J.B. Jones and P.J. Mulholland (eds.) *Streams and Groundwaters*. Academic Press.
- Pringle, C.M., and J. P. Benstead. 1999. Effects of logging on tropical riverine ecosystems, pp.xx-xx. In: R. Fimbel, A. Grajal, and J. Robinson (eds.) *Conserving wildlife in managed tropical forests*. Colombia University Press.
- Pringle, C.M., P. Paaby-Hansen, P.D. Vaux, and C.R. Goldman. 1986. In situ nutrient assays of periphyton growth in a lowland Costa Rican stream. *Hydrobiologia* 134: 207-213.
- Pringle, C.M., R. Bjorkland, and B. Newton. 1999. Enhancing understanding of effects of riparian buffers on aquatic ecosystems through development of environmental outreach tools. *Proceedings of the 1999 Georgia Water Resources Conference*. Athens, GA.
- Ramírez Ramírez, E.; Camacho Vargas, L.; Wydrzycka, U. 1994. Hule: una laguna tropical. Vargas, J.R. (ed.). *Seminario-Taller Utilización y Manejo Sostenible del Recurso Hídrico*. San José (Costa Rica), 28 Nov - 1 Dic 1994. Utilización y manejo sostenible de los recursos hídricos. Seminario-Taller Utilización y Manejo Sostenible del Recurso Hídrico, San José, Costa Rica, 28 noviembre-1 de diciembre de 1994.
- Ramírez, A. 1994. Descripción e historia natural de las larvas de Odonatos de Costa Rica. III. *Gynacantha tibiata* (Karsch 1891)(Anisoptera, Aeshnidae). *Bulletin of American Odonatology* 2(1):9-14.
- Ramírez, A. and C. M. Pringle. 1998. Structure and production of a benthic insect assemblage in a neotropical stream. *Journal of the North American Benthological Society* 17: 443-463.
- Ramírez, A., and C.M. Pringle. 1999. Invertebrate drift and benthic community dynamics in a lowland neotropical stream, Costa Rica. *Hydrobiologia* 386: 19-26.
- Ramírez, A., and C.M. Pringle. In press. Spatial and temporal patterns of invertebrate drift in streams draining a tropical landscape, Costa Rica. *Freshwater Biology* 00:00-00.
- Ramírez, A., P. Paaby, C.M. Pringle, and G. Aguero. 1998. Effect of habitat type on benthic macroinvertebrates in a tropical lowland stream, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 46:201-213.
- Ramírez, A.; Pringle, A.M. y Molina L. In press. Linkages between microbial respiration rates and phosphorus levels in streams draining a geothermally modified landscape. *Limnology and oceanography*.
- Ramírez, R. E. 1985. Variaciones estacionales de la comunidad zooplancónica del Lago de Río Cuarto, Alajuela, costa Rica. Tesis de Lic., Universidad de Costa Rica. Costa Rica.
- Ramírez-Ulate, A. 2001. Control of benthic assemblages in detritus-based tropical streams. Ph.D. Dissertation. The University of Georgia, Graduate Faculty, Athens, Georgia (USA).

- Ramírez-Ulate, A. C.M. Pringle y A.D. Rosemond. 2002. Stream insects in a geothermally modified landscape in Costa Rica: The Streams Project. Tropical Forests: Past, Present, Future. The Association for Tropical Biology Annual Meeting, Smithsonian Tropical Research Institute, Panama City, PA, July 29-Aug. 3, 2002.
- Ramírez-Ulate, A. C.M. Pringle y L.E. Molina. 2003. Effects of stream phosphorus levels on microbial respiration. *Freshwater Biology* 48(1):88-97.
- Ramírez-Ulate, A. y C.M. Pringle. 2004. Do macroconsumers affect insect responses to a natural stream phosphorus. *Hydrobiologia* 15(1/3):235-246.
- Ranvestel, A.W. K.R. Lips, C.M. Pringle, M.R. Whiles y R.J. Bixby. 2004. Neotropical tadpoles influence stream benthos: Evidence for the ecological consequences of decline in amphibian. *Freshwater Biology* 4(3):274-285.
- Romero, A. 1984. Behavior in an 'intermediate' population of the subterranean-dwelling characid *Astyanax fasciatus*. *Environmental Biology Fishes* 10:203-207.
- Rosemond, A. D., C. M. Pringle, and A. Ramírez. 1998. Macroconsumer effects on insect detritivores and detritus processing in a tropical stream. *Freshwater Biology* 39: 515-524.
- Rosemond, A.D., C.M. Pringle, A. Ramírez-Ulate, M.J. Paul y J.L. Meyer. 2002. Landscape variation in phosphorus concentration and effects on detritus-based tropical streams. *Limnology and Oceanography* 47(1):278-289.
- Rosemond, A.D., D.S. Leigh, B.J. Freeman, M.C. Freeman, E.A. Kramer, and C.M. Pringle. 1999. Development of a scientific understanding of the effects of changing land use on stream ecosystems. Proceedings of the 1999 Georgia Water Resources Conference. Athens, GA.
- Rowe, G.L., Jr. Brantley, S.L. Fernández-Arce, M. Fernández, J.F. Borgia, A. Barquero, J. 1992. Fluid-volcano interaction in an active stratovolcano: The crater lake system of Poas volcano, Costa Rica. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. v. 42, no. 1-2. p. 23-51.
- Salas, C. L. 1985. Contribución al conocimiento y manejo de *Crocodylus acutus* Cuvier en el Refugio de Fauna Silvestre Dr. Rafael L. Rodríguez C., Palo Verde: Tesis de Licenciatura. San Pedro de Montes de Oca, Universidad de Costa Rica.
- Sandlund, O.T. 1998. Fish species and distribution in the rivers of Área de Conservación Guanacaste (ACG): Results from a first survey, June 1998. 11 pp.
- Sanford Jr., R. L.; Paaby, P.; Luvall, J. C., and Phillips, E. 1994. The La Selva ecosystem: climate, geomorphology and aquatic systems. In: McDade, L. A.; Bawa, K. S.; Hespenheide, H. A., and Hartshorn, G. S., (eds.). *La Selva: Ecology and Natural History of a Neotropical Rainforest*: Univ. Chicago Press; pp. 19-33.
- Schneider, D.W. and Frost, T. M. 1986. Massive upstream migration by a tropical freshwater Neritid snail. *Hydrobiologia* 137(2):153-157.
- Silva, A. 1998. Benthic macroalgae of an unpolluted tropical river (Río Savegre, Costa Rica). In: *Revista de Biología Tropical*. 46(supl.6): 177-183.
- Silva, A. M. 1996. The use of water chemistry and benthic diatom communities for qualification of a polluted tropical river in Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 44:395-416.
- Silva-Benavides, A.M. 1996. The epilithic diatom flora of a pristine and a polluted river in Costa Rica, Central. *Diatom Research* 11(1):105-142.
- Silva-Benavides, A.M. 1996. The use of water chemistry and benthic diatom communities for qualification of a polluted tropical river. *Revista de Biología Tropical* 44(2a):395-416.
- Spínola, R. M. 1994. Dieta, abundancia relativa y actividad de marcaje de la nutria neotropical (*Lutra longicaudis*) en la Estación Biológica La Selva, Costa Rica: Tesis de Maestría, Universidad Nacional, Heredia.

- Spínola, R. M. and Vaughan, C. 1995. Abundancia relativa y actividad de marcaje de la nutria neotropical (*Lutra longicaudis*) en Costa Rica. *Vida Silvestre Neotropical* 4:38-45.
- Spínola, R. M. and Vaughan, C. 1995. Dieta de la nutria neotropical (*Lutra longicaudis*) en la Estación Biológica La Selva, Costa Rica. *Vida Silvestre Neotropical* 4(2):125-132.
- Springer, M. & R. Acosta. 2003. First description of the Larva of *Pharceonus* Spangler et Santiago-Fragoso, 1992, and New Records for the Genus (Coleoptera: Elmidae: Larainae). *Aquatic Insects* 25(3): 219-223.
- Springer, M. & R. Gerecke 1992. The male of *Neotorrenticola plumipes* Lundblad, 1953 (Acari, Actiniedida Limnesiidae) from Costa Rica. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 27 (4): 243-252.
- Springer, M. & T. Maue. Effect of methodology and sampling time on the taxa richness of aquatic macroinvertebrates and water quality index obtained from three tropical rivers (Costa Rica). *Rev. Biol. Trop.* En revisión
- Springer, M. 1997. Caddisflies of Costa Rican cloud forests. En: N. Nadkarni et. al. (eds.) *The Natural History, Ecology, and Conservation of Monteverde, Costa Rica*. Oxford University Press.
- Springer, M. 1998. Genera of aquatic insects from Costa Rica, deposited at the Museo de Zoología, Universidad de Costa Rica. Source: *Revista de Biología Tropical*, v.46, n. SUPPL. 6,:137-141. *Insects (Insecta)*: 278 genera, aquatic.
- Springer, M. 1998. Genera of aquatic insects from Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, Vol. 46, Suppl. 6: 137-141.
- Springer, M. 1998. Los tricópteros - maestros de la arquitectura entre los insectos. *BIONET*, No.4: 14-16.
- Springer, M. 2004. Diversidad, ecología e importancia de los insectos acuáticos de los ambientes de agua dulce de Golfito. En: Bolaños, F. y J. Lobo. (eds). *Historia Natural de Golfito*. Editorial INBio, Costa Rica. En prensa.
- Springer, M. 2004. Marine Insects. En: J.Cortés & I.S. Wehrtmann (eds). *Marine Biodiversity of Costa Rica, Central America*. Kluwer Academic Press, The Netherlands. En prensa.
- Springer, M. 2004. Primer listado de los insectos acuáticos de la Isla de Caño, Puntarenas, Costa Rica. *Brenesia*. En revisión.
- Springer, M. 2002. Diversidad, biología y ecología de los insectos acuáticos. pp: 158-166. En: Rodríguez, F. y Chaves, A. (eds.) *Estudios sobre la Cuenca del Río San Carlos*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Sede San Carlos. Escuela de Ciencias y Letras. 177 p.
- Stout, J. 1978. Migration of the aquatic hemipteran *Limnocoris insularis* (Naucoridae) in a tropical lowland stream (Costa Rica, C. A.). *Brenesia*,; 14/15:1-11.
- Stout, J. 1979. The influence of biotic factors in two species of stream-inhabiting Hemiptera (family: Naucoridae). Ph.D. dissertation, Univ. Michigan, Ann Arbor.
- Stout, J. 1980. Leaf decomposition rates in some lowland tropical rainforest streams. *Biotropica* 12:264-272.
- Stout, J. 1981. How abiotic factors affect the distribution of two species of tropical predaceous aquatic bugs (family: Naucoridae). *Ecology*,; 62(5):1170-1178.
- Stout, J. 1981. Photometric determination of leaf input into tropical streams. *Journal of Freshwater Ecology*,; 1:287-293.
- Stout, J. 1982. Effects of a harsh environment on the life history patterns of two species of tropical aquatic Hemiptera (family: Naucoridae). *Ecology*,; 63:75-83.

- Stout, J. 1983. *Limnocoris insularis* (Creeping Water Bug). In: Janzen, D. H., (ed.). *Costa Rican Natural History*: Univ. Chicago Press; pp. 733-734.
- Stout, J. 1983. *Megaloprepus* and *Mecistogaster*. In: Janzen, D. H., (ed.). *Costa Rican Natural History*: Univ. Chicago Press; pp. 734-735.
- Stout, J. and Vandermeer, J. 1975. Comparison of species richness for stream-inhabiting insects in tropical and mid-latitude streams. *American Naturalist* 109(967):263-280.
- Sweeney, Bernard W., Jackson, John K., Funk, David H. 1995. Semivoltinism, seasonal emergence, and adult size variation in a tropical stream mayfly (*Euthyplocia hecuba*). *Journal of the North American Benthological Society*, v.14, n.1, 1995.:131-146.
- Swing, C.K. 1992. Influences on the instream distribution of *Astyanax fasciatus* in a small river in Costa Rica. Ph.D. Dissertation, The Louisiana A&M State University, Baton Rouge, LA (USA).
- Teska, W. R. 1976. Terrestrial movements of the mud turtle *Kinosternon scorpioides* in Costa Rica. *Copeia*; 3:579-580.
- Thompson, V. 1997. Spittlebug nymphs (Homoptera: Cercopidae) in *Heliconia* flowers (Zingiberales: Heliconiaceae): preadaptation and evolution of the first aquatic Homoptera. *Revista De Biología Tropical* 45(2):905-912.
- Tiffer-Sotomayor, R. 1997. Influence of riparian canopy on macroinvertebrate communities in a Costa Rica stream. Thesis M.Sc., State University of New York, College of Environmental Sciences and Forestry, Syracuse, NY (USA).
- Travis, B.W., Vargas, M. and Fallas, F. 1979. Bionomics of blackfly (Diptera:Simuliidae) in Costa Rica. III. Larval population dynamics in 5 select streams. *Rev. Biol. Trop.* 27(1):135-144.
- Triska, F. J., C. M. Pringle, G. Zellweger, J. H. Duff and R. J. Avanzino. 1993. Dissolved inorganic nitrogen composition, transformation, retention and transport in naturally phosphate-enriched and unenriched tropical streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 50: 665-675.
- Ulloa, J. Cabrera, J. Mora, M. 1989. Composición, diversidad y abundancia de peces en el embalse Arenal, Guanacaste, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 37(2): 127-131.
- Ulloa, J.A., Alpírez, O. and Cabrera, J. 1988. Presencia de *Bryconamericus acleoriparius*, *Poeciliopsis turrubarensis* y *Cichlasoma nicaragüensis* en el embalse Arenal, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 36: 171-172.
- Ulloa, J.A., Cabrera, J. and Alpírez, O. 1987. Ictiofauna del embalse Arenal, Guanacaste, Costa Rica. *Uniciencia* 4(1/2): 81-83.
- Umaña, G. 1985. Fitoplancton species diversity of 27 lakes and ponds of Costa Rica. M.Sc. Thesis Brook University, Ontario, Canadá.
- Umaña, G. 1988. Fitoplancton de las Lagunas Barva, Fraijanes y San Joaquín, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 36: 471-477.
- Umaña, G. 1990. Limnología básica de la Laguna de Barva. *Rev.Biol.Trop.* 38(2b): 431-435.
- Umaña, G. 1993. The planctonic community of Laguna Hule, Costa Rica. *Rev.Biol.Trop.* 41 (3): 499-507.
- Umaña, G. 1997. Basic limnology of Lago Bonilla, a tropical lowland lake. *Rev.Biol.Trop.* 45(4): 1429-1437.
- Umaña, G. 1998. Characterization of some Golfo dulce drainage basin rivers (Costa Rica). *Rev. Biol.Trop.* 46(Supl.6): 125-135.
- Umaña, G. y Collado, C. 1990. Planctonic associations in the Arenal Reservoir, Costa Rica. *Rev. Biol.Trop.* 38(2a): 311-321.

- Umaña, G., Haberyan, K. Horn, S. 1999. Limnology in Costa Rica. In: Wetzel, R. y Gopal, B. (Eds.). Limnology in developing countries. V. 2. International Association for Limnology. Pp. 33-62.
- Umaña, G., K.A. Averían y S. P. Horn. 1999. Limnology in Costa Rica. R.G. Wetzel y B. Gomal. (editores). Limnology in Developing Countries 2: 33-62. Internacional Association for Limnology (SIL).
- Umaña-Villalobos, G. 2001. Limnology of Botos Lake, a tropical crater lake in Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 49(Supl. 2):1-10.
- Umaña-Villalobos, G. Jiménez-Centeno, C.E. 1995. The basic limnology of a low altitude tropical crater lake - Cerro Chato, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*. v. 43, no. 1-3. p. 131-138. 1995.
- Valerio, C. 1975. Mecanismos para la captura y selección de alimento en rotíferos especializados. *Brenesia* 5: 39-45.
- Vargas, M. 1956. llave numérica para la identificación de larvas en cuarta fase de Anophelini en Costa Rica. *Rev.Biol.Trop.* 4(1):27-34.
- Vega-Mejía, A. 1980. Estudio de Limnología. Embalse de Arenal. Pp. 267-291. In: CCT. Estudio Ecológico de las Zonas de Afectación del Proyecto Arenal. CCT, San José.
- Villalobos, C.R. y Cruz, R.A. 1984. Biología de *Clavaris luteolus* (Misetopudidae:Bivalvia). I. Distribución de tamaño, crecimiento y mortalidad en Cañas, Guanacaste, Costa Rica. *Rev. Biol.Trop.* 32(1): 29-34.
- Villalobos, C.R., Cruz, R.A. y Báez, A.L. Biología de *Clavaris luteolus* (Misetopudidae:Bivalvia). III. Distribución de tamaño, crecimiento y mortalidad en Cañas, Guanacaste, Costa Rica. *Rev. Biol.Trop.* 32(1): 57-60.
- Winemiller, K. O. 1983. An introduction to the freshwater fish communities of Corcovado National Park, Costa Rica. *Brenesia* 21:47-66.
- Winemiller, K. O. 1993. Seasonality of reproduction by livebearing fishes in tropical rainforest streams. *Oecology* 95: 266-276.
- Winemiller, K. O. y Leslie, M. A. 1992. Fish assemblage across a complex, tropical freshwater/marine ecotone. *Env.Biol.Fishes* 34: 29-50.
- Winemiller, K. O. y Morales, N.E. 1989. Comunidades de peces del Parque Nacional Corcovado luego del cese de las actividades mineras. *Brenesia* 31: 75-91.
- Winemiller, K.O. Kelso-Winemiller, L.C. Brenkert, A.L. 1995. Ecomorphological diversification and convergence in fluvial cichlid fishes. *Environmental Biology of Fishes*. v. 44, no. 1-3. p. 235-261. 1995.
- Wootton, J. T. and Oemke, M. P. 1992. Latitudinal differences in fish community trophic structure, and the role of fish herbivory in a Costa Rican stream. *Environmental Biology of Fishes* 35:311-319.
- Wujek, D.A. 1984. Scale-bearing Chrysophyceae (Mallomonadaceae) from north central Costa Rica. *Brenesia* 22: 309-313.
- Wujek, D.A., Clansy, R.E. and Horn, S. P. In press. Silica-scaled Chrysophyceae and Synurophyceae from Costa Rica. *Brenesia*.
- Wydrzycka, U. 1996. Algas de caldera Bosque Alegre y eutrofización. Vargas, J.R. (ed.). Seminario-Taller Utilización y Manejo Sostenible del Recurso Hídrico. San José (Costa Rica), 28 Nov - 1 Dic 1994. Utilización y manejo sostenible de los recursos hídricos. Seminario-Taller Utilización y Manejo Sostenible del Recurso Hídrico, San José, Costa Rica, 28 noviembre-1 de diciembre de 1994. Heredia (Costa Rica). EFUNA. p. 242.

Wydrzycka, U. 1996. Las especies de *Trachelomonas* (Algae:Euglenophyta) en tres lagunas volcánicas de Costa Rica. *Rev.Biol.Trop.* 44: 477-484.

Young, A.M. 1985. Note on seasonal abundance in mayfly (Ephemeroptera) at a Costa Rican rainforest locality (Finca La Selva). *Brenesia* 24: 319-326.

Zamora, N. 1992. Lista preliminar de la vegetación de los humedales de la Provincia de Guanaacaste. Escuela de Ciencias Ambientales, UNA. Heredia, Costa Rica.

Zamora, N. Y Bravo, J. 1993. Caracterización de la vegetación del Refugio Nacional de Vida Silvestre Caño Negro, Alajuela, Costa Rica. *Rev. Ciencias Ambientales* 10. Escuela e Ciencias Ambientales, UNA, Heredia, Costa Rica.

Zeeb, B.A., Smol, J. P. and Horn, S. P. 1996. Cryosphycean stomatocyst from Costa Rican tropical lake sediments. *Nova Hedwigia* 63(3-4): 276-299.

Zúñiga, C. M. 1980. Contribución a la sistemática del género *Rhamdia* (Piscis:Pimelodidae) en Costa Rica. Tesis de Grado. Universidad de Costa Rica. 86 pp.

En preparación:

Fernández, L. y M. Springer. El efecto de beneficios de café sobre los insectos acuáticos en tres ríos del Valle Central de Costa Rica (Alajuela). *Rev. Biol. Trop.* (entrega: 2004)

Springer, M. & G. Umaña. Benthic macroinvertebrate fauna from the Río Grande de Térraba River Basin, Puntarenas, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* (entrega: 2005)

Springer, M. & F. Saint-Ours. A fieldguide to the families of Aquatic Insects of Costa Rica. Editorial InBio.

Springer, M. Clave para la identificación de las larvas de Trichoptera de Costa Rica. *Brenesia*. (entrega 2004)

Springer, M. Effect of a small hydroelectric power plant on the macroinvertebrate community in a tropical stream, Alajuela, Costa Rica. (entrega: 2004-2005)

Springer, M. La fauna de Macroinvertebrados acuáticos del Lago Cote, Tilarán, Costa Rica. *Brenesia*. (entrega: 2004-2005)

Springer, M. Taxonomic diversity and relative abundance of aquatic insects in a premontane tropical rainforest stream, Costa Rica. *Journal North American Benthological Society*. (entrega: 2005)

Springer, M. y P. Hanson (eds.). Artrópodos de agua dulce de Costa Rica; Volumen I: Insecta. *Rev. Biol. Trop.*, Supplement.

Springer, M. y P. Hanson (eds.). Artrópodos de agua dulce de Costa Rica; Volumen II: Tardigrada, Hidracarina, Crustácea, Mollusca. *Rev. Biol. Trop.*, Supplement.

Umaña G. & M. Springer. Basic limnology from the Río Grande de Térraba River Basin, Puntarenas, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* (entrega: 2005).

ANEXO 2. Marco de Trabajo de acuerdo a la Convención sobre la Biodiversidad Biológica

(UNEP/CBD/SBSTTA/9/14/Add.1, 20 de agosto de 2003).

METAS ORIENTADAS A LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS Y FECHAS LÍMITE PARA LA APLICACIÓN DEL PROGRAMA CORREGIDO DE TRABAJO SOBRE DIVERSIDAD BIOLÓGICA DE AGUAS CONTINENTALES

II. VISIÓN, MISIÓN, OBJETIVOS Y METAS DEL PROGRAMA DE TRABAJO SOBRE DIVERSIDAD BIOLÓGICA DE AGUAS CONTINENTALES

A. Visión

La visión general a la cual contribuye el programa corregido de trabajo sobre diversidad biológica de aguas continentales es la de garantizar la capacidad de las aguas continentales para mantener la vida en la Tierra.

B. Misión

De conformidad con la misión del plan estratégico del Convenio, la misión del programa de trabajo sobre diversidad biológica de aguas continentales consiste en reducir, en forma importante, el ritmo de pérdida de la diversidad biológica de aguas continentales para el año 2010 a escalas mundial, regional y nacional, como contribución a la lucha contra la pobreza y para beneficio de la vida en la Tierra.

C. Objetivos y metas

En el anexo de la presente nota, se proponen nueve objetivos de largo plazo y sus metas mundiales orientadas a la obtención de resultados para el año 2010. Con ellas se aborda la situación y las tendencias de los componentes de la diversidad biológica de aguas continentales, y las amenazas que pesan sobre ellos, dentro del ámbito del programa de trabajo. Cada meta va acompañada por una lista indicativa de los posibles indicadores o medios de verificación, para los cuales es posible que se disponga de datos.

Objetivo 1: Detener la pérdida de ecosistemas y hábitats de aguas continentales

Meta 1: Lograr la conservación efectiva para el 2010 de, por lo menos, el 10% de cada una de las categorías de ecosistemas de aguas continentales que son importantes para la conservación de la diversidad biológica que se identificaron, en la fase inicial, de acuerdo con la clasificación Ramsar de los humedales (En el párrafo 7 a) de su recomendación VIII/2, el OSACTT recomienda que la Conferencia de las Partes solicite a aquellas Partes que les resulte apropiado que adopten la clasificación de Ramsar para los humedales como sistema provisional de clasificación y que la empleen como marco para realizar el inventario inicial de los ecosistemas de aguas continentales con la finalidad de preparar listas indicativas de ecosistemas de aguas continentales que son de importancia en el marco del Convenio, según se solicita en el párrafo 12 del programa de trabajo sobre diversidad biológica de aguas continentales que se anexa a la decisión IV/4.)

Lista indicativa de posibles indicadores o medios de identificación:

- 1.1 Identificación/inventarios de ecosistemas de aguas continentales importantes para la conservación de la diversidad biológica;
- 1.2 Cobertura de humedales de importancia internacional que se reconocen en el marco de la Convención de Ramsar;
- 1.3 Porcentaje de ecosistemas de aguas continentales protegidos efectivamente para la conservación de la diversidad biológica;
- 1.4 Situación de los ecosistemas de aguas continentales importantes (por ejemplo, lagos para especies migratorias);
- 1.5 Porcentaje de ecosistemas de aguas continentales administrados de manera integrada con la intención de conservar la diversidad biológica en el ámbito de las cuencas hidrográficas y fluviales;
- 1.6 Número de represamientos, canales, alineación de cauces, modificación de litorales, control de inundaciones, proyectos de drenaje e irrigación;
- 1.7 Número de proyectos (y área y número de ecosistemas) que están dirigidos a la rehabilitación o restauración de aguas continentales degradadas;
- 1.8 Registros de esfuerzos de restauración y vigilancia de ecosistemas de aguas continentales;

1.9 Políticas pertinentes, medidas tomadas (evaluación del impacto ambiental/evaluación ambiental estratégica, apoyo financiero, creación de capacidades, cooperación transfronteriza, etc., entre otras) para conservar los ecosistemas de aguas continentales.

Objetivo 2: Detener la pérdida de especies que viven/ocurren en los ecosistemas de aguas continentales

Meta 2: Lograr la conservación in situ, para 2010, del 60% de las especies amenazadas del mundo que viven/ocurren en los ecosistemas de aguas continentales.

Lista indicativa de posibles indicadores o medios de identificación:

- 2.1 Datos de la Lista Roja de la Unión Mundial de Conservación (IUCN) y datos del inventario de aguas continentales;
- 2.2 Planes de gestión para ecosistemas de aguas continentales que toman en cuenta, en forma explícita, la conservación de la diversidad biológica;
- 2.3 Porcentaje de planes de gestión puestos en ejecución con disposiciones específicas para especies amenazadas;
- 2.4 Registros de especies en el comercio ilegal (CITES, TRAFFIC, Lista Roja de la IUCN);
- 2.5 Número de proyectos (y área y número de ecosistemas) que están dirigidos a la rehabilitación o restauración de aguas continentales degradadas;
- 2.6 Número de proyectos que hayan tenido éxito en reintroducir y establecer especies nativas.

Objetivo 3: Detener la pérdida de diversidad genética de los ecosistemas de aguas continentales

Meta 3: Para 2010, haber logrado una gestión del [70%] (Esta cifra requiere consultas más a fondo) de las aguas continentales que permitirá conservar in situ su diversidad genética de importancia científica, cultural y socioeconómica.

Lista indicativa de posibles indicadores o medios de identificación:

- 3.1 Porcentaje de países y ecosistemas que han puesto en ejecución planes de gestión que contribuirán a mantener la diversidad genética;

3.2 Número de iniciativas de conservación que se relacionan específicamente con la conservación de la diversidad genética;

3.3 Número de proyectos de aprovechamiento del agua que toman en cuenta consideraciones sobre diversidad genética;

3.4 Adopción y aplicación de políticas y procedimientos para la conservación de la diversidad genética por los sectores de acuicultura y otros pertinentes (incluida la vigilancia de la aplicación del Código de Conducta para la Pesca Responsable de la FAO, y aplicación de los principios y las directrices de Addis Abeba para la utilización sostenible, (UNEP/CBD/SBSTTA/9/9 y documentos de información pertinentes) y las directrices para incorporar las cuestiones que se relacionan con la diversidad biológica a la legislación o procesos de evaluación del impacto ambiental y a la evaluación ambiental estratégica (La decisión VI/7 A y las consideraciones para un desarrollo ulterior se incluyen en los documentos de información pertinentes).

Objetivo 4: Lograr un manejo eficaz de las especies exóticas invasoras en los ecosistemas de aguas continentales

Meta 4: Lograr, para el 2010, un manejo eficaz de las amenazas que provienen de las especies exóticas invasoras en el [50%] (Esta cifra requiere consultas más a fondo) de los ecosistemas de aguas continentales afectados.

Lista indicativa de posibles indicadores o medios de identificación:

- 4.1 Planes de gestión implantados para las especies exóticas más importantes que representan una amenaza para las especies de aguas continentales, las comunidades, los hábitats y los ecosistemas de aguas continentales conexos;
- 4.2 Medios de subsistencia sostenibles de la gente que se basan en el uso de la diversidad biológica nativa de aguas continentales;
- 4.3 Registros de importaciones, movimientos y uso de especies exóticas de aguas continentales;
- 4.4 Registros de los impactos de las especies exóticas de aguas continentales;

4.5 Adopción, elaboración y aplicación de códigos de prácticas pertinentes y otros enfoques para el manejo del movimiento de las especies exóticas invasoras.

Objetivo 5: Detener el desarrollo de la pesca y la acuicultura insostenibles y de la sobreexplotación de los recursos de aguas continentales

Meta 5: Lograr, para 2010, que se practique la pesca y la acuicultura de aguas continentales de modo que se mantengan la diversidad biológica de aguas continentales y los medios de subsistencia que dependen de ella.

Lista indicativa de posibles indicadores o medios de identificación:

- 5.1 Porcentaje de operaciones o proyectos de pesca/ acuicultura que se manejan de manera eficaz en aras de la sustentabilidad;
- 5.2 Adopción y aplicación del Código de Conducta para la Pesca Responsable de la FAO (en lo que se refiere a las aguas continentales);
- 5.3 Sistemas de gestión pesquera implantados (políticas y legislación comprendidas) que incluyen, en forma específica, una referencia directa a la conservación de la diversidad biológica;
- 5.4 Tendencias en las especies objeto de medidas específicas y en las que sirven como indicadores (a través de sistemas de vigilancia ya existentes o mejorados);
- 5.5 Tamaño y estructura de la población de especies objeto de medidas específicas;
- 5.6 Registros de adopción de sistemas de cogestión mejorados;
- 5.7 Medios de subsistencia de la gente que depende de la diversidad biológica de aguas continentales.

Objetivo 6. Reducción significativa de las amenazas que pesan sobre las aguas continentales como consecuencia de la contaminación, la eutroficación y la sedimentación

Meta 6. Mejorar en forma importante y mantener la calidad del agua, para 2010, a un nivel aceptable en el 60% de las aguas continentales que sufren eutroficación, contaminación química, microbiana, térmica y nuclear y/o sedimentación.

Lista indicativa de posibles indicadores o medios de identificación:

- 6.1 Porcentaje de agua tratada en forma eficaz antes de la descarga;
- 6.2 Número de instalaciones de tratamiento de aguas residuales de bajo costo que están funcionando;
- 6.3 Estabilidad de la estructura de la población de especies que sirven como indicadores;
- 6.4 Tendencias en las poblaciones de las especies;
- 6.5 Calidad del agua y otros programas de vigilancia ambiental;
- 6.6 Medidas preventivas (para evitar eutroficación, contaminación química, etc.).

Objetivo 7: Mantener la capacidad de los ecosistemas de aguas continentales para entregar bienes y servicios

Meta 7: Lograr, para 2010, un manejo integrado del 50% de los ecosistemas de aguas continentales tomando en consideración las cuencas hidrográficas completas (cuenca de captación, cuenca fluvial) y las necesidades de todos los interesados directos.

Lista indicativa de posibles indicadores o medios de identificación:

- 7.1 Porcentaje de planes de gestión implantados que se basan en una gestión integrada de los recursos hidráulicos y que incorporan por completo consideraciones sobre diversidad biológica y la participación equitativa en los beneficios;
- 7.2 Existencia de sociedades intersectoriales con la participación eficaz a escalas local, nacional e

internacional a fin de mejorar la gestión integrada de la diversidad biológica en las aguas continentales;

7.3 Aprovechamiento del agua y ordenación del suelo en consonancia con el mantenimiento de la función de los ecosistemas;

7.4 Satisfacción de los interesados directos;

7.5 Cambios documentados en los enfoques de gobernabilidad para manejar las aguas continentales que reconocen plenamente la función de todos los interesados directos, incluidos los pueblos indígenas y las comunidades locales que dependen de los recursos de aguas continentales;

7.6 Porcentaje de agua extraída que se regresa al cuerpo de agua en condiciones de buena calidad;

7.7 Existencia de planes hidráulicos eficientes para las aguas continentales;

7.8 Aplicación del principio “el que contamina paga”;

7.9 Datos, estadísticas y otros indicadores de los beneficios sociales y económicos sostenibles que se derivan de las aguas continentales (comprendidos alimentación, medicinas, valores culturales, servicios de los ecosistemas y todos los beneficios que obtiene la gente y que se asocian a los recursos hidráulicos);

7.10 Aplicación del enfoque por ecosistemas.

Objetivo 8: Prestar apoyo en el ámbito de los medios de subsistencia sostenibles, la seguridad alimentaria, la salud y el bienestar de la gente que depende de la diversidad biológica de aguas continentales

Meta 8: Detener, para el 2010, la disminución de los recursos biológicos de aguas continentales, y del correspondiente conocimiento, innovaciones y prácticas indígenas y locales que prestan apoyo a los medios de subsistencia sostenibles, a la seguridad alimentaria local y a la atención médica (Cf.: meta

X de los Objetivos de Desarrollo del Milenio), y mejorar la incorporación del conocimiento tradicional y local a la formulación y manejo de las políticas.

Lista indicativa de posibles indicadores o medios de identificación:

8.1 Documentación del conocimiento tradicional y local y usos tradicionales de la diversidad biológica de aguas continentales, de acuerdo con los procedimientos acordados, a través de estudios y otros enfoques;

8.2 Incorporación del conocimiento tradicional y local a los sistemas de gestión y gobernabilidad para los recursos de aguas continentales;

8.3 Nivel de participación de las comunidades locales en los sistemas de gestión y gobernabilidad para los recursos de aguas continentales;

8.4 Porcentaje de categorías importantes de aguas continentales que está bajo sistemas de cogestión apropiados y eficaces;

8.5 Eficacia de la participación de las comunidades indígenas y locales y de su conocimiento tradicional y local en los sistemas de información y vigilancia destinados a las aguas continentales.

Objetivo 9: Garantizar una participación justa y equitativa en los beneficios que se derivan de la utilización de los recursos genéticos de aguas continentales

Meta 9: Lograr, para 2010, que todas las transferencias de recursos genéticos se realicen en consonancia con el Convenio sobre la Diversidad Biológica.

Lista indicativa de posibles indicadores o medios de identificación:

9.1 Disposiciones sobre acceso implantadas;

9.2 Medidas para los usuarios implantadas;

9.3 Cantidad de recursos en los que se participa en los casos de uso comercial.

ANEXO 3. Inventario de los Sistemas Lénticos del Proyecto PREPAC/OIRSA (2005).

Los sistemas acuáticos lénticos clasificados de acuerdo a los criterios usados en el proyecto PREPAC/OIRSA (2005).

Ecorregión	UED	Total	No. Lagos	No. Lagunas	No. Laguneta	No. Laguna Costera	No. Otro
San Juan	Los Guatusos-Cocibolca	30	1	2	7	0	20
	San Carlos	69	6	3	49	4	7
	Caribe	48	3	0	19	13	13
Estero Real – Tempisque	Santa Elena	24	0	0	2	0	22
	Nosara	32	0	0	2	0	30
	Nicoya	17	0	0	1	0	16
	Tempisque	41	1	1	13	0	26
	Puntarenas	24	0	0	3	0	21
	Tárcoles	20	1	0	6	3	10
Térraba Coto	Quepos	34	0	0	7	0	27
	Térraba	36	2	5	13	0	16
	Osa	39	1	1	5	2	30
Isthmus Caribbean	Sixaola	17	0	0	14	1	2

ANEXO 4. Criterios utilizados para la clasificación de los sistemas lénticos (TNC 2007).

The Nature Conservancy. 2007. Revisando las Prioridades de Conservación de la Biodiversidad en Mesoamérica: Sistemas de Agua Dulce (Evaluación Ecorregional de Mesoamérica). Programa Regional de Ciencias: Región de Mesoamérica y el Caribe. San José, Costa Rica

La clasificación de los sistemas acuáticos lénticos (SAL) ha sido realizada con base en a) tamaño (área de espejo y profundidad) (**Cuadro 1**), b) elevación (**Cuadro 2**), c) origen geológico (**Cuadro 3**) y d) funcionamiento (**Cuadro 4**). Por tamaño es posible obtener tres categorías mayores de sistemas lénticos que son los lagos, las lagunas y las lagunetas distribuidas en varias elevaciones, origen geológico y funcionamiento. Adicionalmente, hemos incorporado las lagunas costeras. En total, la clasificación trabaja con 14 categorías que genera un total potencial de 128 tipos diferentes de sistemas acuáticos lénticos.

Cuadro 1. Categorías del tamaño del sistema acuáticos léntico.

Código	Categoría	Superficie (km ²)	Profundidad (m)
1	Lago		> 10
2	Laguna	> 1	< 10
3	Laguneta	< 1	< 10
4	Laguna Costera	Conexión al mar eventual	

Cuadro 2. Categorías de elevación de los sistemas acuáticos lénticos.

Código	Categoría	Escala
A	Llanura	< 300 m
B	Bajo	300 – 1000 m
C	Alto	1000 – 2700 m
D	Muy alto	> 2700 m

Cuadro 3. Categorías de origen geológico de los sistemas acuáticos lénticos.

Código	Categoría
1	Volcánico (cratérico)
2	Tectónico
3	Glacial
4	Otro (i.e. riverino)

Cuadro 4. Categorías de funcionamiento de los sistemas ecológicos lénticos.

Código	Categoría
a	Endorreico (cerrado)
b	Exorreico (abierto)

ANEXO 5. Descripción de los Sistemas Acuáticos Lénticos en Costa Rica.

No.	Código	Descripción	Abundancia
1	Lago1	Sistema lacustre con una profundidad mayor a 10 m (Lago) ubicado entre los 1000 y 2700 m snm, de origen volcánico y con un funcionamiento cerrado o endorreico.	2
2	Lago2	Sistema lacustre con una profundidad mayor a 10 m (Lago) ubicado entre los 300 y 1000 m snm, de origen tectónico y con un funcionamiento abierto.	1
3	Lago3	Sistema lacustre con una profundidad mayor a 10 m (Lago) ubicado entre los 300 y 1000 m snm, de origen volcánico y con un funcionamiento abierto.	2
4	Lago3	Sistema lacustre con una profundidad mayor a 10 m (Lago) ubicado entre los 300 y 1000 m snm, de origen volcánico y con un funcionamiento cerrado o endorreico.	7
5	Lago4	Sistema lacustre con una profundidad mayor a 10 m (Lago) ubicado entre los 300 y 1000 m snm, de origen volcánico y con un funcionamiento abierto.	2
6	Lago5	Sistema lacustre con una profundidad mayor a 10 m (Lago) ubicado a más de 2700 m snm, de origen glacial y con un funcionamiento cerrado o endorreico.	1
7	Laguna1	Sistema lacustre con un espejo de agua mayor a 1 km ² y una profundidad menor a 10 m (Laguna) ubicado a menos de 300 m snm, de origen fluvial u otro y con un funcionamiento abierto.	1
8	Laguna2	Sistema lacustre con un espejo de agua mayor a 1 km ² y una profundidad menor a 10 m (Laguna) ubicado a menos de 300 m snm, de origen volcánico y con un funcionamiento abierto.	20
9	Laguna3	Sistema lacustre con un espejo de agua mayor a 1 km ² y una profundidad menor a 10 m (Laguna) ubicado entre los 300 y 1000 m snm, de origen volcánico y con un funcionamiento cerrado o endorreico.	1
10	Laguna4	Sistema lacustre con un espejo de agua mayor a 1 km ² y una profundidad menor a 10 m (Laguna) ubicado entre los 1000 y 2700 m snm, de origen glacial y con un funcionamiento cerrado o endorreico.	5
11	Laguneta1	Sistema lacustre con un espejo de agua menor a 1 km ² y una profundidad menor a 10 m (Laguneta) ubicado entre los 300 y 1000 m snm, de origen tectónico y con un funcionamiento abierto.	4
12	Laguneta2	Sistema lacustre con un espejo de agua menor a 1 km ² y una profundidad menor a 10 m (Laguneta) ubicado entre los 1000 y 2700 m snm, de origen tectónico y con un funcionamiento cerrado o endorreico.	4
13	Laguneta3	Sistema lacustre con un espejo de agua menor a 1 km ² y una profundidad menor a 10 m (Laguneta) ubicado entre los 1000 y 2700 m snm, de origen volcánico y con un funcionamiento abierto.	9

CONTINÚA

No.	Código	Descripción	Abundancia
14	Laguneta4	Sistema lacustre con un espejo de agua menor a 1 km ² y una profundidad menor a 10 m (Laguneta) ubicado entre los 1000 y 2700 m snm, de origen volcánico y con un funcionamiento cerrado o endorreico.	10
15	Laguneta5	Sistema lacustre con un espejo de agua menor a 1 km ² y una profundidad menor a 10 m (Laguneta) ubicado entre los 300 y 1000 m snm, de origen tectónico y con un funcionamiento cerrado o endorreico.	1
16	Laguneta6	Sistema lacustre con un espejo de agua menor a 1 km ² y una profundidad menor a 10 m (Laguneta) ubicado entre los 300 y 1000 m snm, de origen volcánico y con un funcionamiento abierto.	39
17	Laguneta7	Sistema lacustre con un espejo de agua menor a 1 km ² y una profundidad menor a 10 m (Laguneta) ubicado entre los 300 y 1000 m snm, de origen volcánico y con un funcionamiento cerrado o endorreico.	16
18	Laguneta8	Sistema lacustre con un espejo de agua menor a 1 km ² y una profundidad menor a 10 m (Laguneta) ubicado a menos de 300 m snm, de origen fluvial u otro y con un funcionamiento abierto.	20
19	Laguneta9	Sistema lacustre con un espejo de agua menor a 1 km ² y una profundidad menor a 10 m (Laguneta) ubicado a menos de 300 m snm, de origen fluvial u otro y con un funcionamiento cerrado o endorreico.	2
20	Laguneta10	Sistema lacustre con un espejo de agua menor a 1 km ² y una profundidad menor a 10 m (Laguneta) ubicado a menos de 300 m snm, de origen tectónico y con un funcionamiento abierto.	10
21	Laguneta11	Sistema lacustre con un espejo de agua menor a 1 km ² y una profundidad menor a 10 m (Laguneta) ubicado a menos de 300 m snm, de origen volcánico y con un funcionamiento abierto.	134
22	Laguneta12	Sistema lacustre con un espejo de agua menor a 1 km ² y una profundidad menor a 10 m (Laguneta) ubicado a menos de 300 m snm, de origen volcánico y con un funcionamiento cerrado o endorreico.	8
23	Laguneta13	Sistema lacustre con un espejo de agua menor a 1 km ² y una profundidad menor a 10 m (Laguneta) ubicado a más de 2700 m snm, de origen glacial y con un funcionamiento cerrado o endorreico.	3
24	Laguneta14	Sistema lacustre con un espejo de agua menor a 1 km ² y una profundidad menor a 10 m (Laguneta) ubicado a más de 2700 m snm, de origen tectónico y con un funcionamiento abierto.	2
25	Laguneta15	Sistema lacustre con un espejo de agua menor a 1 km ² y una profundidad menor a 10 m (Laguneta) ubicado a más de 2700 m snm, de origen tectónico y con un funcionamiento cerrado o endorreico.	2
26	Laguneta16	Sistema lacustre con un espejo de agua menor a 1 km ² y una profundidad menor a 10 m (Laguneta) ubicado a más de 2700 m snm, de origen volcánico y con un funcionamiento cerrado o endorreico.	2

ANEXO 6. Criterios utilizados para la clasificación de los sistemas ecológicos y macrohábitats lóticos (TNC 2007).

The Nature Conservancy. 2007. Revisando las Prioridades de Conservación de la Biodiversidad en Mesoamérica: Sistemas de Agua Dulce (Evaluación Ecorregional de Mesoamérica). Programa Regional de Ciencias: Región de Mesoamérica y el Caribe. San José, Costa Rica

Sistemas ecológicos

El tamaño, área de drenaje o cuenca se refiere básicamente al área que influye sobre las características de las aguas tanto físicas como químicas del río o lago y también ha sido correlacionado en términos generales con el tamaño del cauce (ej. cuenca pequeña, cauce pequeño). Las categorías de tamaño son amplias (**Cuadro 1**), lo cual ha sido necesario debido a que en la región se encuentran lagos con espejos de agua de hasta 8000 km² y cuencas de alrededor de 40,000 km² y, porque la escala a la cual la información se tiene disponible se encuentra a una escala de 1:250 000 (MED 90m).

Cuadro 1. Categorías del tamaño de la cuenca o área de drenaje usadas en la clasificación de los sistemas ecológicos lóticos en Centroamérica.

Código	Categoría	Escala
I	Riachuelos	< 200 km ²
II	Quebradas	201 – 700 km ²
III	Río Pequeño	701 – 3000 km ²
IV	Río Mediano	3001 – 10,000 km ²
V	Río Grande	> 10,000 km ²

La elevación es de suma importancia ya que se relaciona con la temperatura de las aguas en los ríos. La temperatura de las aguas determina la velocidad del metabolismo en los organismos acuáticos y la velocidad de los procesos funcionales del sistema acuático. La temperatura es determinante para algunos grupos de organismos cuyo funcionamiento es óptimo a bajas temperaturas. Las cuatro categorías que han sido utilizadas en el proceso de clasificación sistemática de los sistemas acuáticos lóticos (**Cuadro 2**) potencialmente representan diferencias metabólicas en el funcionamiento de los sistemas acuáticos en Centroamérica.

Cuadro 2. Categorías de elevación (indicador de categorías de temperatura) usadas en la clasificación de los sistemas acuáticos lóticos en Centroamérica.

Código	Categoría	Escala	Equivalente temperatura
A	Llanura	< 300 m	Tibia (> 22°C)
B	Bajo	300 – 1000 m	Fresca (16 – 22°C)
C	Alto	1000 – 2700 m	Fría (10 – 16°C)
D	Muy alto	> 2700 m	Muy fría (< 10°C)

El patrón climático o número de meses con una precipitación menor a los 100 mm ha sido tomado como indicador de la temporalidad de los ríos. En la zona del Pacífico seco los ríos comúnmente no llevan agua durante al menos 6 meses del año por la falta de precipitación como un indicador indirecto de los cambios en el caudal de los ríos durante el año. El patrón de caudales ha sido identificado en algunos estudios como los disparadores de varios comportamientos en los organismos acuáticos; como la movilidad entre macrohábitats o migración (“drifting”) ya sea para la búsqueda de sitios de reproducción, alimentación, refugio o desplazamiento por depredación.

Para el caso de los ríos hemos usado el índice de variación climática basado en los cambios en precipitación anuales; lo cual, es un indicador indirecto de la variabilidad esperada en caudales; entre mayor es el valor del índice, mayor es la diferencia en caudales que el sistemas acuático experimenta entre los meses del año. Las zonas con un índice mayor tienen épocas de baja precipitación muy pronunciada durante varios meses al año, dejando el resto con intensidades de precipitación altas (**Figura 1, Cuadro 3**).

Cuadro 3. Categorías de índice de variación climática (indicador de variabilidad en los caudales de los ríos) usadas en la clasificación de los sistemas ecológicos lóticos en Centroamérica (Índice de precipitación - www.worldclimate.org).

Descripción	Código	Interpretación
Hiper húmedo	1	Ningún mes seco, siempre tiene agua, caudales promedio altos
Muy Húmedo	2	Ningún mes seco, siempre tiene agua, caudales menores con variaciones importantes entre los meses del año
Húmedo	3	1-2 meses "secos" al año, siempre tiene agua, pero sus caudales bajan significativamente durante estos pocos meses "secos", en comparación con los meses húmedos (>100 mm de precipitación)
Seco	4	2-4 meses "secos" al año, el caudal del cauce baja significativamente hasta casi secarse en al menos un mes en la época seca
Muy seco	5	5 o más meses "secos" al año, cauce seco en la época seca

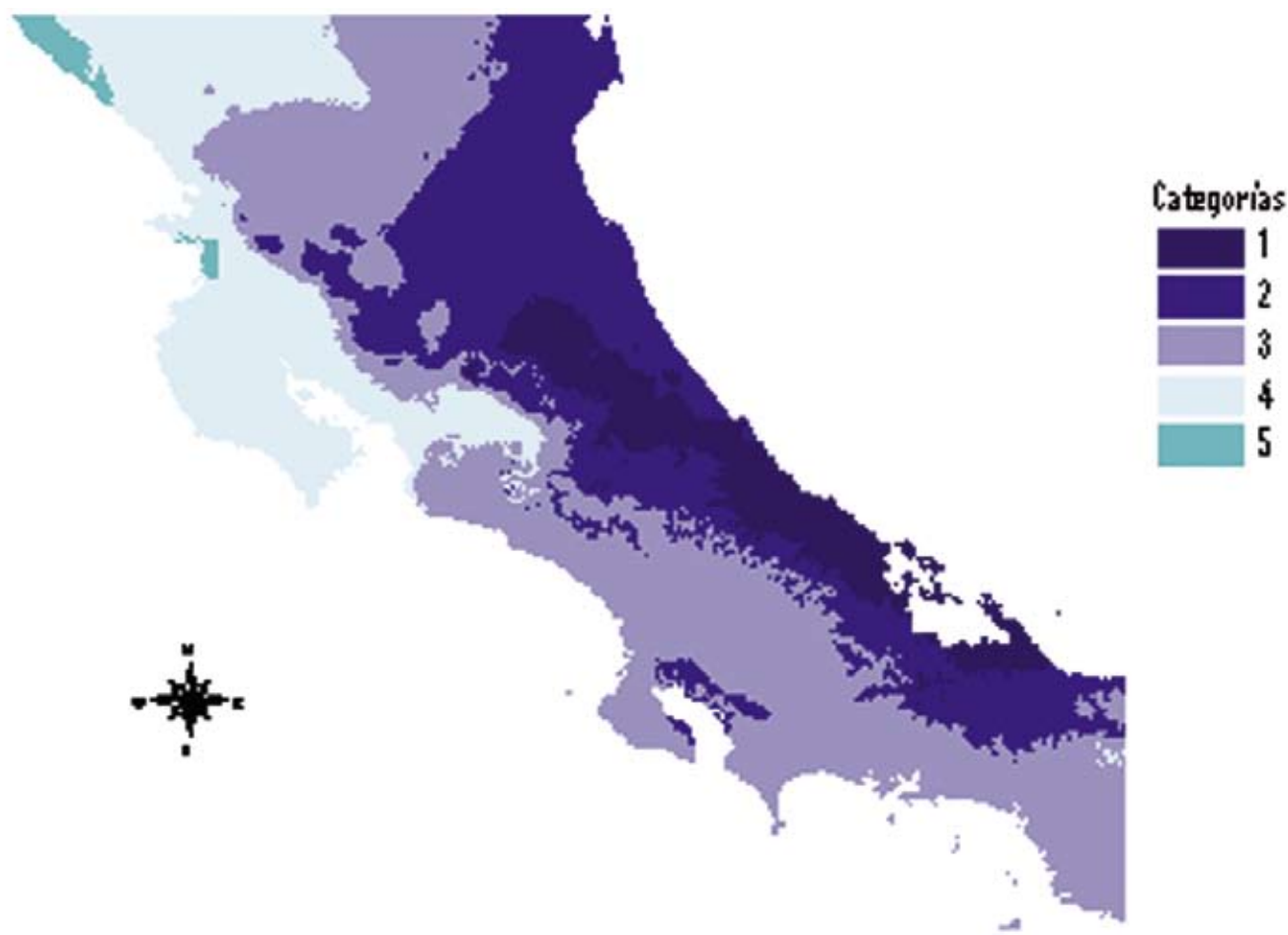


Figura 1. Índice de variabilidad de precipitación utilizado como indicador indirecto de la variabilidad de caudales en los sistemas acuáticos lóticos.

El concepto de conectividad para el caso del análisis de funcionamiento de los sistemas ecológicos lóticos, se refiere a si el sistema acuático lótico se conecta con 1) un sistema léntico, 2) otro sistema lótico o 3) directamente al océano. Al desembocar un río en un lago o en el océano significa que el continuo riverino termina y se modifica drásticamente convirtiéndose en otro sistema ecológico con características tanto físicas como químicas dramáticamente diferentes.

Macrohábitats Lóticos

Adicionalmente a los criterios usados para “sistema ecológico” y llegar a una visión más fina de los ecosistemas, incluimos dos criterios que permitirán discernir entre lo que es conocido como macrohábitats (sensu Higgins 2005): el gradiente y el origen geológico.

El gradiente es una variable que se encuentra relacionada con la velocidad de la corriente en los segmentos de río. Comúnmente, cuando las velocidades del agua son predominantemente bajas (con pocos eventos extraordinarios), el tamaño del sustrato es grande (rocas y piedras). Mientras que cuando las velocidades son mayores y ocurren crecidas mayores, el tamaño del sustrato es menor hasta predominar las arenas y los limos. Este indicador ha sido categorizado en tres clases diferentes, básicamente baja, moderada y alta (**Cuadro 4**). Es posible que en el futuro con mayor conocimiento sobre el detalle de la variabilidad del sustrato (pozas, rápidos, “riffles”) vs. gradiente se podría trabajar con más clases.

Cuadro 4. Categorías de gradiente (indicador de velocidad de la corriente) usadas en la clasificación de los sistemas ecológicos lóticos en Centroamérica.

Código	Categoría	Escala
a	Baja	< 0.003
b	Moderada	0.003 – 0.013
c	Alta	> 0.013

La geología u origen de los suelos ha sido utilizada como una variable indirecta de la calidad de los suelos desde el punto de vista estructural, rocosa y de acidez. Las categorías han sido definidas con base en el mapa geológico de Centroamérica (TNC 2007) (**Cuadro 5**) con clases de edades (Paleozoico, Jurásico, Cretácico, Terciario, Cuaternario, Indeterminado) y de origen de la roca (sedimentaria, volcánica, peridotita, intrusiva, metamórfica).

Cuadro 5. Categorías geológicas (indicador de tipo y calidad del sustrato) usadas en la clasificación de los sistemas acuáticos lóticos en Centroamérica (Ver mapa de geología).

Código	Categoría
I	Indeterminado Intrusivo
ii	Cretácico Jurásico sedimentaria
iii	Cretácico intrusivo
iv	Cretácico metamórfica
v	Cretácico peridotita
vi	Cretácico sedimentaria
vii	Cretácico volcánica
viii	Paleozoico metamórfica
ix	Cuaternario Terciario volcánico
x	Cuaternario sedimentario
xi	Cuaternario volcánica
xii	Terciario Jurásico volcánica
xiii	Terciario Cretácico sedimentaria
xiv	Terciario intrusiva
xv	Terciario sedimentaria
xvi	Terciario volcánica
xvii	Terciario Cretácico volcánica
xviii	Cretácico Terciario intrusiva

ANEXO 7. Descripción de los Sistemas Ecológicos Lóticos en Costa Rica.

Id.	Tamaño de Cuenca	Elevación (msnm)	Régimen de Precipitación	Conectividad	Longitud (km)	Categoría de Abundancia	Diversidad de Macrohábitats (No.)
1	Cuenca entre 201 y 700 km ²	Ubicadas a una elevación alta (1000-2700 msnm).	2-4 meses secos al año, el caudal del cauce baja significativamente hasta casi secarse en al menos un mes en la época seca	Conectado a otro sistema lótico	4.23	1	1
2			Ningún mes seco, siempre tiene agua, caudales menores con variaciones importantes entre los meses del año	Conectado a otro sistema lótico	9.88	1	3
3			1-2 meses "secos" al año, siempre tiene agua, pero sus caudales bajan significativamente durante estos pocos meses "secos", en comparación con los meses húmedos (>100 mm de precipitación)	Conectado a otro sistema lótico	33.49	2	5
4		Ubicados a una elevación baja (300-1000 msnm).	2-4 meses secos al año, el caudal del cauce baja significativamente hasta casi secarse en al menos un mes en la época seca	Conectado a otro sistema lótico	32.75	2	4
5			Ningún mes seco, siempre tiene agua, caudales menores con variaciones importantes entre los meses del año	Conectado a otro sistema lótico	116.52	2	6
6				Conectado a un sistema léntico	2.69	1	1

CONTINÚA

Id.	Tamaño de Cuenca	Elevación (msnm)	Régimen de Precipitación	Conectividad	Longitud (km)	Categoría de Abundancia	Diversidad de Macrohábitats (No.)	
7	Cuenca entre 201 y 700 km2		1-2 meses "secos" al año, siempre tiene agua, pero sus caudales bajan significativamente durante estos pocos meses "secos", en comparación con los meses húmedos (>100 mm de precipitación)	Conectado a otro sistema lótico	198.72	2	14	
8				Conectado a un sistema léntico	0.40	1	1	
9		Ubicados a una elevación menor a 300 msnm).	2-4 meses secos al año, el caudal del cauce baja significativamente hasta casi secarse en al menos un mes en la época seca	Conectado al océano	9.10	1	3	
10				Conectado a otro sistema lótico	260.56	3	17	
11				Conectado a un sistema léntico	1.60	1	3	
12				Conectado a otro sistema lótico	432.86	3	11	
13					Conectado a otro sistema lótico	338.38	3	18
14					Conectado al océano	4.04	1	4
15					Conectado a un sistema léntico	2.13	1	1
16				Ningún mes seco, siempre tiene agua, caudales promedio altos	Conectado al océano	1.34	1	1
17					Conectado a otro sistema lótico	111.53	2	6
18	Cuenca menor a 200 km2	Ubicadas a una elevación alta (1000-2700 msnm).	2-4 meses secos al año, el caudal del cauce baja significativamente hasta casi secarse en al menos un mes en la época seca	Conectado a otro sistema lótico	444.77	3	15	
19			Ningún mes seco, siempre tiene agua, caudales menores con variaciones importantes entre los meses del año	Conectado a otro sistema lótico	3138.04	4	16	
20			Conectado a un sistema léntico	13.61	1	2		

CONTINÚA

Id.	Tamaño de Cuenca	Elevación (msnm)	Régimen de Precipitación	Conectividad	Longitud (km)	Categoría de Abundancia	Diversidad de Macrohábitats (No.)
21	Cuenca menor a 200 km ²	Ubicadas a una elevación alta (1000-2700 msnm)..	1-2 meses "secos" al año, siempre tiene agua, pero sus caudales bajan significativamente durante estos pocos meses "secos", en comparación con los meses húmedos (>100 mm de precipitación)	Conectado a otro sistema lótico	4273.07	4	21
22			Ningún mes seco, siempre tiene agua, caudales promedio altos	Conectado a otro sistema lótico	122.63	2	5
23		Ubicados a una elevación baja (300-1000 msnm).	2-4 meses secos al año, el caudal del cauce baja significativamente hasta casi secarse en al menos un mes en la época seca	Conectado a un sistema léntico	1.16	1	1
24				Conectado a otro sistema lótico	1361.17	3	20
25			Ningún mes seco, siempre tiene agua, caudales menores con variaciones importantes entre los meses del año	Conectado a otro sistema lótico	3051.00	4	14
26				Conectado a un sistema léntico	85.90	2	6
27			1-2 meses "secos" al año, siempre tiene agua, pero sus caudales bajan significativamente durante estos pocos meses "secos", en comparación con los meses húmedos (>100 mm de precipitación)	Conectado a otro sistema lótico	5278.47	4	22
28				Conectado a un sistema léntico	9.14	1	3
29			Ningún mes seco, siempre tiene agua, caudales promedio altos	Conectado a un sistema léntico	3.61	1	2
30				Conectado a otro sistema lótico	1206.21	3	10
31		Ubicados a una elevación menor a 300 msnm).	5 o más meses "secos" al año, cauce seco en la época seca	Conectado al océano	11.68	1	5
32				Conectado a otro sistema lótico	211.93	2	8

CONTINÚA

Id.	Tamaño de Cuenca	Elevación (msnm)	Régimen de Precipitación	Conectividad	Longitud (km)	Categoría de Abundancia	Diversidad de Macrohábitats (No.)
33	Cuenca entre 701 y 3000 km ²	Ubicados a una elevación menor a 300 msnm).	2-4 meses secos al año, el caudal del cauce baja significativamente hasta casi secarse en al menos un mes en la época seca	Conectado al océano	364.09	3	16
34				Conectado a otro sistema lótico	8099.71	4	26
35				Conectado a un sistema léntico	31.15	2	8
36			Ningún mes seco, siempre tiene agua, caudales menores con variaciones importantes entre los meses del año	Conectado al océano	73.10	2	11
37				Conectado a un sistema léntico	21.84	1	8
38				Conectado a otro sistema lótico	7453.05	4	23
39			1-2 meses "secos" al año, siempre tiene agua, pero sus caudales bajan significativamente durante estos pocos meses "secos", en comparación con los meses húmedos (>100 mm de precipitación)	Conectado a otro sistema lótico	6649.43	4	25
40				Conectado a un sistema léntico	33.63	2	11
41				Conectado al océano	186.81	2	10
42			Ningún mes seco, siempre tiene agua, caudales promedio altos	Conectado a otro sistema lótico	4004.15	4	16
43				Conectado al océano	45.15	2	3
44				Conectado a un sistema léntico	6.76	1	4
45		Ubicados a una elevación mayor a los 2700 msnm).	1-2 meses "secos" al año, siempre tiene agua, pero sus caudales bajan significativamente durante estos pocos meses "secos", en comparación con los meses húmedos (>100 mm de precipitación)	Conectado a otro sistema lótico	116.61	2	3
46				Conectado al océano	0.69	1	1

CONTINÚA

Id.	Tamaño de Cuenca	Elevación (msnm)	Régimen de Precipitación	Conectividad	Longitud (km)	Categoría de Abundancia	Diversidad de Macrohábitats (No.)
47	Cuenca mayor a 10,000 km ²	Ubicados a una elevación menor a 300 msnm).	2-4 meses secos al año, el caudal del cauce baja significativamente hasta casi secarse en al menos un mes en la época seca	Conectado a otro sistema lótico	114.73	2	3
48			Ningún mes seco, siempre tiene agua, caudales menores con variaciones importantes entre los meses del año	Conectado al océano	4.65	1	1
49				Conectado a otro sistema lótico	29.51	2	3
50	Cuenca entre 3001 y 10000 km ²	Ubicados a una elevación menor a 300 msnm).	2-4 meses secos al año, el caudal del cauce baja significativamente hasta casi secarse en al menos un mes en la época seca	Conectado al océano	0.22	1	1
51				Conectado a otro sistema lótico	13.66	1	2
52			Ningún mes seco, siempre tiene agua, caudales menores con variaciones importantes entre los meses del año	Conectado al océano	0.72	1	1
53				Conectado a otro sistema lótico	41.87	2	2
54			1-2 meses "secos" al año, siempre tiene agua, pero sus caudales bajan significativamente durante estos pocos meses "secos", en comparación con los meses húmedos (>100 mm de precipitación)	Conectado al océano	0.54	1	1
55				Conectado a otro sistema lótico	60.60	2	3
56	Cuenca entre 701 y 3000 km ²	Ubicados a una elevación baja (300-1000 msnm).	2-4 meses secos al año, el caudal del cauce baja significativamente hasta casi secarse en al menos un mes en la época seca	Conectado a otro sistema lótico	17.83	1	3
57			Ningún mes seco, siempre tiene agua, caudales menores con variaciones importantes entre los meses del año	Conectado a otro sistema lótico	31.29	2	3

CONTINÚA

Id.	Tamaño de Cuenca	Elevación (msnm)	Régimen de Precipitación	Conectividad	Longitud (km)	Categoría de Abundancia	Diversidad de Macrohábitats (No.)
58	Cuenca entre 701 y 3000 km ²	Ubicados a una elevación menor a 300 msnm).	2-4 meses secos al año, el caudal del cauce baja significativamente hasta casi secarse en al menos un mes en la época seca	Conectado al océano	3.63	1	2
59				Conectado a otro sistema lótico	134.72	2	6
60			Ningún mes seco, siempre tiene agua, caudales menores con variaciones importantes entre los meses del año	Conectado a otro sistema lótico	281.17	3	6
61			1-2 meses "secos" al año, siempre tiene agua, pero sus caudales bajan significativamente durante estos pocos meses "secos", en comparación con los meses húmedos (>100 mm de precipitación)	Conectado al océano	3.13	1	2
62				Conectado a otro sistema lótico	120.90	2	12
63			Ningún mes seco, siempre tiene agua, caudales promedio altos	Conectado a otro sistema lótico	77.08	2	3
64				Conectado al océano	1.31	1	1

ANEXO 8. Lista de Especies de peces, mamíferos acuáticos, anfibios, reptiles, aves acuáticas y macroinvertebrados que se encuentran en la Lista Roja de la UICN y/o son endémicas.

Clase	Orden	Familia	Género	Especie	Categoría de Conservación Mundial (UICN)	Costa Rica *	Id.
Anfibios		Bufonidae	<i>Bufo</i>	<i>marinus</i>	LC		1
		Bufonidae	<i>Bufo</i>	<i>periglenes</i>	EX		2
Aves	Falconiformes	Accipitridae	<i>Buteogallus</i>	<i>anthracinus</i>		R/R	3
	Coraciiformes	Alcedinidae	<i>Ceryle</i>	<i>alcyon</i>		M/R	4
	Coraciiformes	Alcedinidae	<i>Ceryle</i>	<i>torquata</i>	LC	R/R	5
	Coraciiformes	Alcedinidae	<i>Chloroceryle</i>	<i>aenea</i>	LC	R/R	6
	Coraciiformes	Alcedinidae	<i>Chloroceryle</i>	<i>amazona</i>	LC	R/R	7
	Coraciiformes	Alcedinidae	<i>Chloroceryle</i>	<i>americana</i>	LC	R/R	8
	Anseriformes	Anatidae	<i>Anas</i>	<i>chpeata</i>	LC	M/R	9
	Pelecaniformes	Anhingidae	<i>Anbinga</i>	<i>anbinga</i>	LC	R/R/L	10
	Ciconiiformes	Ardeidae	<i>Ardea</i>	<i>herodias</i>	LC	M/R	11
	Ciconiiformes	Ardeidae	<i>Botaurus</i>	<i>lentiginosus</i>	LC	R/R	12
	Ciconiiformes	Ardeidae	<i>Casmerodius</i>	<i>albus</i>	LC	R/R	13
	Ciconiiformes	Ardeidae	<i>Egretta</i>	<i>tricolor</i>	LC	R/R	14
	Ciconiiformes	Ardeidae	<i>Ixobrychus</i>	<i>exilis</i>	LC	R/R	15
	Ciconiiformes	Ardeidae	<i>Nyctanassa</i>	<i>violacea</i>	LC	R/R	16

CONTINÚA

Clase	Orden	Familia	Género	Especie	Categoría de Conservación Mundial (UICN)	Costa Rica *	Id.
Aves	Ciconiiformes	Ardeidae	<i>Piliberodius</i>	<i>pileatus</i>	LC	R/R	17
	Ciconiiformes	Ardeidae	<i>Tigrisoma</i>	<i>lineatum</i>	LC	R/R	18
	Falconiformes	Cathartidae	<i>Cathartes</i>	<i>aura</i>		R/R	19
	Charadriiformes	Podicipedidae	<i>Podilymbus</i>	<i>podiceps</i>		R/R	20
	Charadriiformes	Podicipedidae	<i>Tachybaptus</i>	<i>dominicus</i>		R/R	21
	Charadriiformes	Rynchopidae	<i>Rynchops</i>	<i>niger</i>	LC	M/R	22
	Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Aphriza</i>	<i>virgata</i>		M/R	23
	Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Limnodromus</i>	<i>griseus</i>	LC	M/R	24
	Ciconiiformes	Threskiomithidae	<i>Platalea</i>	<i>ajaja</i>	LC	R/R	25
	Ciconiiformes	Threskiomithidae	<i>Eudocimus</i>	<i>albus</i>	LC	R/R	26
Artrópodos acuáticos	Odonata	Gomphidae	<i>Epigomphus</i>	<i>camelus</i>	EN		27
	Odonata	Gomphidae	<i>Epigomphus</i>	<i>subs similis</i>	EN		28
	Odonata	Gomphidae	<i>Epigomphus</i>	<i>verticicornis</i>	EN		29
	Odonata	Gomphidae	<i>Perigomphus</i>	<i>pallidistylus</i>	EN		30
	Odonata	Megapodagrionidae	<i>Thaumatoneura</i>	<i>inopinata</i>	EN		31
	Odonata	Platystictidae	<i>Palaemnema</i>	<i>chiriquita</i>	EN		32
	Odonata	Platystictidae	<i>Palaemnema</i>	<i>gigantula</i>	EN		33
	Odonata	Platystictidae	<i>Palaemnema</i>	<i>melanota</i>	EN		34
	Odonata	Platystictidae	<i>Palaemnema</i>	<i>reventazoni</i>	EN		35

CONTINÚA

Clase	Orden	Familia	Género	Especie	Categoría de Conservación Mundial (UICN)	Costa Rica *	Id.
Artrópodos acuáticos	Cetacea	Delphinidae	<i>Sotalia</i>	<i>fluviatilis</i>	DD		36
	Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Chironectes</i>	<i>minimus</i>	LR/nt		37
	Rodentia	Muridae	<i>Ichthyomys</i>	<i>tweedii</i>	LR/lc		38
	Rodentia	Muridae	<i>Isthmomyx</i>	<i>flavidus</i>	LR/lc		39
	Rodentia	Muridae	<i>Rheomys</i>	<i>raptor</i>	LR/lc		40
	Rodentia	Muridae	<i>Rheomys</i>	<i>thomasi</i>	LR/lc		41
	Rodentia	Muridae	<i>Rheomys</i>	<i>underwoodi</i>	LR/lc		42
	Carnivora	Mustelidae	<i>Lontra</i>	<i>longicaudis</i>	DD		43
	Chiroptera	Noctilionidae	<i>Noctilio</i>	<i>leporinus</i>	LR/lc		44
	Carnivora	Procyonidae	<i>Procyon</i>	<i>cancrivorus</i>	LR/lc		45
	Sirenia	Trichechidae	<i>Trichechus</i>	<i>manatus</i>	VU		46
	Sirenia	Trichechidae	<i>Trichechus</i>	<i>manatus</i>	VU		47
Peces		Characidae	<i>Hyphessobrycon</i>	<i>savagei</i>		EN	48
		Characidae	<i>Pseudocheirodon</i>	<i>terrabae</i>		EN	49
		Characidae	<i>Pterobrycon</i>	<i>myrnae</i>		EN	50
		Characidae	<i>Roeboidea</i>	<i>ilseae</i>		EN	51
		Cichlidae	<i>Archocentrus</i>	<i>myrnae</i>		EN	52
		Cichlidae	<i>Archocentrus</i>	<i>sajica</i>		EN	53
		Cichlidae	<i>Astatheros</i>	<i>diquis</i>		EN	54
		Gobiesocidae	<i>Gobiesox</i>	<i>potamius</i>		EN	55
		Lebiasinidae	<i>Piabucina</i>	<i>boruca</i>		EN	56
		Pimelodidae	<i>Nannorhamdia</i>	<i>lineada</i>		EN	57
		Poeciliidae	<i>Bryconamericus</i>	<i>terrabensis</i>		EN	58

CONTINÚA

Clase	Orden	Familia	Género	Especie	Categoría de Conservación Mundial (UICN)	Costa Rica *	Id.
Peces		Poeciliidae	<i>Poecilliopsis</i>	<i>paucimaculata</i>		EN	59
		Poeciliidae	<i>Brachyrhaphis</i>	<i>olomina</i>		EN	60
		Poeciliidae	<i>Brachyrhaphis</i>	<i>rhaphidophora</i>		EN	61
		Poeciliidae	<i>Phallichthys</i>	<i>quadripunctatus</i>		EN	62
		Poeciliidae	<i>Priapichthys</i>	<i>annectens</i>		EN	63
		Rivulidae	<i>Rivulus</i>	<i>fuscolineatus</i>		EN	64
		Rivulidae	<i>Rivulus</i>	<i>glaucus</i>		EN	65

EX: extinta

EW: extinta silvestre

CR: en peligro crítico

EN: amenazada

VU: vulnerable

LR: bajo riesgo/depende de esfuerzos de conservación

NT: casi amenazada

LC: sin preocupación

DD: deficiente en datos

NE: no ha sido evaluado

R/R: Residente/río

R/L: Residente/lago

R/R/L: Residente/río/lago

M/R: Migratorio/río

M/L: Migratorio/lago

M/R/L: Migratorio/río/lago

V/R: Visitante/río

V/L: Visitante/lago

ANEXO 9.

Establecimiento de Metas de Conservación para Sistemas Ecológicos y Macrohábitats de Aguas Continentales.

Higgins, J. y M. Bryer. 2000. Diseño de una Geografía de la Esperanza. Manual para la planificación de la conservación ecorregional. Volúmenes I y II, Segunda Edición. TNC. Iniciativa Agua Dulce. pg. 5-6. (Traducción y ligeras modificaciones han sido realizadas por P. Paaby 2006)

Los sistemas ecológicos y macrohábitats de agua dulce se dispersan sobre rangos extensos de escala espacial, abundancia y patrones de distribución a través de una ecorregión. Los macrohábitats pueden ser ya sea comunes y ampliamente distribuidos o raros, dependiendo de los rasgos ecológicos y procesos que determinan sus tipos y distribuciones. Por ejemplo, en Unidades Ecológicas de Drenaje (UEDs) donde domina la geomorfología plana lacustre, existen aguas de cabecera de bajo gradiente, tibias y de desagüe superficial. Estas aguas de cabecera son comunes y se distribuyen ampliamente. Puede también haber aguas de cabecera alimentadas por manantiales. Estas son menos comunes y su distribución no es tan amplia. Los objetos de conservación de escala media a gruesa son más grandes y se encuentran, progresivamente, menos representados dentro de cada UED. Las metas, en cuanto al número de representantes por tipo de macrohábitat o de sistema ecológico, deben estar basadas en distribución, abundancia relativa, tamaño, condición y susceptibilidad a las amenazas y procesos fortuitos. Para capturar ejemplos de sistemas ecológicos y macrohábitats a lo largo de su rango ecológico y geográfico, deben identificarse representantes dentro de cada UED. Ya que los objetos de conservación a escala gruesa son grandes y por lo general existen sólo unas cuantas localizaciones de cada tipo en cada UED, una meta inicial puede ser conservar un representante de cada tipo por UED. Para objetos de conservación comunes, ampliamente distribuidos, deben es-

tablecerse las metas con una base porcentual y distribucional y el porcentaje lo deben determinar los expertos regionales quienes tienen un mejor conocimiento sobre los efectos de los procesos fortuitos (por ej. inundaciones o sequías). Debe incluirse una mayor proporción de objetos de conservación raros y menos comunes. La selección de localizaciones de sistemas ecológicos y macrohábitats de agua dulce es compleja cuando se considera la perspectiva del paisaje. Los macrohábitats y sistemas ecológicos de agua dulce con frecuencia están vinculados con otros macrohábitats y sistemas. Esto no significa necesariamente que tengamos que seleccionar la cuenca hidrológica completa para abarcar las localizaciones de estos elementos. Los equipos de trabajo en conservación de sitios decidirán qué área necesita tomarse en cuenta para su conservación. Sin embargo, los elementos que pueden conectarse constituyen mejores ejemplos. En la ecorregión Middle Rocky-Blue Mountain el equipo de planificación determinó los objetos de conservación usando una clasificación abiótica. Ellos definieron y representaron en mapas las unidades de macrohábitats fluviales mediante cinco atributos: orden de río, altitud, litología, conectividad río abajo y conectividad río arriba. La combinación de estos atributos produjo 207 objetos de conservación (tipos diferentes de macrohábitats) a lo largo de la ecorregión. Se generó una tabla para caracterizar la abundancia y meta de conservación de cada elemento en toda la ecorregión. En esta ecorregión se sumó el total de la longitud en kilómetros de cada tipo de macrohábitat para dar una impresión de la abundancia. Por lo general el número de localizaciones es una manera más precisa de representar la abundancia y debe evaluarse en cualquier aplicación futura. Ejemplos de cada uno de estos objetos de conservación fueron elegidos en cada una de las 12 EDUs de la ecorregión.

Longitud total	Categoría de Abundancia	Número de objetos de conservación	Meta de conservación propuesta porcentual y numérica	
< 11 km	Rara	47	50%	24
11-100 km	No común	78	20%	16
100-1000 km	Común	47	10%	5
> 1000 km	Muy común	35	5%	2

* Estas metas han sido diseñadas con base en información 1:100 000

ANEXO 10. Metodología implementada para el cálculo de la integridad ecológica de los sistemas ecológicos lóticos en Centroamérica.

The Nature Conservancy. 2007. Revisando las Prioridades de Conservación de la Biodiversidad en Mesoamérica: Sistemas de Agua Dulce (Evaluación Ecorregional de Mesoamérica). Programa Regional de Ciencias: Región de Mesoamérica y el Caribe. San José, Costa Rica

Una vez que haya sido posible identificar las ocurrencias de los elementos de conservación (SE lóticos), que usualmente son muchos, se procede a ubicar los mejores ejemplos de cada tipo. Para ello, hemos realizado un “análisis de calidad” (integridad ecológica) fundamentado en la cobertura de bosque natural, la ubicación de represas, la red de carreteras y sus intersecciones en los sistemas acuáticos y la población humana. El porcentaje de cobertura vegetal natural nos permite determinar si los segmentos acuáticos se encuentran asociados a cuencas alteradas o modificadas. Este concepto es algo similar con la interpretación de la red de carreteras la cual es relacionada con a) el patrón de escurrimiento y b) aporte de sedimentos en el área de drenaje y posible presencia de estructuras que impida la conectividad en el sistema. La conectividad en el contexto actual es entendida como la capacidad que tiene el sistema acuático para permitir la migración de individuos longitudinal y transversalmente. Así, la ubicación de represas determina claramente esta capacidad de movimiento.

La viabilidad de una población, comunidad, o especie se refiere a las probabilidades de que éstas mantengan sus capacidades reproductivas y funcionales por varias generaciones o

al menos un período largo en el tiempo. Para ello usualmente se analizan aspectos como tamaño, condición y contexto paisajístico (Groves *et al.* 2000). En la etapa de planificación ecorregional el análisis es amplio incluyendo todos los elementos de conservación identificados en el espacio ecorregional. Esto hace el proceso algo general dejando lo específico al nivel de planificación de sitios; sin embargo, esto no hace la etapa menos importante. Lo contrario, el establecimiento del grado de viabilidad de los elementos de conservación puede determinar la escogencia o rechazo de un sitio y la disposición de recursos para su consecuente conservación. En caso que las poblaciones, comunidades o especies propuestas hayan tenido una baja viabilidad desde el inicio, los esfuerzos para su conservación pueden significar altos costos y pocos resultados. Ocasionalmente es difícil cambiar una línea de desarrollo de una zona geográfica, por lo que es más lógico volcarse a aquellas zonas donde el desarrollo ha ido e irá en congruencia con los esfuerzos de conservación requeridos para los elementos de conservación identificados.

La viabilidad de un elemento de conservación en una ecorregión está determinada por el tamaño de las poblaciones, el estado o condición de la composición de las comunidades y el contexto dentro del cual se encuentran las comunidades acuáticas. Varias aproximaciones (Lammert *et al.* 2000, Terneus *et al.* 2004) constituyen el fundamento conceptual para la determinación de la integridad ecológica de los sistemas ecológicos en Centroamérica:

1) El tamaño. El análisis del tamaño usualmente responde a la pregunta de si ¿es lo suficientemente grande para persistir a través del tiempo? Y para el caso de los sistemas ecológicos lóticos es posible que esta pregunta la transformemos en ¿el tipo de sistema ecológico o macrohábitat se encuentra representado (longitud) de acuerdo a las condiciones “naturales” del ecosistema? ¿hay una representación de sistema ecológico sin interrupciones (físicas o químicas) para permitir movimientos, migraciones y sitios de refugio en respuesta a eventos extraordinarios? Una revisión de campo permitiría definir la longitud actual de los tipos de sistemas ecológicos, con cuya información se obtendría la longitud representativa de cada uno de los SE. Para el caso de los sistemas ecológicos lóticos la pregunta es posible transformarla ¿si la profundidad máxima ha ido disminuyendo paulatinamente como resultado del aumento en sedimentación y evaporación)?

2) El estado o condición de la composición y/o estructura de las comunidades acuáticas. Este criterio se relaciona íntimamente con una alta variabilidad natural física y química

en el sistema ecológico (i.e. diversidad fluviogeomorfológica para el caso de los ríos). En la medida de lo posible esta variabilidad debe existir tanto espacial como temporalmente. Para el caso particular de Centroamérica, la información que está disponible es la de 1) aspectos relacionados con amenazas antropogénicas que afectan la calidad físico-química de las aguas como a) densidad de carreteras; b) número de intersecciones de las carreteras; c) número de habitantes y c) cobertura boscosa natural. Y, 2) la riqueza de especies que puede también incluir especies invasoras tanto de plantas como de fauna.

3) *El contexto* dentro del cual están inmersas las poblaciones. Este criterio es importante ya que integra el funcionamiento acuático con los demás sistemas ecológicos tanto acuáticos como terrestres; cuyas características han determinado a su vez la composición y estructura de las comunidades presentes. Hay comunidades en lagos que se encuentran aisladas de comunidades vecinas por la desembocadura de un río en el sistema. Estas barreras pueden ser “naturales” (cuando han persistido por largos períodos de tiempo y las poblaciones han mostrado adaptaciones a ellas) o “artificiales/antropogénicas” que no poseen una variabilidad predecible ni han persistido por el tiempo suficiente para que las poblaciones puedan ajustarse evolutivamente a ellas. La existencia de estas barreras y sus características son las que definen el contexto paisajístico que es importante analizar para definir la integridad ecológica de los sistemas de agua dulce. Los sistemas ecológicos lénticos se encuentran inmersos dentro de la cuenca de drenaje cuyo funcionamiento determina la viabilidad o integridad del cuerpo de agua.

El valor promedio de estos criterios nos genera una calificación de integridad ecológica (IE). Aquellas ocurrencias de sistemas ecológicos con una IE “*muy buena*” representan a aque-

llas comunidades o poblaciones con un 95 % de probabilidad de persistencia durante los próximos 20-100 años, dependiendo de la dinámica intrínseca, con solamente alteraciones menores a moderadas en su composición, estructura y/o procesos ecológicos (Master *et al.* 2002). Las categorías de calificación de la IE que han sido usadas son cuatro (**Cuadro 1**).

Cuadro 1. Las categorías de integridad ecológica y la potencial interpretación como probabilidad de persistencia.

Calificación del grado de integridad ecológica (calificación de tamaño+condición+contexto)/3	Valoración equivalente	Probabilidad de Persistencia (Viabilidad)
Muy Buena (Muy viable) (4)	4.0	> 91 %
Buena (Viable) (3)	3.5-3.99	61- 90 %
Regular (2)	2.5-3.49	30 – 60 %
Pobre (No es viable) (1)	< 2.5	< 30 %

Los indicadores de los criterios de integridad han sido descritos y valorados para cada una de las ocurrencias de los sistemas ecológicos lénticos usando cuatro categorías: a) Muy bueno o 4; b) Bueno o 3.5; c) Regular o 2.5 y d) Pobre o 1. A su vez, cada uno de estos criterios es definido por los indicadores que, para el caso Mesoamericano, han sido calculados y jerarquizados como se muestra en el **Cuadro 2**.

Cuadro 2. Valoración de los indicadores de los criterios de integridad ecológica con base en el grado de afectación para los sistemas lóticos.

Indicador de los Atributos	Unidad de Análisis	Categorización	Afectación Positiva a Integridad Ecológica	Valoración de Indicador
TAMAÑO				
Abundancia de SE (Ab)	Ab = Longitud de SE/Longitud potencial * 100	100 % 50-99.9 % 20 – 50 % < 20 %	Alta Media Media-Baja Baja	Muy Bueno (4) Bueno (3.5) Regular (2.5) Pobre (1)
CONDICION				
Población (Pt)	Cantidad de habitantes en área de drenaje directa (medida integrada de afectación a calidad de aguas)	0-100 101-500 501-5000 > 5000	Alta Media Media-Baja Baja	Muy Bueno (4) Bueno (3.5) Regular (2.5) Pobre (1)
Vías-densidad (Vd)	Longitud total de vías / área de drenaje directa (km/km2)	Ninguna 1-7 7-21 > 21	Alta Media Media-Baja Baja	Muy Bueno (4) Bueno (3.5) Regular (2.5) Pobre (1)
Vías-intersecciones (Vi)	Vi = No. de intersecciones / Longitud total de sistema lótico (No./km)	0 = Ninguna 1-2 >2-6 > 6	Alta Media Media-Baja Baja	Muy Bueno (4) Bueno (3.5) Regular (2.5) Pobre (1)
Cobertura de Bosque (Bo)	Área bosque / Área total de área de drenaje directa * 100	100 % 50-99.9 % 20 – 49.99 % < 20 %	Alta Media Media-Baja Baja	Muy Bueno (4) Bueno (3.5) Regular (2.5) Pobre (1)
Diversidad potencial (Dp)	No. Macrohábitats actual / No. Macrohábitats potencial * 100	100 % 50-99.9 % 20 – 49.99 % < 20 %	Alta Media Media-Baja Baja	Muy Bueno (4) Bueno (3.5) Regular (2.5) Pobre (1)
CONTEXTO				
Represas (R)	Ubicación de represas	Ausente En cabeceras Cuenca media o más abajo	Alta Media Baja	Muy Bueno (4) Bueno (3.5) Pobre (1)

El indicador de *tamaño* del sistema lótico así como el de *diversidad* no es posible calcularlo para el presente ejercicio ya que es necesario la verificación de campo tanto de los SE como de los macrohábitats. Consecuentemente, la integridad ecológica será calculada con base en el criterio de condición y de contexto como se muestra en el **Recuadro 1**.

Recuadro 1. **Calificación de los criterios de los sistemas lóticos**

$$(1) \text{CONDICION} = (0.30 * \text{Valoración Pt} + 0.20 * \text{Valoración Vd} + 0.10 * \text{Valoración Vi} + 0.40 * \text{Valoración Bo})$$

$$(2) \text{CONTEXTO} = \text{Valoración criterio Represas (R) (conectividad)}$$

$$\text{INTEGRIDAD ECOLOGICA (IE)} = (1) + (2) / 2$$

El presente documento fue publicado gracias al apoyo de
The Nature Conservancy (TNC).

