

Sandra Postel y Brian Richter

Ríos para toda la vida. La gestión del agua para las personas y la naturaleza

# Ríos para toda la vida

La gestión del agua para las personas y la naturaleza

Sandra Postel y Brian Richter





**Ríos para toda la vida**

*Para Amy, Henry y Martha*

QUIENES AMAN LOS RÍOS TANTO COMO NOSOTROS  
Y SON FUENTE INCONMENSURABLE DE INSPIRACIÓN

# **Ríos para toda la vida**

La gestión del agua  
para las personas y  
la naturaleza

SANDRA POSTEL Y BRIAN RICHTER

TRADUCCIÓN DE MARÍA TERESA RUIZ RAMÍREZ  
CON EL APOYO DE JOSÉ IGNACIO RODRÍGUEZ MARTÍNEZ

Instituto Nacional de Ecología (INE)  
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)  
The Nature Conservancy

Título del original en inglés:  
*Rivers for Life. Managing Water for People and Nature*  
Copyright © 2003 Sandra Postel and Brian Richter  
Published by arrangement with Island Press

Primera edición: 2010

**D.R. ©** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales  
Blvd. Adolfo Ruiz Cortines 4209. Col. Jardines de la Montaña  
C.P. 14210. Delegación Tlalpan, México, D.F.  
[www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx)

Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT)  
Periférico Sur 5000. Col. Insurgentes Cuicuilco  
C.P. 04530. Delegación Coyoacán, México, D.F.  
[www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx)

The Nature Conservancy  
[www.nature.org](http://www.nature.org)

COORDINADOR EDITORIAL Y FORMACIÓN: Raúl Marcó del Pont Lalli  
DISEÑO DE LA PORTADA: Álvaro Figueroa  
FOTO DE PORTADA: Claudio Contreras Koob  
EDICIÓN PARA INTERNET: Susana Escobar Maravillas

ISBN: 978-607-7908-29-6  
Impreso y hecho en México • *Printed in Mexico*

# Índice

PRÓLOGO A LA EDICIÓN EN ESPAÑOL	ix
AGRADECIMIENTOS	xiii
CAPÍTULO 1 ¿A DÓNDE SE HAN IDO TODOS LOS RÍOS?	1
Por qué necesitamos ríos saludables	6
La alteración de los caudales naturales	15
La vida del agua dulce está en peligro	29
Equilibrar las necesidades de agua humanas y ecosistémicas: una visión conceptual	40
CAPÍTULO 2 ¿CUÁNTA AGUA NECESITA UN RÍO?	47
La evolución de un nuevo paradigma para la gestión fluvial	50
Lineamientos de caudal dirigidos a la salud ecológica	58
Determinación de objetivos ecológicos	66
Aprendizaje práctico	70
Cómo reconstruir los patrones del caudal natural de un río	74
Lecciones de la carpa gigante del Colorado	82

<b>CAPÍTULO 3 HERRAMIENTAS DE POLÍTICA</b>	<b>89</b>
Asignación de agua para soporte del ecosistema	90
Sudáfrica: pionera de la 'reserva' de agua	94
Australia transforma sus políticas de agua y prueba un "tope"	97
La política estadounidense no se enfoca en la salud ecológica	104
Instrumentos económicos para asegurar el caudal de los ríos	126
Ética de las políticas fluviales	133
<b>CAPÍTULO 4 VAMOS AL RÍO</b>	<b>137</b>
¿Una oportunidad para que regrese el Missouri?	140
Restaurar el río Brisbane en la Costa Dorada de Australia	151
Bombeo de agua subterránea y el futuro del río San Pedro	158
Caudales para los camarones en el río tropical Espíritu Santo	167
Reducir los impactos de las presas federales sobre el río Green en Kentucky	172
Compartir las aguas del río Sabie en Sudáfrica	179
<b>CAPÍTULO 5 BLOQUES DE CONSTRUCCIÓN PARA UNA MEJOR GOBERNANZA DE LOS RÍOS</b>	<b>191</b>
Capturar el valor de los servicios ecosistémicos	193
Lecciones de la comisión mundial de presas	202
Una oportunidad para la gobernanza de 'abajo hacia arriba'	208
El trabajo innovador de las comisiones de cuencas	212
Destellos de liderazgo	223
<b>EPÍLOGO: ¿PODEMOS SALVAR LOS RÍOS DE LA TIERRA?</b>	<b>227</b>
<b>NOTAS</b>	<b>235</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>259</b>
<b>ÍNDICE ANALÍTICO</b>	<b>277</b>



# Prólogo a la edición en español

Nos complace mucho ver finalmente nuestro libro traducido al español. Esperamos sinceramente que esta publicación sea de utilidad para los hablantes de español en todas partes del mundo que trabajan con el fin de proteger y restaurar los ríos.

Desde Baja California hasta Tierra del Fuego, y a través de la muy diversa topografía de España, todavía hay mucho para salvar. Estas regiones contienen una increíble variedad de tipos de hábitat de agua dulce, desde cabeceras de agua helada en lugares como el Pico del Teide en España (3,718 m) o el Chimborazo en Ecuador (4,123 m), a las pampas bajas, calientes y húmedas del Río de la Plata a lo largo de la frontera de Argentina y Uruguay, y hasta los arroyos de las islas del Caribe.

También se está perdiendo mucho. Las elevadas tasas de crecimiento demográfico y desarrollo económico en muchos países latinoamericanos están aumentando la demanda de abastecimiento de agua y el desarrollo energético. La energía hidroeléctrica se ha vuelto una fuente muy popular de electricidad en toda América Latina, con más de 2,200 nuevas represas hidroeléctricas planeadas o en construcción solamente en América del Sur.

Varios países de habla española se han distinguido por aprobar leyes ambientales estrictas que pueden guiar el uso sostenible y el manejo del agua. Los científicos en España fueron de los primeros innovadores en aplicar modelos de computación para evaluar las necesidades de caudal ecológico de peces, y otras

plantas y animales acuáticos. Sin embargo, como en muchos países de todo el mundo, la implementación de las leyes ambientales y del conocimiento científico ha tenido diversos grados de éxito en estas regiones. Esperamos que algunas de las historias de éxito de este libro inspiren y energicen esos esfuerzos.

Cuando en 2003 finalizamos la versión en inglés de este volumen, pensamos que tendría unos cinco años de vida útil. Dados los rápidos avances científicos y las políticas en materia de agua para proteger los caudales ecológicos, anticipamos en aquel momento que el contenido del libro se volvería anticuado en cinco años. Nos equivocamos mucho.

Actualmente, los científicos, los gobiernos y los encargados de las políticas de agua comprenden bien la importancia de proteger los caudales ecológicos, y muchos países, estados y provincias han adoptado nuevas normas y reglamentos para hacerlo. Lamentablemente, la implementación en el terreno ha sido terriblemente lenta. Instamos a todos los interesados en la protección del caudal ecológico a volver a examinar y estudiar cuidadosamente las historias de éxito presentadas en nuestro libro, y a evaluar qué factores permitieron que los actores de estas historias tengan éxito. La necesidad de un mayor éxito es apremiante y generalizada.

No tenemos la intención de deducir que no se ha progresado desde la publicación original del libro. De hecho, hay muchos esfuerzos encaminados a cambiar la desviación de los cauces o las operaciones de las represas para brindar mejores condiciones al caudal de los ríos; tales esfuerzos típicamente tienen largos períodos de incubación, y esperamos que muchos de ellos vean los frutos de su labor en los próximos años. He aquí algunos hechos sobresalientes no cubiertos en nuestro libro:

- **Ciencia.** Los avances científicos analizados en nuestro libro para evaluar los requisitos de caudal ecológico de ríos individuales siguen siendo sumamente pertinentes para quienes desean fijar metas de caudal para ríos específicos. Sin embargo, tras notar que no es posible realizar la evaluación de ríos específicos para cada río que se desea explotar para abastecimiento de agua o generación eléctrica, un grupo de 19 científicos internacionales desarrolló un nuevo enfoque para determinar requisitos de caudal ecológico para ríos dentro de amplias áreas geográficas, como a través de una gran cuenca hídrica o de todo un país. Para mayor información sobre este gran avance científico, llamado "Límites Ecológicos de las Alteraciones Hidrológicas" (ELOHA, por sus siglas en in-

glés), puede visitarse la siguiente página Web: <http://conserveonline.org/workspaces/eloha>.

- Política. La adopción de estándares de sostenibilidad y programas de certificación definitivos y mundiales para el uso del agua o los proyectos de represas resulta muy prometedora para la protección del caudal ecológico. Ya se han iniciado dos esfuerzos de este tipo: uno se centra en grandes usuarios de agua, como las grandes empresas o los proveedores de servicios de agua (es decir, servicios de abastecimiento de agua) y el otro se ocupa de los constructores y operadores de represas de energía hidroeléctrica. Cada uno de estos esfuerzos aborda explícitamente los estándares de protección de caudal ecológico. Si estos programas de certificación fueran adoptados por miles de grandes empresas y constructores de represas en todo el mundo, podrían ayudar enormemente a los esfuerzos de protección del caudal. La Alianza para la Administración de Agua ([www.allianceforwaterstewardship.org](http://www.allianceforwaterstewardship.org)) está liderando el esfuerzo para desarrollar un programa de certificación para grandes usuarios de agua. La Asociación Internacional de Energía Hidroeléctrica ([http://www.hydropower.org/sustainable\\_hydropower/HSAF.html](http://www.hydropower.org/sustainable_hydropower/HSAF.html)) dirige los esfuerzos para desarrollar un protocolo de sostenibilidad para los proyectos de represas.

En el frente de políticas nacionales, quizás el cambio más grande de los últimos siete años sea el que tuvo lugar en Australia. En 2004, dos años después de que el Río Murray no pudiera llegar al mar por primera vez, el Consejo de Gobiernos Australianos aceptó una Iniciativa Nacional de Agua para equilibrar mejor el manejo del agua entre las necesidades humanas y las de los ecosistemas. El Gobierno está invirtiendo \$12,900 millones en un período de 10 años en áreas como la mejora de la infraestructura del agua y la compra de derechos de agua para devolver el agua a los ríos y humedales. Para fines de 2009, el gobierno australiano había comprado 766 millones de metros cúbicos de derechos de agua para restaurar ecosistemas de agua dulce. En la Cuenca del Río Murray Darling, están por publicarse nuevas asignaciones (llamadas "límites de desviación de sostenibilidad"); se espera que estas asignaciones reduzcan significativamente los derechos de usuario, reflejando tanto los caudales mucho más bajos en esta cuenca con problemas hídricos como el deseo de devolver el agua al medio ambiente.

- Manejo. El Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos continúa sus importantes avances en la modificación de las operaciones de sus represas para liberar caudales ecológicos corriente abajo, en colaboración con The Nature

Conservancy, una organización conservacionista internacional. El capítulo 4 de nuestro libro incluye la historia del Río Green de Kentucky, donde la primera represa del Cuerpo de Ingenieros modificó sus operaciones con el fin de mejorar el caudal ecológico. Hoy, se han modificado las operaciones de 10 represas en seis ríos diferentes. Los lectores pueden dar seguimiento al avance de este "Proyecto de Ríos Sostenibles" en: <http://www.nature.org/initiatives/freshwater/partnership/>.

Para terminar, deseamos expresar nuestro más sincero agradecimiento al Instituto Nacional de Ecología de México por lograr la realización de la versión en español de nuestro libro.

Sandra Postel y Brian Richter

1 de octubre de 2010

# Agradecimientos

Las semillas de este libro surgieron en mayo de 2000 en la conferencia anual de la *North American Benthological Society* (NABS, por sus siglas en inglés), celebrada en Keystone, Colorado, en los majestuosos paisajes de las Montañas Rocosas. Los dos íbamos a dar conferencias plenarias en la sesión inaugural. Aunque estábamos familiarizados con el trabajo que cada quien realizaba, no nos conocíamos personalmente; este hecho contribuyó a que esa mañana resultara aún más sorprendente: nuestras conferencias eran tan similares, que posiblemente el público creyó que habíamos conspirado entre bambalinas. Durante el almuerzo platicamos y se nos ocurrió que se podría desarrollar una buena sinergia si trabajábamos juntos en torno a los retos de la gestión del agua, a los cuales estábamos dedicados. Poco más de un año después, nació la idea para escribir este libro y también una relación sinérgica entre nosotros.

Agradecemos mucho el apoyo financiero proporcionado por *The Nature Conservancy*, pues nos permitió dedicar el tiempo y la energía necesarios para investigar y escribir *Ríos para toda la vida*. Esperamos que este libro enriquezca la importante labor que realiza Conservancy para preservar la biodiversidad y los ecosistemas de agua dulce del planeta. El contenido y las sugerencias del libro, no obstante, son completamente nuestras y no implican el respaldo del personal, de los altos directivos o de la mesa directiva de Conservancy.

Son muchas las personas a quienes queremos agradecer: en primer lugar a Nicole Rousmaniere, la ilustradora del libro. Con creatividad y eficiencia extraordinaria,

Nicole convirtió nuestras sencillas tablas y gráficas en ilustraciones atractivas y sugestivas. Estamos muy agradecidos por el tiempo y el talento que invirtió Nicole, de manera entusiasta, en el libro. Karen Sanders nos asistió en la investigación lo cual fortaleció el libro; asimismo compiló la "Base de datos de la restauración de caudales" para The Nature Conservancy, la cual resultó ser extremadamente útil para nosotros.

Agradecemos a Angela Arthington, Jackie King y Kevin Rogers por compartir con nosotros sus profundas reflexiones acerca de los asuntos relacionados con la gestión del agua, durante nuestros viajes y participación en las conferencias en Brisbane, Australia, Fort Collins, Colorado y Ciudad del Cabo, Sudáfrica, así como por nuestra cuantiosa correspondencia vía correos electrónicos. Estos colegas son verdaderos pioneros en el campo. Su trabajo innovador, llevado a cabo en dos continentes, nos ha inspirado mucho para escribir este libro.

Diversos colegas y profesionistas en este campo hicieron una revisión del primer borrador que fue de gran utilidad. Michele Leslie y Amy Vickers nos hicieron sugerencias particularmente reveladoras, como la necesidad de dirigirnos al contexto global más amplio, dentro del cual se están llevando a cabo proyectos para la conservación de los ríos; asimismo nos propusieron la inclusión de un pequeño capítulo final y algunos diagramas clave. Muchas otras personas se dieron el tiempo para formular observaciones sobre la totalidad o una parte del manuscrito, y en algunos casos, para enviarnos información y fuentes de consulta muy útiles, a pesar de su apretada agenda. Nuestro agradecimiento a: Angela Arthington, Kristine Ciruna, David Galat, David Harrison, John Hawkins, Martha Hodgkins, Jackie King, Michele Leslie, Ruth Mathews, Patrick McCully, Ann Mills, Robert Ruth, Sam Pearsall, LeRoy Poff, Catherine Pringle, Katherine Rancel, Holly Richter, Kevin Rogers, Nicole Silk, Chad Smith, Clair Stalnaker, Rebecca Tharme, Greg Thomas, Amy Vickers y Robert Wigington.

Barbara Dean, de Island Press nos proporcionó valiosas sugerencias para el contenido y la estructura del libro con suficiente antelación, de manera que pudimos atenderlas en el tiempo y la forma requeridos. Agradecemos a Barbara y a todo el equipo de la editorial por el entusiasmo y el arduo trabajo que realizaron para que el manuscrito de nuestro libro se transformara en un producto terminado.

Nuestras familias, amistades y colegas de trabajo asumieron diversas responsabilidades durante el año que duró el proceso de escritura de Ríos para toda la vida, lo cual nos permitió perseverar en nuestra tarea. De manera especial agradecemos el cariño, el apoyo, el humor y la comprensión de Sue y Ralph Davis, Henry Green,

Martha Hodgkins, Michele Leslie, Harold y Clara Postel, Walt y Ann Richter, Nicole Silk y Amy Vickers.

Por último, expresamos nuestra gratitud y admiración a las muchas personas y organizaciones que trabajan en la protección de los ríos de la Tierra. Demasiados como para ser nombrados uno por uno, estos conservacionistas forman la vanguardia del movimiento para la restauración del caudal, que esperamos se fortalezca con este libro. Aunque percibamos que estamos nadando a contra corriente, cada vez hay más fuerza en nuestros números, en nuestra voluntad y en nuestro sueño colectivo de tener ríos abundantes y saludables de por vida.

Sandra Postel y Brian Richter  
Junio de 2003





## CAPÍTULO 1

# ¿A dónde se han ido todos los ríos?

En su discurso inaugural de 1901, el presidente de Estados Unidos de Norteamérica, Theodore Roosevelt, sentó las bases para lo que se convertiría en un siglo de profundas transformaciones sin precedentes para los ríos de la Tierra. “Es necesario realizar grandes obras de almacenamiento –dijo– para igualar el flujo de las corrientes y para conservar las crecidas.”<sup>1</sup> Un año después de aprobada la *National Reclamation Act*,\* los Estados Unidos abrieron un nuevo capítulo en la larga historia de la humanidad y del agua; historia que consideraba que el control humano sobre los ríos era fundamental para el desarrollo económico y social. Los ingenieros del gobierno construyeron presas y embalses para riego, control de inundaciones, generación de energía hidroeléctrica y abastecimiento de agua. Dragaron canales para la navegación fluvial y represaron las riberas de los ríos para contener crecidas difíciles de controlar. Uno tras otro, los ríos se transformaban para satisfacer las necesidades humanas, mientras la economía de EU incrementaba su demanda de agua, electricidad y de protección contra inundaciones. Gran parte del mundo emprendió un camino similar, a menudo con la ayuda de los ingenieros estadounidenses, siempre dispuestos a compartir su experiencia y sus conocimientos.

\* La *National Reclamation Act* (Ley Nacional de Recuperación) fue aprobada el 17 de junio de 1902, después de más de una década de debate político. Esta ley otorgó subsidios federales directos para el desarrollo de proyectos de riego en el árido oeste. (*N. de la T.*)

A poco menos de un siglo del discurso de Roosevelt, que marcó todo un nuevo rumbo, otro líder político estadounidense hizo una sorprendente y profética declaración de distinta naturaleza. Barry Goldwater, candidato presidencial republicano y ex senador de EU para el estado de Arizona fue entrevistado para un documental, en 1977; se le preguntó cuál sería su elección si pudiera volver a decidir en ese momento si votar a favor o en contra de la construcción de la presa Glen Canyon Dam, en el río Colorado. Concluida en 1963, esta súper presa inundó un gran cañón y permitió un control tan completo del cauce del río Colorado que poca de su agua llega al mar. “Yo votaría en contra de ésta”, dijo Goldwater, quien había defendido firmemente la construcción de la presa varias décadas atrás. “Cuando represas un río siempre pierdes algo”. Para este político, el precio del progreso ha sido demasiado alto.<sup>2</sup>

Las palabras de Roosevelt y Goldwater sirven como indicadores extremos de lo que fue el primer y último enfoque de gestión de los ríos durante el siglo XX. Las necesidades y los valores de la sociedad han cambiado; asimismo, los científicos comienzan a develar la gravedad de los daños ecológicos provocados por la alteración a gran escala de los ríos, con el fin de satisfacer necesidades humanas. Hoy en día, muchos ríos alrededor del mundo, ya sean grandes o pequeños se desecan antes de llegar a sus destinos naturales. Además del río Colorado, cinco de los ríos más grandes de Asia –el Ganges, el Indo, el Amarillo, el Amu Daria y el Sir Daria– ya no llegan al océano durante largos periodos del año.<sup>3</sup> Los ríos que han sido canalizados, como el Rin en Europa y un tramo largo del Missouri en el Centro Oeste de los Estados Unidos, ya no serpentean, sino que fluyen de manera artificial con un cauce recto y profundo, para permitir la navegación y transportación de mercancías en barcos y barcazas. Los riberos\* han desconectado al poderoso río Mississippi de 90 por ciento de su planicie de inundación.<sup>4</sup>

Actualmente las presas y desviaciones alteran los tiempos y el volumen del cauce en una amplia escala geográfica. Cerca de 60 por ciento de los 277 ríos más grandes del mundo han sido fragmentados por presas, desviaciones u otras infraestructuras.<sup>5</sup> La mayoría de los ríos de Europa, Japón, los Estados Unidos de Norteamérica y otras regiones industrializadas están más controlados por manos

\* En el original en inglés se utiliza la palabra levee cuya traducción más cercana es ribero: “Vallado de estacas, cascajo y céspedes que se hace a la orilla de las presas para que no se salga y derrame el agua. Diccionario de la Real Academia Española en <http://buscon.rae.es/drae/>. (N. de la T.)

humanas que por la naturaleza. En lugar de fluir dentro de los ritmos naturales del ciclo hidrológico, se prenden y apagan como si fueran complicadas obras de plomería.

Las sociedades han obtenido recompensas económicas sustanciales de las modificaciones realizadas a los ríos: desde la generación de energía hidroeléctrica a la expansión de la agricultura de irrigación hasta el incremento del comercio a lo largo de las rutas de navegación. Sin embargo, en la contabilidad, las pérdidas serias han ido en aumento del lado de la ecología. En su estado natural los ríos saludables realizan millares de funciones, tales como purificar el agua, atenuar las crecidas y las sequías y mantener el hábitat para las pesquerías, la flora y la fauna; conectan las regiones internas de los continentes con las costas acarreando sedimentos a los deltas, llevando nutrientes a las pesquerías de las costas y manteniendo los niveles de salinidad que sustenta estuarios productivos. Desde su nacimiento hasta el mar y desde el canal hasta la planicie de inundación, los ecosistemas fluviales reúnen, almacenan y mueven el agua de deshielo y de lluvia en sincronía con los ciclos de la naturaleza. La diversidad y abundancia de vida en las aguas corrientes reflejan millones de años de evolución y adaptación a estos ritmos naturales.

Desde una perspectiva estrictamente humana, los ríos sanos realizan numerosos servicios ecosistémicos: procesos llevados a cabo por los ecosistemas naturales que benefician a las sociedades humanas y a las economías. Ríos, humedales y otros ecosistemas fluviales forman parte de la infraestructura física que mantiene activas a nuestras economías. Al igual que los trabajadores en una fábrica, los animales y plantas de los humedales son un equipo organizado y productivo: absorben contaminantes, descomponen los desechos y producen abundante agua limpia y fresca. Con grandes esfuerzos, los caudales periódicos moldean el caudal fluvial y redistribuyen el sedimento, creando un hábitat esencial para peces y otras formas de vida ribereña. Además, los sistemas hídricos hacen este trabajo de forma gratuita. Incluso si supiéramos cómo reproducir todas las funciones valiosas que desempeñan los ríos, costaría una cantidad enorme sustituirlos. Los servicios prestados por los humedales pueden valer por sí solos cerca de 20,000 dólares estadounidenses por hectárea al año.<sup>6</sup>

En poco más de un siglo –un abrir y cerrar de ojos en tiempos geológicos– las sociedades humanas han alterado tanto los ríos, que ya no desempeñan sus funciones evolutivas de manera adecuada y no prestan los servicios ecológicos de los cuales han llegado a depender las economías. Una parte considerable de especies de agua dulce en todo el mundo, incluidas por lo menos 20 por ciento de las es-

peces de peces de agua dulce, se encuentran en peligro de extinción o ya están extintas. Debido a que las planicies de inundación ya no limpian las crecidas, la contaminación llega cada vez más a las regiones interiores y a los mares costeros, lo cual causa daños, como el bajo oxígeno en la 'zona muerta' del Golfo de México y el deterioro del Mar Negro en Europa. En pocas palabras, en muchas partes del mundo, el aprovechamiento de los ríos para beneficio económico causa más daños que beneficios. Sin embargo, debido a que la mayoría de los perjuicios no es reconocida o no se valora, queda fuera de las ecuaciones de costo-beneficio, que a menudo determinan cómo se gestionan los ríos. Como resultado de ello, muy poco se ha hecho para detener, y mucho menos revertir, el descenso en la salud de los ríos.

Hasta la fecha, los esfuerzos para restaurar y proteger los ríos se han centrado principalmente en dos objetivos: mejorar la calidad del agua y establecer los requerimientos de flujos mínimos para que ríos y arroyos no se dessequen por completo. Estas medidas han mejorado las condiciones de los ríos en muchos lugares; por ejemplo, el río Cuyahoga, en la región norte de Ohio, ya no está en peligro de volver a incendiarse;\* asimismo, muchas poblaciones de peces se están beneficiando de las aguas menos contaminadas. Pero el énfasis en los flujos mínimos y la calidad del agua han ayudado muy poco para restaurar las funciones y los procesos que sustentan la integridad de los sistemas hídricos en general.

Durante la última década, los científicos han acumulado considerables pruebas de que el régimen natural de fluctuación de un río –su patrón variable de crecidas y escurrimientos base ya sea durante uno o a través de varios años– ejerce gran influencia sobre la salud del río.<sup>7</sup> Cada componente de fluctuación natural realiza una valiosa labor para el sistema en su conjunto. Los caudales de crecidas son una señal para que los peces desoven y activan a ciertos insectos para comenzar una nueva fase de su ciclo de vida; por ejemplo, cuando los flujos son muy bajos pueden ser fundamentales para el reclutamiento de plantas ribereñas. Por consiguiente, la

\* El río Cuyahoga que atraviesa Cleveland en el estado de Ohio, se incendió en tres ocasiones a causa de los residuos químicos que descargaban las fábricas instaladas en sus riberas; el primero ocurrió en la década de 1930, el segundo en la de 1950 y el tercero en 1969, que arrastraba tanto material inflamable que el incendio destruyó siete puentes antes de consumirse. Este último llevó al congreso estadounidense a aprobar el *Clean Water Act* (CWA; Ley de Aguas Limpias) que estableció normas para las emisiones tolerables en agua. (*N. de la T.*)

restauración de los ríos, ahora bajo gran control humano, requiere mucho más que simplemente garantizar que haya agua en el cauce: se necesita recrear, en cierta medida, el patrón del caudal natural que impulsa a tantos y tan importantes procesos ecológicos. La restauración del caudal puede implicar que presas y embalses operen de tal manera que simulen las crecidas y los escurrimientos base que tenía un río antes de ser represado. En los ríos aún no muy represados o controlados, muchos de los cuales se encuentran en los países en vías de desarrollo, el desafío es preservar el suficiente patrón natural de escurrimiento para mantener las funciones ecológicas del río, aunque se gestione para otros fines económicos.

En pocas palabras, el reto a enfrentar en el siglo XXI es gestionar los ríos para mejorar el equilibrio entre la demanda humana de agua y a la vez, cubrir las necesidades de agua de los mismos ríos. Hacer frente a este desafío requerirá un enfoque totalmente nuevo para la valoración y gestión hídrica. Por fortuna, los científicos y los responsables de formular políticas de agua en varios países, sobre todo en Australia, Sudáfrica y los Estados Unidos, han desarrollado y probado algunas nuevas ideas para lograr optimizar este equilibrio. Como se describe en los capítulos 2 y 3, los enfoques más prometedores incorporan los nuevos conocimientos científicos, las nuevas prácticas de gestión y los nuevos instrumentos de políticas. Sin embargo, para llevar a cabo estas iniciativas prometedoras a escala, es necesario contar con nuevos enfoques para la gobernanza del río, es decir, el proceso para establecer y administrar las normas que dictan cómo deben gestionarse los ríos y quiénes se benefician de éstos; este tema se aborda en el capítulo 5.

Aunque los ríos en todo el mundo y la vida que sustentan se encuentran hoy en día en gran peligro, existen motivos para ser optimistas en torno a la posibilidad que regresen a ser saludables. Como se señala en el capítulo 4, más de 230 ríos en todo el mundo ya están experimentando algún grado de restauración de caudal. Con la intención de restablecer la conectividad de los ríos con sus planicies de inundación, se derriban presas y reajustan riberos; las prácticas de conservación posibilitan que cierta cantidad de agua regrese a la naturaleza y las descargas de los embalses se están modificando para reproducir mejor los patrones naturales de escurrimiento. Vistas en conjunto, estas acciones constituyen la vanguardia de un movimiento para reajustar la salud de nuestra economía humana hídrica con la economía fluvial de la naturaleza. También enfatizan la importancia de preservar los caudales que sustentan los ecosistemas de río aún no explotados por la infraestructura humana, de modo que, en primer término, se puedan evitar las costosas desventajas de la gestión del agua al estilo siglo XX.

De vez en cuando las estrellas del ámbito social o político apoyan y adoptan cierta postura frente a un tema, lo cual posibilita el surgimiento de un enorme cambio en cuanto a la forma en que la sociedad lo percibe y maneja. El apoyo en relación con la salud y la conservación de los ríos empieza a crearse. Está constituido por tres elementos fundamentales: 1) el creciente reconocimiento de la importancia de la diversidad biológica y el valor de los servicios de los ecosistemas naturales, 2) el consenso científico de que el restablecimiento de cierto grado del patrón natural de escurrimiento del río es la mejor forma para proteger y restaurar su salud y funcionamiento, y 3) la aparición de nuevos modelos de toma de decisiones sobre la gestión de los ríos que ofrecen la promesa de obtener resultados más inclusivos, equitativos y ecológicamente sustentables.

Este apoyo abre nuevas ventanas de oportunidad, pero el reto por venir es grande. Hace un llamamiento para que los científicos, los conservacionistas, los gestores de río, los responsables de formular políticas y la ciudadanía, trabajen juntos desde sus distintas disciplinas sin importar las barreras profesionales. Asimismo, pide a la sociedad adoptar las normas de gobernanza del agua que reconozcan nuestra interdependencia con los ríos: las arterias azules de la tierra que fluyen y sustentan el sistema de apoyo de la vida del planeta.

## **POR QUÉ NECESITAMOS RÍOS SALUDABLES**

A través de los tiempos, los ríos han jugado un papel determinante en la evolución de las sociedades humanas. Muchas de las primeras grandes civilizaciones nacieron junto a los ríos: los antiguos mesopotamios en las llanuras fértiles de los ríos Tigris y Éufrates, los antiguos egipcios en el valle del Nilo y las primeras sociedades chinas en el valle del río Amarillo, conocido cariñosamente en China como 'madre'. Como símbolo de pureza, renovación, temporalidad y sanación, los ríos han moldeado la espiritualidad humana como ningún otro elemento del mundo natural. Hasta el día de hoy, millones de hindúes en la India se sumergen en las aguas del Ganges, durante los rituales de limpieza que son esenciales para su vida espiritual. Del mismo modo, los ríos han modelado el paisaje de manera fundamental: han tallado cañones notables con su poder erosivo y han creado grandes deltas por medio de la deposición de sus sedimentos. Evocando la magia, el misterio y la belleza, los ríos han inspirado a pintores, músicos y artistas de todo tipo a lo largo de la historia, lo cual ha incrementado de manera inconmensurable la experiencia humana.

Desde una perspectiva hidrológica, los ríos desempeñan un papel medular en el ciclo global del agua entre el mar, el aire y la tierra. Junto con los acuíferos subterráneos acumulan precipitación y la acarrearán a manera de escurrimiento hacia el mar que, a su vez, continúa el ciclo y regresa la humedad a la tierra por medio de la atmósfera. Este ciclo renueva constantemente el abasto limitado de agua en los continentes y, por tanto, sustenta toda la vida sobre la tierra. Desde un punto de vista humano, los ríos son las principales fuentes de agua para beber, cocinar, bañarse y cultivar en lugares donde las precipitaciones no son suficientes, para generar energía eléctrica y para manufacturar todo tipo de artículos materiales.

Necesitamos y valoramos los ríos por una serie de razones, algunas son espirituales, otras estéticas y otras prácticas. Aún así, no es sino hasta hace pocos años, que el conocimiento científico acerca de lo que constituye un río saludable nos ha permitido entender la importancia que tiene, para el funcionamiento del mundo natural que nos rodea, que los ríos permanezcan intactos. Los ríos son mucho más que conductos de agua. Son sistemas complejos que realizan un trabajo complicado. No sólo incluyen el agua que fluye en sus cauces, sino las redes tróficas y los ciclos de nutrientes que funcionan dentro de sus lechos y sus márgenes; los estanques y humedales que se forman en sus planicies de inundación; las cargas de sedimentos que arrastran; los deltas abundantes que forman cerca de sus extremos finales e incluso, las zonas costeras o interiores de los mares en los que desaguan. Junto con sus estructuras físicas, los sistemas fluviales contienen innumerables especies de animales y plantas que, en conjunto, los mantienen saludables y en funcionamiento.

Cualquier persona que ha viajado hasta el extremo final de un río muy represado y desviado, ha visto lo que puede suceder cuando se destruye la salud de los sistemas fluviales. La población de la zona de desastre del mar de Aral, en Asia central, conoce estas consecuencias quizá mejor que nadie: día a día sufre con el legado que dejaron los planificadores centrales soviéticos quienes, hace medio siglo, calcularon que el agua de los dos grandes ríos de la región, el Amu Daria y el Sir Daria, sería más valiosa para irrigar sembradíos de algodón en el desierto, que para fluir hacia el Mar de Aral, en ese entonces el cuarto lago más grande del mundo. Hoy en día, el volumen original de este mar se ha reducido a la tercera parte; la industria pesquera que proporcionaba trabajo y medios de subsistencia a los habitantes locales se ha arruinado y las personas sufren numerosas enfermedades provocadas por el entorno desecado, salado y tóxico que los rodea.<sup>8</sup> Ningún lugar sobre la tierra demuestra de mejor modo, los vínculos que existen entre la salud ecosistémica y la de las personas, comunidades y economías que dependen de ella.

En los últimos años, una serie de ecólogos y economistas han tratado de describir y valorar las funciones que realizan los ecosistemas naturales en términos económicos convencionales, con el objetivo de fomentar la incorporación de estas funciones en las decisiones de la sociedad.<sup>9</sup> Han empezado a hablar de los bosques, las cuencas hidrográficas, los suelos y los ríos como “capital natural” que, al igual que la manufactura o el capital financiero, proporcionan un conjunto de beneficios a la sociedad. A menudo se hace referencia de estos beneficios como bienes y servicios ecosistémicos; la idea no es sugerir que el valor de la naturaleza sólo reside en los servicios ecológicos que benefician directamente a las personas en lo monetario. Más bien, valorar los servicios ecosistémicos como una herramienta que posibilita la salud y la conservación de los ecosistemas naturales, y que debe tenerse más en cuenta en la toma de decisiones. En gran medida, hasta el momento se han ignorado los beneficios económicos de la conservación de los ecosistemas, porque la mayoría de los servicios otorgados por la naturaleza para sustentar la vida, no se valoran en términos de mercado o en base a cualquier otro mecanismo convencional. No medimos o damos seguimiento al valor de los activos naturales, ni a la serie de beneficios que se derivan de éstos. Por ello, tenemos la propensión de desperdiciar la riqueza de la naturaleza, sin llevar la cuenta de las pérdidas.

En el caso de los servicios prestados por los ríos, los humedales y otros ecosistemas fluviales se incluyen aspectos muy tangibles como el suministro de agua potable y de pescado para la alimentación, así como otras funciones más complejas como atenuar las inundaciones y las sequías, mantener las redes tróficas y suministrar nutrientes a los estuarios costeros (véase tabla 1.1). Algunos de estos servicios son más fáciles de valorar en términos monetarios que otros; por ejemplo, un valor mínimo de los peces de agua dulce podría derivarse del valor de mercado de las capturas comerciales, del turismo y otros ingresos relacionados con la pesca recreativa. Por otro lado, es mucho más difícil cuantificar los valores estéticos y culturales del pescado de río, así como asignar el valor justo que las personas le dan al sólo hecho de saber que el salmón antiguo todavía circula o que las poblaciones de peces nativos aún existen.

De manera semejante, es posible valorar a los ríos y otros sistemas hídricos por los servicios de abastecimiento de agua que ofrecen, calculando los costos de sustituir estos suministros naturales por los del agua de mar desalinizada. Sustituir la totalidad del volumen de agua dulce que consume la economía mundial en la actualidad –cerca de 2,000 kilómetros cúbicos al año– por agua desalinizada (bajo el supuesto de que esto se pudiera hacer, lo cual es discutible) tendría un costo



aproximado de 3 billones de dólares anuales. Esto sin contar el gasto de su distribución a los usuarios, la contaminación del aire y los impactos en el cambio climático que se generarían al utilizar una gran cantidad de plantas desalinizadoras de uso energético intensivo.<sup>10</sup> En otras palabras, si los ríos, lagos y humedales se desecaran, por lo menos 7 por ciento de todo el producto nacional bruto (PIB) global se tendría que destinar a la creación de suministros de agua que la naturaleza otorga de forma gratuita. Muchas actividades de recreación como la navegación, la natación y la pesca, por ejemplo, desaparecerían y estas pérdidas también podrían ser cuantificables. Además, los seres humanos también perderían los beneficios estéticos, culturales y espirituales que emanan de los ríos resplandecientes, de los cauces de montañas y del saber que existe una copiosa diversidad de vida de agua dulce; todas estas pérdidas no pueden precisarse en términos monetarios, pero pueden llegar a ser más importantes que las que sí se contabilizan.

Aunque los valores cuantificables sean más elevados que los no cuantificables, en la estimación del peligro de los servicios ecosistémicos, la práctica ha ayudado a ilustrar el enorme valor de los ecosistemas naturales, a los que con frecuencia no se les otorga peso económico alguno. A mediados de la década de los noventa, el investigador Robert Constanza, de la Universidad de Vermont, y un equipo de ecólogos y economistas, tasaron el valor económico vigente, de diecisiete servicios ecosistémicos para dieciséis biomas.<sup>11</sup> El cálculo del valor de los servicios ecosistémicos en todo el mundo variaba en un rango de 16 a 54 billones de dólares al año (en dólares estadounidenses de 1994), con un promedio de 33 billones anuales: más o menos equiparable al PIB mundial de mediados de esa época. Este hallazgo sugiere que, en términos monetarios, los servicios ecosistémicos contribuyen al bienestar humano tanto como todos los otros bienes y servicios que tienen un valor de mercado.

Estas estimaciones mundiales sólo son un cálculo aproximado del valor económico de la naturaleza. El valor de una misma función de los ecosistemas (por ejemplo, la atenuación de inundaciones) puede variar de un país o de una cultura a otra; por ello, resulta problemático estimar los valores globales con base en una pequeña muestra. Además, es una contradicción darle un valor finito a un sistema de soporte de vida, que es irremplazable. Si sugerimos que los servicios de la naturaleza se valúan aproximadamente en 33 billones de dólares anuales, podemos pensar que si la sociedad llegara a tener una cantidad adicional a ésta y la invirtiera para recrear las funciones de la naturaleza, podríamos vivir sin ella; aunque, por supuesto, jamás podríamos. La sociedad puede utilizar y ya utiliza la tecnología para sustituir

Tabla 1.1. Servicios para sustentar la vida proporcionados por los ríos, los humedales y otros ecosistemas de agua dulce

Servicios ecosistémicos	Beneficios
Prestación de servicios de abastecimiento de agua	Más de 99 por ciento del abastecimiento de agua para irrigación, usos industriales y domésticos en todo el mundo provienen de los sistemas naturales de agua dulce
Suministro de alimentos	Los peces, aves acuáticas, mejillones, almejas, entre otros, son importantes fuentes alimenticias para las personas y la vida silvestre
Purificación de agua/ tratamiento de residuos	Los humedales filtran y desintegran los contaminantes y así protegen la calidad del agua
Reducción de inundaciones	Las cuencas hidrográficas y las planicies de inundación saludables absorben el agua de lluvia y los caudales de los ríos, reduciendo los daños por inundaciones
Mitigación de la sequía	Las cuencas hidrográficas, las planicies de inundación y los humedales saludables absorben el agua de lluvia, merman los escurrimientos y ayudan a la recarga de aguas subterráneas.
Suministro de hábitat	Ríos, arroyos, planicies de inundación y humedales proveen hogares y sitios para la crianza a peces, pájaros, fauna y muchas otras especies
Mantenimiento de la fertilidad del suelo	Los sistemas de río-planicies de inundación saludables renuevan constantemente la fertilidad de los suelos circundantes
Entrega de nutrientes	Los ríos acarrearán sedimentos ricos en nutrientes hacia los deltas y estuarios, lo cual ayuda a mantener su productividad
Mantenimiento de la salinidad de las zonas costeras	Los caudales de agua dulce mantienen los gradientes de salinidad de los deltas y de los ambientes marinos y costeros, que son clave para su riqueza biológica y productividad
Disponibilidad de la belleza y de valores satisfactorios para la vida	Los ríos naturales y los paisajes de sus aguas son fuente de inspiración y de valores culturales y espirituales profundos; su belleza enriquece la calidad de la vida humana
Oportunidades recreativas	Natación, pesca, caza, paseos en bote, observación de la fauna, excursiones marítimas y días de campo
Conservación de la biodiversidad	Diversas asociaciones de especies realizan el trabajo de la naturaleza (incluidos todos los servicios en esta tabla), sobre el cual dependen las sociedades; conservar la diversidad genética mantiene opciones para el futuro.

algunos bienes y servicios ecológicos; por ejemplo, reproducir peces en jaulas de acuicultura, cuando las poblaciones naturales de peces se agotan o para desalinizar agua de mar cuando escasea el agua potable. Sin embargo, estas sustituciones son imperfectas y sólo pueden realizarse hasta cierto punto. Pero resulta aún más importante, el que los científicos y los ingenieros no tengan idea de cómo recrear muchos de los procesos más complejos, realizados por los ecosistemas naturales.

A pesar de las dificultades metodológicas y conceptuales, el precio calculado de 33 billones de dólares cautivó la atención de las personas y logró que los servicios ecosistémicos sobresalieran y se considerarán extremadamente valiosos. Desde un punto de vista práctico, el valor total de la cifra es menos importante que la unidad de valores atribuibles a cada uno de los servicios ecosistémicos, analizados por el equipo de investigadores. Una vez más, a pesar de los problemas de análisis estas estimaciones ayudan a destacar el enorme valor de los ecosistemas, a los que con frecuencia no se les otorga valor tangible alguno.

El equipo de Costanza estimó que, por ejemplo, los humedales de río y las planicies de inundación rendían beneficios anuales de casi 20,000 dólares por hectárea (8,000 dólares por acre), valor que ocupaba el segundo lugar entre los dieciséis biomas estudiados, precedido solamente por el valor de los estuarios. El papel que desempeñan los humedales y planicies de inundación surgió como particularmente valioso pues almacenan y retienen el agua, atenúan las inundaciones y desintegran los contaminantes. El equipo de investigación valuó juntos a ríos y lagos, calculando su valor en 8,500 dólares por hectárea al año; el mayor valor se atribuyó a dos de sus funciones: la regulación del ciclo hidrológico y la provisión del abastecimiento de agua. En conjunto, los humedales, lagos y ríos destacaron en el análisis como recursos naturales valiosos en extremo, ya que el valor de los servicios ecológicos que producen colectivamente es de casi 6,6 billones de dólares estadounidenses al año.

El gran beneficio de generar estimaciones, incluso muy aproximadas, del valor de los servicios ecosistémicos es que resulta más difícil que quienes toman las decisiones ignoren estos servicios en el momento de evaluar los costos y beneficios de proyectos específicos. Una planicie de inundación no es ya solamente una tierra que no se usa y está lista para 'el desarrollo'. Se convierte en un bien de capital con un valor de varios miles de dólares por hectárea al año. El valor real varía de un lugar a otro y probablemente no se puede conocer con total exactitud; sin embargo, en ningún lugar es justificable el supuesto de que sea cero; suposición que a menudo se dio por hecho en el pasado. Aún más, debido a que los servicios ecosistémicos

son sistemas de soporte de vida irremplazables, su valor se incrementa hacia el infinito cuando son cada vez más escasos.

De los activos naturales, los ecosistemas de planicies de inundación saludables son los más infravalorados. Una buena parte de la ingeniería hidráulica moderna se ha orientado hacia la sustitución de las funciones naturales de control de inundaciones de estos ecosistemas por medio de diques y riberos destinados a prevenir la sumersión de los bancos de los ríos. A menudo, esta sustitución no sólo ha sido infructuosa y demasiado cara, sino que también destruye otras funciones vitales de sustentación de vida proporcionadas por las planicies de inundación. Las inundaciones estacionales conectan al río con el paisaje circundante y promueven el intercambio de nutrientes y organismos entre un profuso mosaico de hábitats, de este modo aumentan la diversidad de las especies y la productividad biológica. Muchas planicies de inundación son zonas vitales para la cría y alimentación de los peces. Los investigadores han descubierto que los peces que pasan un tiempo en ríos tropicales con grandes planicies de inundación, pueden alcanzar 75 por ciento de su crecimiento anual durante el periodo que permanecen allí.<sup>12</sup> En general, los ecosistemas de planicies de inundación incluyen algunos de los sitios biológicamente más diversos de la tierra; por ejemplo, el pantanal de Suramérica, el delta del Okavango, en el sur de África y los humedales del Sudán.<sup>13</sup>

En algunas partes del mundo en vías de desarrollo, sobre todo en África, muchas de las personas que viven en zonas rurales ajustan su vida y sustento a los pulsos de la crecida y a la productividad biológica de las planicies de inundación. Esta práctica es antiquísima, se remonta por lo menos cinco mil años en el valle del Nilo del Egipto antiguo. Históricamente, los agricultores de Egipto celebraban la inundación del Nilo que llegaba anualmente, casi con una precisión de calendario. Ésta se originaba con las lluvias monzónicas de las tierras altas de Etiopía y llegaba a Asuán, en el sur de Egipto, a mediados de agosto. Después avanzaba hacia el norte a través del valle del Nilo, hasta llegar unas cuatro o seis semanas después, al delta y al Mar Mediterráneo. En su apogeo, la inundación cubría la planicie aluvial a una profundidad de 1.5 metros. Una vez que la crecida aminoraba, entre principios de octubre y finales de noviembre, los agricultores plantaban trigo y otros cultivos. La planicie de inundación conservaba suficiente humedad como para sostener los plantíos hasta la temporada de cosecha, entre mediados de abril y principios de mayo. Después, el ciclo comenzaba de nuevo. El 17 de junio, incluso en tiempos modernos, se celebraba la 'Noche de la Caída', que fue "cuando la lágrima celeste cayó y provocó que creciera el Nilo".<sup>14</sup>

Los servicios ecosistémicos provistos por la inundación anual del Nilo fueron bien aprovechados por la antigua práctica agrícola egipcia, realizada tras el descenso de la inundación; los caudales máximos del río proporcionaban cerca de 10 millones de toneladas de sedimentos ricos en nutrientes a la planicie de inundación y otros 90 millones de toneladas al delta, lo cual reponía la fertilidad de la tierra de cultivo cada año. Asimismo, la crecida se llevaba una cantidad suficiente de las sales que se habían acumulado en la tierra; de este modo prevenían una severa salinización de suelos que, tanto en el pasado como en la actualidad, es un problema fastidioso para los agricultores en la mayoría de las regiones áridas. No es de sorprender que los antiguos egipcios adoraran y cantaran himnos en honor de Hapi, el dios del Nilo. La inundación del Nilo y la utilización sustentable de la misma mantuvo el valle del Nilo en cultivo ininterrumpido durante un periodo de cinco mil años; el más largo de cualquier otro lugar sobre la Tierra.<sup>15</sup>

En los últimos años, varios investigadores han tratado de cuantificar el valor de los ecosistemas en planicies de inundación específicas y las actividades que sustentan, de tal manera que puedan comparar estos beneficios con aquellos obtenidos en los proyectos convencionales de 'desarrollo' de los ríos. Con base en el modelo de desarrollo fluvial de occidente, dichos proyectos en África y otros sitios implican la eliminación de las inundaciones, mediante la construcción de una presa y un embalse destinados a almacenar el agua para la producción hidroeléctrica y la agricultura de riego. Muchas planicies de inundación de África se están degradando o destruyendo por completo a causa de estos proyectos, de la misma manera que muchas de las planicies de inundación de Estados Unidos y Europa fueron destruidas con anterioridad, durante el siglo XX.

Un caso de este tipo se ubica en el noreste de Nigeria donde hay una extensa planicie de inundación en la confluencia de los ríos Hadejia y Jamaari en la cuenca del lago Chad. Esta planicie de inundación provee de alimentación y fuentes de ingreso a muchos nigerianos rurales, quienes la utilizan para apacentar a sus animales, cultivar cosechas, recolectar leña y pescar. La planicie de inundación recarga los acuíferos regionales, vitales para el abastecimiento de agua en épocas de sequía. Los humedales Hadejia y Jamaari también proporcionan pastura a los pastores seminómadas durante las temporadas de secas y un hábitat crucial para las aves acuáticas migratorias. Con el incremento de la amenaza a la planicie de inundación, debido a las presas y proyectos de irrigación aguas arriba, tanto existentes como proyectados, los investigadores Edward Barbier y Julian Thompson evaluaron los beneficios económicos de la utilización directa de la planicie de inundación, sobre

todo para la agricultura, la leña y la pesca, y los compararon con los beneficios económicos de los proyectos de irrigación. Encontraron que los beneficios económicos netos proporcionados por el uso de la planicie de inundación natural superaron más de sesenta veces los proveídos por el proyecto de irrigación (analizados durante periodos tanto de treinta como de cincuenta años). Puesto que el agua es un factor limitante en la región, Barbier y Thompson también compararon las opciones por unidad de agua y descubrieron que los beneficios de la planicie de inundación variaban entre 9,600 y 14,500 dólares estadounidenses por metro cúbico, en comparación con los 26 a 40 dólares por metro cúbico, obtenidos del proyecto de irrigación. Si Barbier y Thompson hubieran sido capaces de estimar el suministro de hábitat, la recarga de aguas subterráneas y otros beneficios de ecosistemas vitales, proporcionados por la planicie de inundación intacta, la disparidad en los valores habría sido aún mayor.<sup>16</sup>

Asimismo, el reconocimiento del valor de los ríos y las planicies de inundación saludables cada vez adquiere más reconocimiento en Estados Unidos. Entre 1990 y 1997, las inundaciones causaron daños por un total de casi 34 mil millones de dólares estadounidenses, a pesar de los gastos públicos destinados a obras de ingeniería hidráulica en las últimas seis décadas, mismos que excedieron la cantidad antes mencionada.<sup>17</sup> La Gran inundación norcentral de 1993, que causó daños a la propiedad de entre 12 y 16 mil millones de dólares, ha suscitado un nuevo interés por replantear la gestión de los ríos, con miras a restablecer y proteger la reducción natural de las inundaciones, el hábitat y otros beneficios provenientes de las planicies de inundación naturales. Después de la inundación, los investigadores estimaron que la restauración de 5,3 millones de hectáreas de humedales en la cuenca superior del río Mississippi, costaría entre dos o tres mil millones de dólares, cifra que habría sido suficiente para reducir sustancialmente las inundaciones.<sup>18</sup> De acuerdo con el *U.S. National Research Council* (Consejo Nacional de Investigación de Estados Unidos), la restauración de cerca de la mitad del área de humedales que se ha perdido en la región continental de Estados Unidos, afectaría a menos de 3 por ciento de las tierras utilizadas para la agricultura, la silvicultura, y los asentamientos urbanos; con esto, sugieren que existe una gran posibilidad de recuperar de manera rentable, la reducción de las inundaciones y otros servicios ecosistémicos de los humedales ribereños.<sup>19</sup>

Así como las grandes inundaciones llaman la atención sobre la importancia de las planicies de inundación saludables, la disminución de los deltas y los estuarios costeros centra cada vez más el interés en la conexión de los ríos con el mar. Los

tiempos y el volumen de los cauces de agua dulce hacia el ambiente costero son factores clave que influyen en la productividad de los estuarios y deltas. Entre los servicios ecosistémicos naturales más importantes que realizan los ríos, se encuentran el mantenimiento de los gradientes de salinidad y la entrega de nutrientes, sedimentos y organismos hacia el ambiente costero. En los últimos años, la falta de cauce natural a través de los deltas del Ganges, Indo, Amu Daria, Sir Daria, ríos Sacramento, San Joaquín y Colorado, sólo por nombrar algunos, ha causado dramáticas disminuciones de la riqueza biológica y la productividad de estos ecosistemas tan importantes. Por ejemplo, tanto en los deltas del Ganges y el Indo, la reducción del flujo de agua dulce ha provocado que un frente salino circule a lo largo del delta, lo cual amenaza valiosos ecosistemas de manglar. Varios estudios realizados en Estados Unidos han documentado los vínculos que existen entre las grandes reducciones de los escurrimientos de agua dulce y la disminución de reservas pesqueras importantes; por ejemplo, la relación de los escurrimientos de los Everglades hacia la Bahía de Florida y la producción de camarón rosado en las zonas adyacentes del Golfo de México.<sup>20</sup>

¿Cuánto más tienen que destruirse los servicios ecosistémicos fluviales antes de que dejen de funcionar los sistemas de soporte de vida completos? No lo sabemos. Incluso si siguiéramos la regla de “remiendos inteligentes” del conservacionista Aldo Leopold, y guardáramos todas las piezas de la infraestructura de la naturaleza al tiempo que la desmantelamos, no tendríamos idea de cómo volver a armarla. Los servicios ecosistémicos fluviales, tan insustituibles y esenciales para la vida, caen en la importante categoría de los recursos a los que se les puede aplicar el “principio preventivo”; es decir, cometer el error de conservar más de lo que realmente necesitamos, en lugar de correr el riesgo de los altos e irreversibles costos de conservar muy poco.

## **LA ALTERACIÓN DE LOS CAUDALES NATURALES**

Las acciones humanas modifican los ríos de diversas maneras. La contaminación sin restricción disminuye la calidad del agua y reduce el oxígeno que necesitan los peces y otra vida ribereña. La introducción de especies no originarias, ya sea de manera accidental o intencional, cambia las relaciones entre depredadores y presas, al igual que otras interacciones entre las comunidades biológicas originarias (véase tabla 1.2). Sin embargo, la amenaza a la salud de los ríos que impera sobre todas las demás –una fuerza de disminución de ecosistema que, literalmente, ha alcan-

zado proporciones geológicas– es la alteración de los caudales de los ríos mediante diques, desviaciones, riberos y otras infraestructuras.

Se calcula que hoy en día unas 800 000 presas de todos tamaños interrumpen el caudal de los ríos del mundo.<sup>21</sup> Aproximadamente una cuarta parte del flujo de los sedimentos mundiales, arrastrados por las corrientes, quedan atrapados en los embalses en lugar de alimentar las planicies de inundación, los deltas y los estuarios.<sup>22</sup> Los científicos suecos Matts Dynesius y Christer Nilsson reportan que 77 por ciento de los grandes sistemas fluviales en los Estados Unidos, Canadá, Europa y la antigua Unión Soviética –esencialmente el tercio septentrional del mundo– están alterados moderada o fuertemente por las presas, embalses, desviaciones y proyectos de irrigación. Advierten que debido a la magnitud de las modificaciones de los ríos, hábitats vitales, como cascadas, rápidos y humedales de planicie de inundación podrían desaparecer por completo en algunas regiones, lo que traería como consecuencia la extinción de muchas especies de plantas y animales que dependen de hábitats de agua corriente.<sup>23</sup> Quizás el descubrimiento más impresionante acerca de la repercusión de los impactos hidrológicos causados por los seres humanos es que el peso de las aguas embalsadas en altas latitudes del hemisferio norte ha modificado ligeramente la inclinación del eje de la Tierra y ha incrementado la velocidad de rotación de la misma.<sup>24</sup>

**TABLA 1.2. AMENAZAS A LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL RÍO DEBIDO A ACTIVIDADES HUMANAS**

Actividades humanas	Impacto sobre los ecosistemas	Beneficios/ servicios en riesgo
Construcción de presas	Altera los tiempos y la cantidad de escurrimiento de los ríos, la temperatura del agua, la transportación de nutrientes y sedimentos, el reabastecimiento de los deltas; impide las migraciones de peces	Provisión de hábitat para las especies originarias, pesquerías comerciales y recreativas, sostenimiento de los deltas y su economía, productividad de las pesquerías de estuarios
Construcción de diques y riberos	Destruye la conectividad hidrológica que existe entre el hábitat de los ríos y el de las planicies de inundación	Hábitat, pesquerías deportivas y comerciales, recreación, fertilidad natural de las planicies de inundación, control natural de inundaciones
Desviaciones fluviales excesivas	Reduce los caudales a niveles perniciosos	Hábitat, pesquerías deportivas y comerciales, recreación, disolución de la contaminación, generación hidroeléctrica, transporte



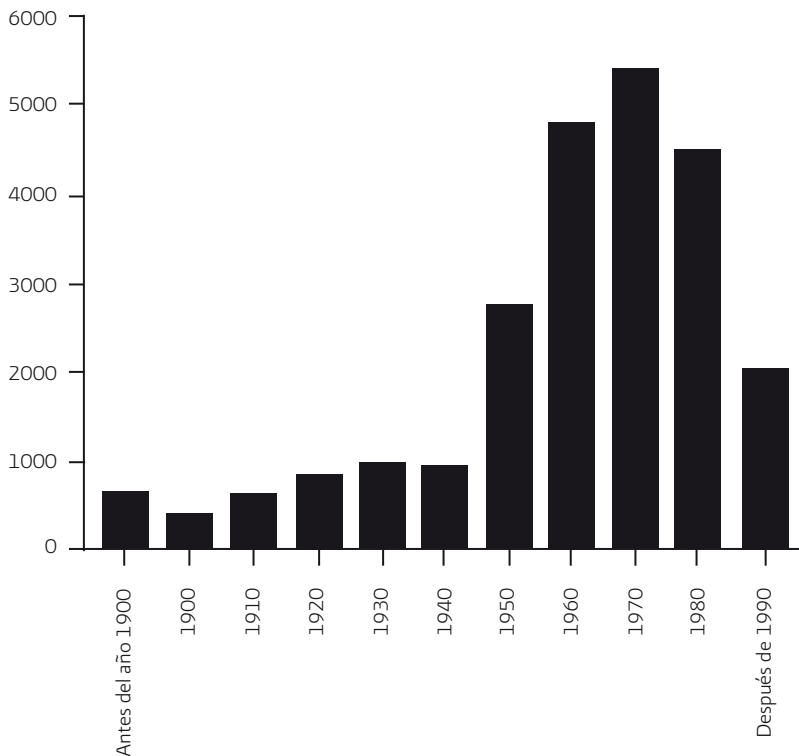
Tabla 1.2. CONTINÚA

Actividades humanas	Impacto sobre los ecosistemas	Beneficios/ servicios en riesgo
Drenado de humedales	Elimina componentes vitales del ambiente acuático	Control natural de inundaciones, hábitat para peces y aves acuáticas, recreación, purificación natural del agua
Deforestación/ mala utilización de las tierras	Altera los patrones de escurrimiento, inhibe las recargas naturales, llena de cieno los cuerpos de agua	Cantidad y calidad en el abastecimiento de agua, hábitat para peces y fauna y flora, transporte, control de inundaciones
Contaminación incontrolada	Disminuye la calidad del agua	Abastecimiento de agua, hábitat, pesquerías comerciales, recreación
Sobreexplotación	Merma las poblaciones de especies	Pesquerías deportivas y comerciales, aves acuáticas, otras poblaciones bióticas
Introducción de especies exóticas	Elimina las especies originarias, altera los ciclos de producción y de nutrientes	Pesquerías deportivas y comerciales, aves acuáticas, calidad del agua, hábitat para peces, fauna y flora, transporte
Diseminación de metales y contaminantes que forman ácidos en el aire y el agua	Altera la química de los ríos y los lagos	Hábitat, pesquerías, recreación, salud humana
Emisiones de contaminantes de aire que alteran el clima	Posibilita cambios dramáticos en los patrones de escurrimiento por el incremento de la temperatura y cambios en las precipitaciones	Abastecimiento de agua, generación hidroeléctrica, transporte, hábitat para peces, fauna y flora, disolución de la contaminación, recreación, pesquerías, control de inundaciones
Crecimiento de la población y del consumo	Incrementa la presión para represar y desviar más agua, para drenar más humedales, etcétera; incrementa la contaminación del aire, la lluvia ácida y potencia el cambio climático	Lugares en que prácticamente todos los servicios de ecosistema acuáticos están en riesgo

Fuente: Postel y Carpenter, 1997.

La gran mayoría de los impactos humanos sobre el cauce natural de los ríos se ha producido en el último siglo y sobre todo, en los últimos cincuenta años. El crecimiento demográfico y económico que surgió después de la Segunda Guerra Mundial, incrementó la demanda de irrigación, abastecimiento de agua y energía hidroeléctrica y dio pie a un auge sin precedentes en la construcción de presas y embalses (véase figura 1.1). El número de grandes presas (de por lo menos 15 metros de altura) en todo el mundo, se mantuvo en 5,000 durante 1950; las tres cuartas partes de éstas fueron en América del Norte, Europa y otras regiones industriales. En 2000, el número de grandes presas había aumentado a más de 45,000, distribuidas entre más de 140 países. En promedio, la sociedad humana ha construido dos grandes presas por día durante el último medio siglo.<sup>25</sup>

**FIGURA 1.1. CONSTRUCCIÓN DE PRESAS POR DÉCADA, EN TODO EL MUNDO. NOTA: NO ESTÁN INCLUIDAS LAS PRESAS DE CHINA. (FUENTE: *WORLD COMISSION ON DAMS* [COMISSION MUNDIAL DE PRESAS] 2000; FOTOGRAFÍA DE FONDO, CORTESÍA DE U.S BUREAU OF RECLAMATION).**



China, que alberga una quinta parte de la población mundial, ha construido casi la mitad de las grandes presas del mundo: unas 22,000 en total. El noventa por ciento han sido construidas a partir de 1950. Los Estados Unidos, con un poco más de 4 por ciento de la población mundial, ocupa el segundo lugar con casi 6,600 grandes presas, 14 por ciento del total de todo el mundo. India, con 17 por ciento de la población mundial, cuenta con 9 por ciento del total del planeta, es decir, aproximadamente 4,300 grandes presas. Según la Comisión Mundial de Presas, aproximadamente 40 por ciento de todas las grandes presas en construcción en el mundo están en India. Japón, con más de 2 600 grandes presas y España, con cerca de 1,200, ocupan los cinco primeros lugares<sup>26</sup> (véase tabla 1.3).

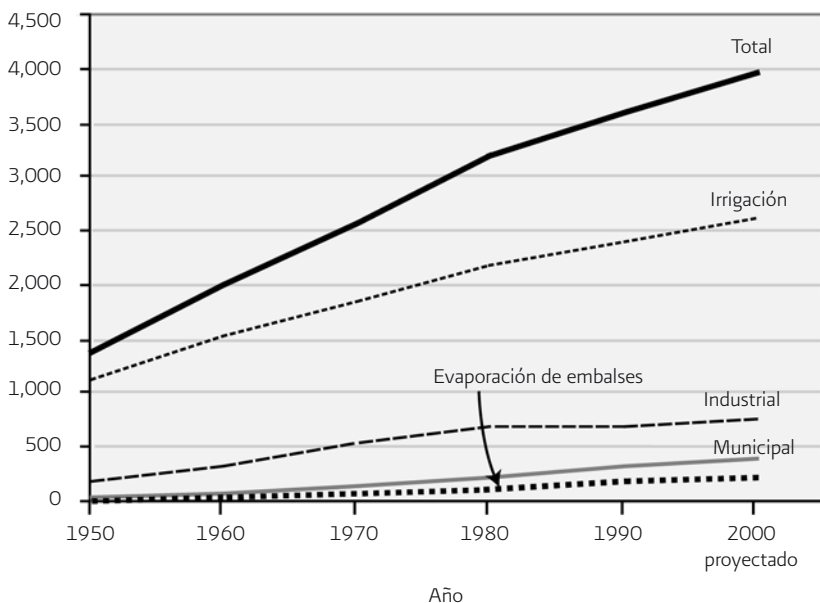
Sin lugar a dudas, las presas y los embalses proveen a las sociedades humanas y a sus economías de importantes beneficios. A través de la generación de energía hidroeléctrica proporcionan actualmente 19 por ciento del suministro de electrici-

**TABLA 1.3. DISTRIBUCIÓN MUNDIAL DE LAS GRANDES PRESAS POR PAÍS**

País	Número de presas grandes	Por ciento del total mundial
China	22,000	46.2
Estados Unidos	6,575	13.8
India	4,291	9.0
Japón	2,675	5.6
España	1,196	2.5
Canadá	793	1.7
Corea del Sur	765	1.6
Turquía	625	1.3
Brasil	594	1.3
Francia	569	1.2
Sudáfrica	539	1.1
México	537	1.1
Italia	524	1.1
Reino Unido	517	1.1
Australia	486	1.0
Otros	4,969	10.4
Total mundial	47,655	100.0

Fuente: *World Commission on Dams* (Comisión Mundial de Presas), 2000.

FIGURA 1.2. CÁLCULO GLOBAL DE EXTRACCIÓN DE AGUA, 1950-2000



Fuente: Shiklomanov 1996.

dad mundial. Una de cada tres naciones depende de la energía hidroeléctrica para satisfacer por lo menos la mitad de su demanda de electricidad. Asimismo, las presas y embalses, al capturar y almacenar los caudales de inundación para utilizarlos después, han contribuido al suministro mundial de agua para usos urbanos, industriales y agrícolas. A partir de 1950 la demanda de agua se ha triplicado en todo el planeta y las presas y las desviaciones fluviales han ayudado a satisfacerla (véase figura 1.2). Cerca de la mitad de las presas grandes del mundo fueron construidas exclusiva o principalmente para la irrigación; muchas de ellas en Asia al propagarse la Revolución Verde. Hoy en día se calcula que las presas grandes contribuyen directamente entre 12 y 16 por ciento a la producción mundial de alimentos.<sup>27</sup>

Sin embargo, en el libro mayor, las presas y otras infraestructuras quedan dentro de la columna de los costos, pues está demostrado que son las principales destructoras del hábitat acuático y de los servicios ecosistémicos. Ya sea que una presa se construya y opere para controlar inundaciones, para generar energía hidroeléctrica, para la irrigación, el abastecimiento de agua o la navegación, el patrón natural de escurrimiento del río se altera durante todo el año.

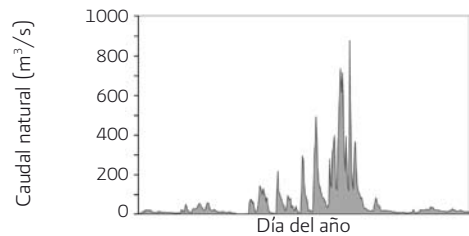
Cada río tiene un sello de caudal característico determinado por el clima, la geología, la topografía, la vegetación y otras características naturales de su cuenca. Este sello puede describirse por un hidrógrafo –representación gráfica del caudal en un punto específico del cauce, con referentes temporales– (véase figura 1.3). En climas monzónicos, por ejemplo, los caudales llegan a su pico máximo durante la temporada de lluvias y luego descienden a niveles muy bajos durante la estación de secas. Del mismo modo, los ríos alimentados principalmente por acumulaciones de nieve de montaña, por lo general llegan a su caudal más elevado durante la temporada en que se derrite la nieve en primavera y después caen a niveles bajos durante el verano. Generalmente, en los lugares donde no hay un deshielo significativo ni una temporada de lluvias bien definida, los caudales de los ríos no varían tanto entre estaciones, sino que aumentan y disminuyen junto con los eventos de precipitación en la cuenca. Si bien un hidrógrafo anual puede captar el patrón de escurrimiento característico de un río, para captar los fenómenos extremos como inundaciones altas o sequías muy graves, que llegan a ocurrir una vez cada medio siglo y que constituyen una parte importante del régimen natural de caudal del río, es necesario contar con un registro que abarque varias décadas.

Cada uno de los componentes del hidrógrafo de un río: los niveles altos, los bajos y los intermedios es importante para la salud del sistema fluvial y la vida dentro de éste (véase la figura 1.4). Algunas de las funciones vitales de las grandes inundaciones son: depositar grava y guijarros en las zonas de desove, verter material orgánico, es decir, alimento para las criaturas acuáticas en el canal fluvial, activar a los insectos a iniciar una nueva fase de su ciclo de vida y transmitir señales de migración y desove a los peces. Las crecidas que ocurren con más regularidad moldean el carácter físico del canal fluvial, incluyendo los estanques y los rápidos y oxigenan los huevos depositados en la grava de las zonas de desove. Los flujos mínimos, también conocidos como escurrimientos basales, determinan cuánto espacio de hábitat hay disponible para los organismos acuáticos, mantienen una temperatura y calidad de agua adecuada y permiten que los peces se desplacen hacia las zonas de desove o alimentación. Los caudales de estiaje que ocurren de forma natural, también son importantes; por ejemplo, para el reclutamiento de ciertas plantas de planicie de inundación y para purgar al río de especies invasoras.

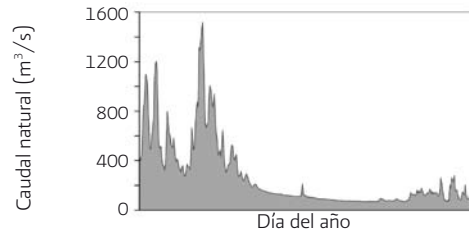
Las presas y otras infraestructuras que alteran el patrón natural de escurrimiento de un río, perturban muchos de estos procesos de soporte de ecosistema (véase la figura 1.5). Por ejemplo, los diques y riberos construidos para control de inundaciones, contraen los caudales máximos y desconectan al río de su planicie de inun-

FIGURA 1.3. HIDRÓGRAFOS DE RÍOS DEL MUNDO. CADA UNO DE ESTOS CUATRO HIDRÓGRAFOS REPRESENTA LAS VARIACIONES DEL CAUDAL DE UN RÍO EN EL TRANSURSO DE UN SÓLO AÑO, MISMAS QUE SE VEN INFLUENCIADAS POR DIFERENTES CLIMAS Y POR EL TAMAÑO DE LAS CUENCAS. EL RÍO COREANO ES RELATIVAMENTE PEQUEÑO Y AUMENTA SU CAUDAL RÁPIDAMENTE EN RESPUESTA A LAS TORMENTAS ESTACIONALES QUE SE PRODUCEN A MITAD DEL AÑO. EL RÍO BRASILEÑO ACUMULA ESCURRIMIENTOS ALIMENTADOS POR LLUVIA, QUE PROVIENEN DE UNA CUENCA MÁS GRANDE; EL CRECIMIENTO DE SU CAUDAL ES MÁS GRADUAL Y PROLONGADO Y SE PRODUCE A PRINCIPIO DE AÑO. EL RÍO YAMPA EN COLORADO SE ALIMENTA DE LA FUSIÓN DE NIEVE Y PRODUCE UN PICO DE CAUDAL DEFINIDO DE LARGA DURACIÓN, A FINALES DE LA PRIMAVERA. EL RÍO MISSISSIPPI RECIBE AGUA DE MUCHOS AFLUENTES Y SU CAUDAL AUMENTA CON LENTITUD HACIA UN PICO A MEDIADOS DE AÑO.

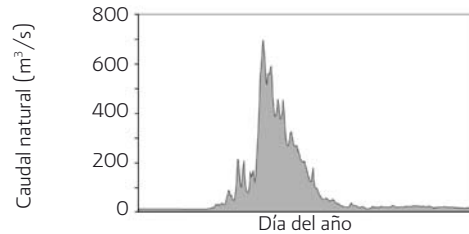
Río Nam-Gang, Corea



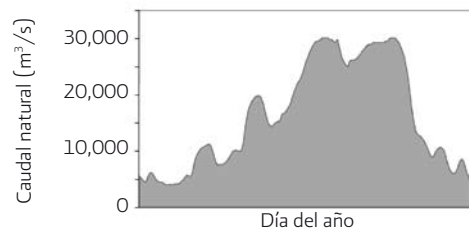
Río Cuiabá, Brasil



Río Yampa, Colorado, Estados Unidos



Río Mississippi, Estados Unidos



dación. La eliminación de los cauces de inundación de porciones extensas de los ríos ubicados en la región norcentral de los Estados Unidos, ha contribuido a poner en riesgo a los peces de la pradera que alevinan durante las inundaciones y dependen de las corrientes de agua para llevar su hueva flotante hasta que eclosione.<sup>28</sup> Las presas construidas principalmente para almacenar agua para irrigar, contraen los caudales máximos y reducen excesivamente los escurrimientos basales durante la temporada de riego en verano. Antes de la construcción de la presa superior de Asuán en el río Nilo en Egipto, la proporción de las crecidas y los escurrimientos basales era en promedio de 12:1; después de la construcción de la presa, la proporción disminuyó a 2:1.<sup>29</sup> Es bien sabido que cuando el agua de los embalses de las presas hidroeléctricas se libera repentinamente, con la finalidad de cubrir demandas pico de electricidad, causan oscilaciones enormes y completamente antinaturales en el cauce natural.

Con base en una extensa revisión global de los impactos ecológicos causados por la alteración del caudal, los científicos australianos Stuart Bunn y Angela Arthington han propuesto cuatro principios fundamentales que explican por qué las modificaciones de caudal han sido tan devastadoras para las especies y ecosistemas de agua dulce.<sup>30</sup> Primero: puesto que los escurrimientos –sobre todo los de las inundaciones– forman los hábitats físicos de los ríos y sus planicies de inundación, sus cambios afectan la distribución y abundancia de plantas y animales, y pueden eliminar por completo a las especies que dependen de estos hábitats ya que, después de la alteración del caudal, dejan de estar disponibles. Segundo: las especies acuáticas han desarrollado estrategias de supervivencia y de reproducción adaptadas a las condiciones del cauce natural. Si ya no existen las condiciones necesarias para que una especie complete exitosamente su ciclo de vida, las especies disminuyen o desaparecen con rapidez. Tercero: en épocas críticas del año, muchas especies requieren de una profundidad de agua adecuada que facilite su movimiento río arriba, río abajo y lateralmente desde el canal hacia las planicies aluviales; las alteraciones al caudal inhiben estos movimientos e impiden que lleguen a los sitios de alimentación y fertilización, vitales para su crecimiento y reproducción. Cuarto: con frecuencia, las condiciones de escurrimiento natural modificadas favorecen a las especies no nativas que han sido introducidas a los sistemas fluviales, ejerciendo más presiones de supervivencia a las especies nativas.

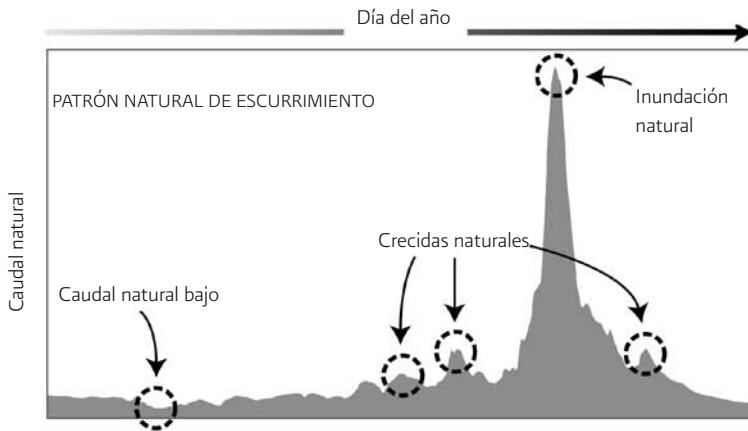
Tengamos en cuenta la cadena de efectos que surgieron en el río Colorado después de terminada la presa Glen Canyon río arriba del Gran Cañón, en 1963.<sup>31</sup> Con el cierre de las puertas de la presa, las aguas antes lodosas y rojizas pronto

empezaron a fluir cristalinas y color verde esmeralda, completamente libres de los sedimentos que dieron el nombre al río. Antes de la construcción de la presas las temperaturas del agua fluctuaban de manera natural a lo largo del año, entre el punto de congelación y 30 grados Celsius (85 grados Fahrenheit). Sin embargo, en la actualidad, el agua que se libera por la tubería de la presa, a 60 metros bajo la superficie del lago Powell, tiene una temperatura estable y fría de 9 grados Celsius. La luz del Sol, que antes se reflejaba en la superficie opaca del río, empezó a penetrar profundamente el agua clara, lo cual provocó un crecimiento explosivo de las plantas acuáticas sumergidas y de insectos, que a su vez alteraron fundamentalmente las redes naturales de alimenticias. Los peces nativos que se habían adaptado a las aguas cenagosas del río y localizaban su alimento por medios no visuales, fueron devorados y sacados de la competencia muy rápido por las especies no nativas introducidas, tales como carpas y truchas, que de pronto podían ver a sus presas en las aguas claras. De los ocho peces originarios que existían en el río antes de 1953, en la actualidad sólo quedan tres que aún son abundantes; los demás están extintos en la localidad o hacen grandes esfuerzos para resistir.





La presa Glen Canyon también redujo drásticamente las inundaciones naturales del Colorado, las cuales promediaban 2,550 metros cúbicos por segundo (90,000 pies cúbicos por segundo) antes de 1963. Los caudales después de erigida la presa, no se determinaron por el deshielo y otras condiciones naturales, sino por las liberaciones provenientes de las turbinas de la presa hidroeléctrica. Estas descargas fluctuaban enormemente cada día del año; las crecidas diarias eran treinta veces más grandes que las bajas. Estos drásticos cambios en el nivel del río convirtieron

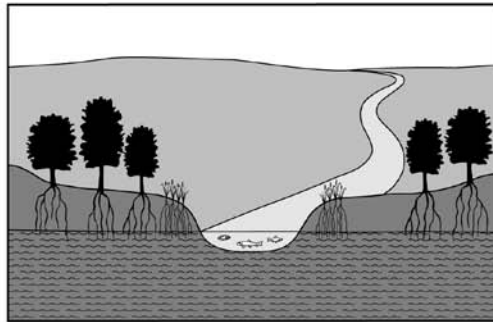
**FIGURA 1.4. (PÁGINA SIGUIENTE). FUNCIONES DE ECOSISTEMA SUSTENTADAS POR LOS ESCURRIMIENTOS NATURALES DEL RÍO. EL RÉGIMEN DE CAUDALES NATURALES SUSTENTA NUMEROSAS E IMPORTANTES FUNCIONES DE LOS ECOSISTEMAS. DURANTE LOS ESCURRIMIENTOS BASALES NORMALES, LOS PECES Y OTRAS CRIATURAS DE AGUA DULCE TIENEN SUFICIENTE ESPACIO PARA ALIMENTARSE Y REPRODUCIRSE, Y LA PROFUNDIDAD DE AGUA ADECUADA PARA MOVERSE RÍO ARRIBA Y RÍO ABAJO PARA ENCONTRAR ALIMENTO O PROCREACIÓN. LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS PERMANECEN LO SUFICIENTEMENTE ALTAS PARA SUSTENTAR LA VEGETACIÓN DE LAS PLANICIES DE INUNDACIÓN. LAS CRECIDAS LAVAN LOS RESIDUOS Y RESTAURAN LA CALIDAD DEL AGUA, FORMAN EL CANAL FLUVIAL Y TRANSPORTAN ALIMENTOS A TODO EL SISTEMA HÍDRICO. LAS INUNDACIONES ESTIMULAN LAS MIGRACIONES DE PECES Y PERMITEN QUE ÉSTOS Y OTRAS CRIATURAS MÓVILES SE DESPLACEN HACIA LAS ZONAS DE PLANICIE DE INUNDACIÓN TIBIAS Y RICAS EN NUTRIENTES PARA ALIMENTARSE Y ALEVINAR.**









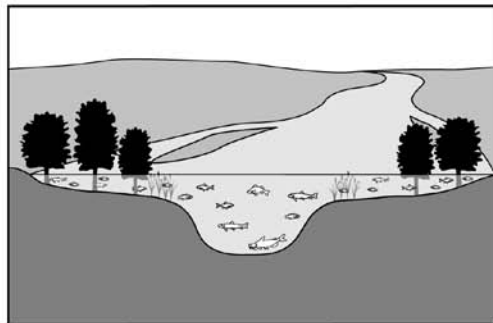
### Caudal natural bajo

-  Los peces tienen suficiente oxígeno y pueden moverse río arriba o abajo para alimentarse
-  Vegetación ribereña sustentada por aguas subterráneas someras
-  Los insectos se alimentan con material orgánico arrastrado río abajo
-  Los pájaros se alimentan de plantas ribereñas saludables y presas acuáticas



### Caudal natural

-  Los peces pueden alimentarse y desovar en las zonas de la planicie de inundación
-  Las semillas de las plantas ribereñas germinan sobre los sedimentos depositados por las inundaciones
-  Los insectos emergen del agua para completar su ciclo de vida
-  Las aves zancudas y las aves acuáticas se alimentan de peces y plantas de las zonas someras inundadas

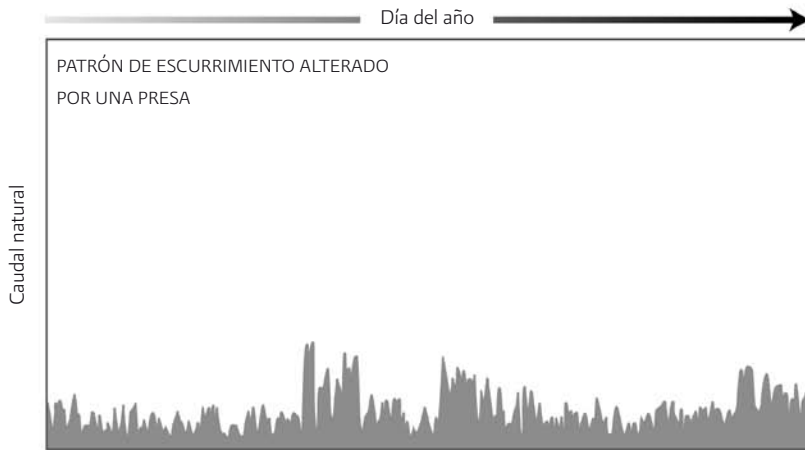


los márgenes fluviales en una trampa mortal para los peces larvarios e insectos que con anterioridad habían utilizado las orillas lentas y someras del canal como sitio de reproducción y refugio contra los depredadores. Los insectos acuáticos se quedaban abandonados o se los llevaba la corriente cuando no podían moverse con suficiente rapidez para seguir el borde del río que era muy transitorio. Cuando los caudales del río descendían rápidamente, peces diminutos eran arrastrados hacia el canal principal infestado de depredadores.

La presa también obstruyó el sistema transportador masivo del río que previamente había arrastrado corriente abajo un promedio de 380,000 toneladas de sedimentos –cinco veces el peso del H.M.S. Titanic– al día. Con el sedimento acumulándose detrás de la presa del lago Powell, no quedaba nada de éste para sustituir la arena y grava que eran arrastradas por las aguas que liberaba el embalse. Como resultado de ello, a pocos años del cierre de las puertas de la presa, el lecho del río aguas abajo se socavó más de nueve metros. El hábitat dinámico y diverso del canal, que había ofrecido opciones de soporte de vida para una amplia variedad de especies, se convirtió rápidamente en un canal homogéneo y estable. De forma más gradual, el río ha erosionado playas de arena masivas que son muy apreciadas por quienes corren a las márgenes del río para acampar; playas que además proporcionan hábitat vital para la vegetación ribereña, los insectos, lagartijas, sapos, pequeños mamíferos y aves.

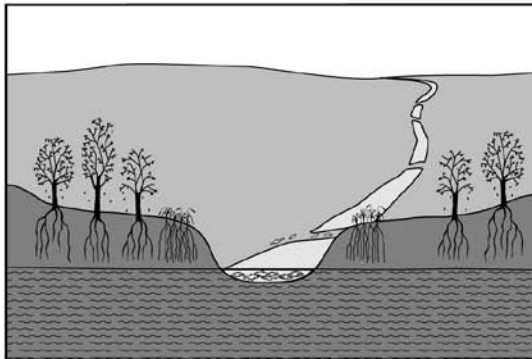
El tipo de cambios ecológicos que se han producido en el río Colorado se han repetido en uno y otro de los sistemas de río alrededor del mundo, debido a la alteración de los caudales para adecuarlos a las necesidades humanas. Así como cada

**FIGURA 1. 5. UNA REPRESA GRANDE ALTERA LOS CAUDALES DE LOS RÍOS Y PERTURBA LAS FUNCIONES DE LOS ECOSISTEMAS. ESTE HIDRÓGRAFO CORRESPONDE AL MISMO RÍO PRESENTADO EN LA FIGURA 1-4, PERO SU PATRÓN DE ESCURRIMIENTO HA SIDO MUY ALTERADO POR LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PRESA HIDROELÉCTRICA AGUAS ARRIBA. EL FUNCIONAMIENTO DE LA PRESA PROVOCA QUE EL CAUDAL DEL RÍO FLUCTÚE ERRÁTICAMENTE. LOS ESCURRIMIENTOS BASALES NO NATURALES CAUSAN LA MUERTE DE PECES Y AGOTAN LAS POBLACIONES DE ESPECIES SENSIBLES A LAS TEMPERATURAS DE AGUA MÁS ALTAS Y A CONDICIONES MÁS BAJAS DE OXÍGENO. LOS MANTOS FREÁTICOS DESCIENDEN CUANDO EL RÍO NO LAS RECARGA, Y DESECA LA VEGETACIÓN DE LA PLANICIE DE INUNDACIÓN. SIN CAUDALES MÁS ALTOS, LA VEGETACIÓN INVADIRÍA EL CANAL DEL RÍO Y ASÍ SE REDUCE AÚN MÁS EL ESPACIO PARA EL HÁBITAT ACUÁTICO. AL NO HABER CRECIDAS, LAS CONDICIONES DE ESTRÉS ASOCIADAS CON LOS ESCURRIMIENTOS BASALES PUEDEN DURAR LARGOS PERÍODOS DE TIEMPO. AL NO HABER INUNDACIONES, MUCHAS ESPECIES DE PECES NO PUEDEN ENTRAR A LAS PLANICIES DE INUNDACIÓN PARA DESOVAR O ALIMENTARSE.**



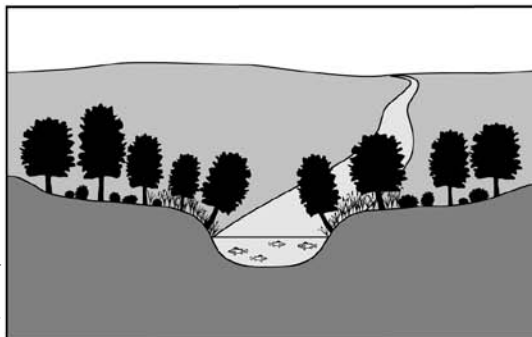
### Escurrecimientos basales inadecuado

- Los peces están hacinados en agua de baja calidad; no pueden moverse hacia otras zonas alimenticias
- Las plantas ribereñas se marchitan cuando la tabla de agua descienden a niveles muy bajos
- Los insectos sufren cuando los niveles del agua suben y bajan de manera errática
- Los pájaros no pueden alimentarse, descansar o reproducirse en la copa de los árboles



### Ausencia de inundaciones

- Los peces no pueden entrar a las zonas de planicie de inundación para alimentarse y desovar
- La vegetación ribereña invade el canal de los ríos
- Los hábitats de los insectos están completamente llenos de cieno y arena
- Muchas aves no pueden utilizar las zonas ribereñas cuando cambian las especies de plantas



río tiene un sello de caudal característico, cada uno tendrá una respuesta distinta a las irrupciones humanas en su régimen de caudales; sin embargo, en casi todos los casos el resultado será la pérdida de la integridad ecológica y la disminución de la salud del río. Además de dañar a los ecosistemas en sí mismos, estas transformaciones también destruyen muchos de los valiosos bienes y servicios de los cuales dependen las personas y las economías.

Por ejemplo, en la cuenca del río Mekong ubicado en el sureste de Asia, más de 50 millones de personas dependen de los peces para alimentarse y como medio de subsistencia. El noventa por ciento de estos peces alevinan en los campos y los bosques que se inundan naturalmente bajo el régimen fluvial. Mas con el proyecto de construcción de numerosas presas y las desviaciones en la parte baja del sistema Mekong, peligran las fuentes de subsistencia de las personas en la región. La pesca se redujo drásticamente, por ejemplo, en 1944, tras la terminación de la presa Pak Mun en el río Mun, un gran afluente del Mekong, en Tailandia; el mismo caso se dio en 1998, cuando culminó el proyecto hidroeléctrico de Nam Theun Hinboun, en el río Theun, otro afluente del Mekong, en Laos. Nam Theun Hinboun fue construida a pesar de los pronósticos que indicaban que durante los tres meses de temporada de secas, el río debajo de la presa quedaría reducido a una serie de estanques, perturbando el hábitat de 140 especies de peces.<sup>32</sup> En el Río Grande que conforma 2,019 kilómetros de la frontera internacional entre Estados Unidos y México, la pérdida de caudales de inundación debido al funcionamiento de presas y embalses ha inhabilitado al río para mover las enormes cantidades de sedimento arrastrado por sus afluentes. Como consecuencia, cuando las aguas de inundación entran al canal que está obstruido, se derraman a lo largo de la superficie, causando daños económicos generalizados.<sup>33</sup>

Los sistemas fluviales en los que las presas, los diques o la canalización excesiva han destruido la conectividad entre el río y la planicie de inundación, tienen además una capacidad muy reducida para purificar el agua a medida que se mueve a través de una cuenca; éste es un servicio ecosistémico muy valioso. Si los ríos ya no se dispersan sobre sus planicies de inundación, sus cargas de nutrientes no pueden ser aprovechadas ni depuradas por las comunidades de plantas de que allí habitan. En lugar de esto, los cauces arrastran las pesadas cargas de contaminantes río abajo. En la región norcentral de los Estados Unidos, los agricultores de maíz y soya aplican grandes cantidades de fertilizante a sus tierras, por lo que la pérdida de este importante servicio ecosistémico causa un daño de contaminación mucho mayor, río abajo. Más de 90 por ciento de la afluencia de agua dulce hacia el Golfo de México se

origina en la cuenca del río Mississippi, que drena aproximadamente 40 por ciento de la superficie terrestre de la parte continental de Estados Unidos.<sup>34</sup> Se estima que la cantidad de nitrógeno en la desembocadura del Mississippi es del doble o el triple de antes del desarrollo. Estos nutrientes contribuyen a la proliferación de algas y a la consiguiente 'zona muerta' en el Golfo de México, cuyo bajo contenido de oxígeno mata a los peces y a otra vida acuática.<sup>35</sup> Las cantidades de nitrógeno arrastradas por los ríos hacia las costas se han incrementado en extremo en muchas de las cuencas más contaminadas y perturbadas del mundo, entre las que se incluyen los mares Adriático, Báltico y Negro en Europa, así como el Golfo de México.<sup>36</sup>

En muchos lugares del mundo, el exceso de desviaciones de agua y la desconexión entre los caudales de los ríos y los deltas y estuarios, también plantean graves amenazas, tanto para la vida acuática como para valiosos servicios ecosistémicos. En los sistemas fluviales estuarinos, la reducción en la salida de agua dulce provoca con frecuencia que el agua salada penetre tierra adentro y aumenten los niveles de salinidad de los humedales salobres y de las aguas de estuarios. Un ejemplo de esto es el delta de la bahía de San Francisco, California, donde los cauces de los ríos se desviaron del delta con el propósito de aumentar el abastecimiento de agua para los agricultores del Valle Central y los habitantes del sur de California. Esta desviación ha provocado que la zona donde se mezclan el agua dulce con el agua salada se desplace al interior desde las ensenadas someras de la Bahía de San Francisco hasta los estrechos y profundos canales del delta, que son menos hospitalarios para las especies de estuarios.<sup>37</sup> Esta pérdida de hábitat ha orillado al esperlano delta al borde de la extinción, así como las grandes bombas de agua que han matado a un gran número de estos peces. De manera similar, el sistema fluvial del delta Ganges-Brahmaputra, que es el sistema deltaico más grande del mundo, está en un grave estado de deterioro ecológico. Las desviaciones fluviales han reducido mucho la salida de agua dulce a través del delta hacia la Bahía de Bengala, lo cual ha causado que un frente salino avance a lo largo de la región occidental del delta, dañando los manglares y un valioso hábitat de peces.<sup>38</sup> Cerca de 5 millones de personas en situación de pobreza en Bangladesh dependen de la pesca y de otros usos del delta como medio de subsistencia.<sup>39</sup>

## **LA VIDA DEL AGUA DULCE ESTÁ EN PELIGRO**

Al tiempo que las presas y otras infraestructuras han modificado los hábitats y las condiciones de caudal natural, a los que las especies se han adaptado durante miles

de años, son cada vez más las formas de vida que han entrado en una situación de deterioro peligroso y muchas otras están en peligro de extinción. Las comunidades de agua dulce saludables realizan mucho del trabajo de la naturaleza; su alteración, causada por la pérdida de especies clave, es causa y consecuencia de la disminución de la salud del río. Una mirada a la situación en la que se encuentra la biodiversidad de agua dulce, puede servir como testimonio del impacto que tienen actualmente las modificaciones del cauce de los ríos y también como señal de alerta de que la salud de los ecosistemas empeorará, al menos que las tendencias críticas den marcha atrás.

Los ecosistemas de agua dulce representan menos de 1 por ciento de toda la región de hábitat en la Tierra, en comparación con cerca de 28 por ciento de los ecosistemas terrestres y 71 por ciento de los marinos. Sin embargo, la riqueza de especies en relación con la extensión de hábitat es mayor en los ecosistemas de agua dulce que en cualquiera de los otros dos. Los ecosistemas de agua dulce tienen una densidad de especies mayor que los sistemas terrestres o marinos; son albergue para 2 a 4 por ciento de todas las especies conocidas en el mundo, pero abarcan sólo 0.8 por ciento del total del área de hábitat de la Tierra.<sup>40</sup> Esto quiere decir que una parte significativa de la variedad de vida de agua dulce puede extinguirse con la pérdida de porciones relativamente pequeñas de este hábitat. Muchas especies pueden perderse, incluso antes de que se encuentren o se nombren: en efecto, durante las dos últimas décadas, los científicos han descrito cerca de trescientas nuevas especies de agua dulce al año.<sup>41</sup>

Lamentablemente, es imposible hacer una extensa evaluación global de la biodiversidad de agua dulce, porque no se tienen los datos de la mayoría de los países pobres, de los de ingresos medios e inclusive, de muchos de los países ricos. Sin embargo, los investigadores calculan que durante las últimas décadas por lo menos un 20 por ciento de las diez mil especies piscícolas de agua dulce del mundo, se han convertido en especies en peligro, con amenazas de extinción o se han extinguido ya.<sup>42</sup> También se piensa que una importante, aunque desconocida porción de mejillones, aves, anfibios, plantas y otras especies que dependen de los hábitats de agua dulce están en peligro.

En América del Norte, región para la cual se cuenta con datos más completos de biodiversidad, es más evidente el alto grado de amenaza en que se encuentra la vida de agua dulce. Desde 1900, por lo menos 123 especies de peces de agua dulce de América del Norte: moluscos, cangrejos y anfibios, se han extinguido. Los biólogos Anthony Ricciardi y José Rasmussen estiman que durante las últimas

décadas, las especies de animales de agua dulce de esta región se han extinguido en una tasa promedio de 0.5 por ciento por década y calculan que este índice aumentará, en un futuro próximo, cerca de 3.7 por ciento por década.<sup>43</sup> El cálculo del índice de extinción es aproximadamente cinco veces mayor que el previsto para las especies terrestres, lo cual sugiere que la variedad de vida de agua dulce en América del Norte está más en riesgo en proporción con la de la vida terrestre. Aún más alarmante: la tasa relativa de pérdida de especies de agua dulce en América del Norte puede compararse con la de las especies de las selvas tropicales, mismas que se reconocen como los tipos de ecosistema más estresados del planeta. Aunque los bosques tropicales contienen muchas más especies que las aguas dulces de América del Norte, parece ser que cada uno de estos ecosistemas pierde diversidad de especies a un ritmo comparable.

Estados Unidos es reconocido como un centro mundial de biodiversidad de agua dulce. Ocupa el primer lugar en el mundo en cuanto a la cantidad de especies conocidas de mejillones, caracoles y salamandras de río, así como de tres grupos importantes de insectos: moscas *caddis*, efímeras y plecópteras o *stoneflies*. Las aguas dulces de este país albergan trescientas excepcionales especies de mejillones; 29 por ciento de las que se conocen en todo el mundo, y casi el doble de las que se sabe viven en Europa, África, India y China. Ocupa el séptimo lugar mundial en diversidad de peces de agua dulce, con un aproximado de ochocientas especies, pero tiene, sin lugar a dudas, el conjunto más diverso de peces de cualquier país templado. Es más, una de sus vías fluviales, el Duck River en Tennessee contiene más especies piscícolas que toda Europa. Un tipo de perca, los *darters*, constituye el género único más diverso de peces de EU y la mayoría de sus 125 especies son endémicas, es decir, no se encuentran en ningún otro país. En efecto, Estados Unidos posee un alto grado de endemismo de vida de agua dulce en general: por ejemplo, dos terceras partes de los peces de río del país, sólo se encuentran en sus aguas.

Hasta la fecha, Estados Unidos ha demostrado ser un mal administrador de su rico y globalmente importante patrimonio de vida de agua dulce. En el estudio más completo realizado hasta ahora acerca del estatus de la diversidad biológica del país, los investigadores de *The Nature Conservancy* y de la *Association for Biodiversity Information* (Asociación de Información sobre la Biodiversidad) encontraron que de los catorce grupos principales de vida vegetal y animal en los Estados Unidos, los cinco con mayor cantidad de especies en peligro corresponden a fauna que depende, durante todo o parte de su ciclo vital, de los sistemas de agua dulce<sup>44</sup> (véase cuadro 1,4). De los mejillones de río, un sorprendente 69 por ciento están

en riesgo de extinción en cierto grado, al igual que 51 por ciento de cangrejos, 37 por ciento de peces de agua dulce y 36 por ciento de anfibios, en comparación con 33 por ciento de las plantas que florecen, 16 por ciento de mamíferos y 14 por ciento de aves. Por otra parte, de las cuatro categorías de riesgo: posiblemente extintas, en peligro, amenazadas y vulnerables, los organismos dependientes de agua dulce tienden a tener porcentajes más altos en las categorías de mayor riesgo, a diferencia de otros grandes grupos de especies. Por ejemplo, 38 por ciento de las especies de mejillones de río de la nación están en peligro o posiblemente extintas, al igual que 18 por ciento de cangrejos y 14 por ciento de los peces de agua dulce. En comparación, 8 por ciento de todas las especies de plantas y animales de Estados Unidos caen dentro de las dos categorías de riesgo más altas; ésta es una prueba más de que la vida de agua dulce en el país está, proporcionalmente, en mayor riesgo que la vida terrestre.

Resulta en especial preocupante la tasa tan alta de mejillón en peligro de extinción, tanto porque éstos son buenos indicadores de la salud de los ecosistemas de agua dulce, como porque desempeñan papeles críticos en la preservación de esta salud. Los mejillones, que son criaturas en gran parte sedentarias, requieren de cierto flujo de agua, temperatura, claridad, nivel de oxígeno y sustrato; características importantes también para otras especies y que determinan la salud general de los sistemas de agua dulce. Ecológicamente, los mejillones actúan como filtros naturales de agua: recogen el plancton microscópico del agua que fluye a su lado, lo cual ayuda a purificar los ríos y lagos y a mantener la calidad del agua para uso humano. Los mejillones también proporcionan una fuente de alimento para una gran variedad de aves y vida silvestre. Como el proverbial canario en la mina de carbón, la desaparición y el alto índice de riesgo de extinción de los mejillones presagian los problemas por venir para los ecosistemas de agua dulce y la vida dentro de ellos.<sup>45</sup>

Los mejillones han desarrollado una gran cantidad de fascinantes y complejas adaptaciones durante milenios que, hasta hace poco tiempo, les han permitido crecer fortalecidos y triunfantes en sus entornos de agua.

Puesto que los mejillones no se desplazan a grandes distancias, casi todos los nativos han llegado a depender de una o más especies piscícolas para que les ayuden a dispersar a sus crías y a colonizar nuevos hábitats. Los científicos apenas han empezado a descubrir la diversidad de comportamientos que han desarrollado los mejillones para cumplir con estas tareas. Por ejemplo, el mejillón nacarado, que sólo se encuentra en los ríos y arroyos de la cuenca del río Alabama Mobile, ha desarrollado una forma por demás interesante de engañar a los peces que pasan para



**TABLA 1.4. CONDICIÓN DE RIESGO DE LAS ESPECIES ANIMALES DEPENDIENTES DE LOS ECOSISTEMAS DE AGUA DULCE EN ESTADOS UNIDOS**

Grupo animal	Número total de especies	Por ciento que está extinto, en peligro, amenazado o vulnerable (%)
Mejillones de agua dulce	292	69
Cangrejos de río	322	51
<i>Stoneflies</i>	606	43
Peces de agua dulce	799	37
Anfibios	231	36

Fuente: Stein, Kutner y Adams, 2000.

que se lleven a sus larvas a nuevos lugares. La hembra utiliza a sus crías esencialmente para cebar a los peces; empaqueta a sus larvas al final de un tubo gelatinoso que puede extenderse un par de metros fuera del agua. El paquete con las larvas les parece a los peces de los alrededores, un sabroso pececillo. En el momento en que el pez muerde, rompe el tubo y libera a las larvas dentro del arroyo. Algunas de las crías logran sujetarse de las branquias de los peces, de donde absorben nutrientes y empiezan a desarrollarse. Después de una o dos semanas de desplazarse con sus peces de acogida, los jóvenes mejillones se sueltan, flotan hacia el fondo del río y se sujetan a un nuevo sustrato para empezar, muy pronto, a realizar su tarea vital de purificar el agua.<sup>46</sup>

Lamentablemente, hoy en día la supervivencia del mejillón nacarado está amenazada, al igual que la de otros muchos mejillones, por la extensa construcción de presas y otras alteraciones que las actividades humanas han realizado en la cuenca del río Mobile. Un total de diecisiete de las especies de mejillones de la cuenca están catalogados como amenazados o en peligro de extinción bajo el *U.S. Endangered Species Act* (ESA; Ley de Especies en Peligro de Extinción). La causa principal del peligro de extinción de los mejillones es el extenso desarrollo de infraestructura hidráulica para la generación de energía hidroeléctrica y para la navegación en el río Mobile y sus afluentes. Las quince presas construidas para la generación hidroeléctrica y las diecinueve esclusas y presas construidas para la navegación en conjunto, retienen 44 por ciento de la corriente principal del río Mobile y porciones aún mayores de algunos de sus afluentes más importantes, como el río Coosa. Como resultado de ello, el hábitat natural del río se ha visto muy disminu-

do. Al igual que los mejillones nativos, numerosas especies de peces de la cuenca están en peligro de extinción; por ejemplo, el sábalo Alabama, el esturión Alabama y por lo menos otros diez peces más pequeños.<sup>47</sup>

Una gran parte de las especies de agua dulce en peligro de extinción en el territorio continental de Estados Unidos se encuentran en el sudeste del país, debido a la gran riqueza de especies en la región y a la extensa alteración de sus ríos. La orientación norte-sur del vasto drenaje del Mississippi permitió a muchas especies emigrar hacia el sur y por ende, sobrevivir al avance de los glaciares del Pleistoceno, hace miles de años. La diversidad de especies resultante es mayor no en el Mississippi en sí, sino más bien en sus afluentes, sobre todo los que fluyen a través de algunas partes de las montañas Apalaches y Ozark. Es más, dieciocho de las veinte divisorias de aguas más importantes del territorio continental de Estados Unidos, que tienen el mayor número de especies en peligro de extinción, se localizan en cuatro cuencas del sudeste: Tennessee, Ohio, Cumberland y Mobile. Este grupo es encabezado por el alto río Clinch en la frontera de Tennessee, Virginia, que alberga 48 especies de peces y mejillones en peligro o vulnerables.<sup>48</sup>

El salmón, probablemente el más carismático de las especies de peces, ha recibido mucha más atención que otros grupos. Aunque la mayoría del salmón anádromo no es tan poco frecuente dentro de su especie, su apremiante situación es sin duda calamitosa. Muchas poblaciones individuales de peces que constituyen poblaciones genéticamente distintas dentro de una especie, son tanto raras como amenazadas. Por lo menos 214 poblaciones de salmón y una variedad de trucha arco iris, entre siete especies diferentes, están en peligro de extinción. Sobre todo en el Noroeste del Pacífico, las poblaciones de salmón se han diezmado a causa de una combinación de factores: la construcción de presas hidroeléctricas, la pesca excesiva y prácticas poco responsables de uso de la tierra.<sup>49</sup>

Asimismo, tanto en Europa como en el noreste de Estados Unidos, las poblaciones de salmón silvestre del Atlántico se han ido de picada. Históricamente, más de dos mil ríos en ambos lados del Océano Atlántico albergaron esta especie. Ahora, un estudio reciente de la organización conservacionista *World Wildlife Fund* (wwf; Fondo Mundial para la Naturaleza) ha descubierto que el salmón silvestre del Atlántico ha sido arrasado en más de trescientos sistemas fluviales. El pez ha desaparecido completamente de Alemania, Suiza, Bélgica, los Países Bajos, la República Checa y Eslovaquia. Está a punto de ser exterminado en Portugal, Polonia, Estonia, Estados Unidos y algunas partes de Canadá. Alrededor de 90 por ciento de las poblaciones de salmón silvestre del Atlántico consideradas saludables,

se encuentran en sólo cuatro países: Escocia, Irlanda, Islandia y Noruega. El estudio de WWF identificó las principales amenazas a las poblaciones de salmón silvestre del Atlántico: la pesca excesiva, la construcción de presas y otros proyectos de ingeniería hidráulica, la contaminación y la crianza comercial del salmón, que propaga enfermedades y disminuye la reserva genética de las poblaciones silvestres.<sup>50</sup>

Aunque no hay estudios amplios acerca de las condiciones en las que se encuentra la vida de agua dulce en la mayoría de los países en vías de desarrollo del mundo, en conjunto, numerosos estudios sugieren que la situación no es buena. Sin duda, empeora con rapidez al tiempo que la construcción de presas, la desviación de ríos y otros proyectos de ingeniería siguen alterando los ríos a gran escala. La cuenca del río Amazonas en América del Sur, la cuenca del río Zaire en África central, y el sistema del río Mekong en el sureste de Asia, encabezan la lista de los sistemas fluviales que tienen el mayor número total de especies piscícolas conocidas. La cuenca del Amazonas alberga por sí sola más de dos mil especies de peces de agua dulce, aproximadamente una de cada cinco de las que se conocen en todo el mundo; los científicos calculan que 90 por ciento de éstas no se encuentran en ninguna otra parte del mundo.<sup>51</sup> Sin lugar a dudas, con más de setenta presas previstas para la región amazónica de Brasil, una buena parte de estas especies vivirá problemas similares de bloqueo a la migración, destrucción del hábitat y otras alteraciones que han puesto en peligro a las especies de agua dulce templada.<sup>52</sup>

La rica diversidad de especies de río de África se deriva de su abundante variedad de hábitats. El continente posee más zonas semiáridas y de desierto que ninguna otra, incluyendo Australia. Más de 90 por ciento del total de la longitud fluvial de África está formado por arroyos de menos de 9 kilómetros de largo, muchos de los cuales sólo fluyen estacionalmente, creando condiciones de hábitat. Se estima que el número de especies de peces de agua dulce en África es de alrededor de 2,800, similar a los rangos calculados –aunque las estimaciones varían– para América del Sur y Asia tropical (véase cuadro 1.5).

La drástica disminución de peces de río en el lago Victoria ha sido la preocupación central de la biodiversidad de agua dulce en África, también se incrementa el peligro de extinción en la vida de los sistemas fluviales. La construcción de presas, en particular para riego y generación de energía hidroeléctrica, se realiza con rapidez. Desde 1980 se han encargado más de 560 grandes presas en los países africanos.<sup>53</sup> La construcción de la presa superior de Asuán en Egipto, durante la década de 1960, ha alterado en gran medida el hábitat y la diversidad de vida en la extensión norte del río Nilo. De las 47 especies piscícolas comerciales que había en

el Nilo antes de la construcción de la presa, sólo diecisiete se seguían criando una década después de concluida.<sup>54</sup>

En la cuenca del río Zambeze al sur de África, la disminución de la llamada grulla zarzo, señala el brote de problemas ecológicos derivados de la perturbación del caudal natural del río (figura 1.6). La crianza de las grullas zarzo está estrechamente relacionada con el régimen natural de inundaciones del río: la recesión del flujo de aguas después de la temporada pico de inundaciones parece ser la señal para que las parejas de grullas aniden. Ellas construyen sus nidos en las aguas someras, abiertas sobre la planicie de inundación, que protege a sus crías de los depredadores; puesto que esperan hasta que el periodo de inundación termine, sus nidos no están en peligro de ser arrastrados. Cada pareja cría un sólo polluelo en el pulso de vida de las plantas e insectos producidos por la inundación. Como las presas y desviaciones han alterado las corrientes dentro de la cuenca del río Zambeze, que es el hogar de más de 80 por ciento de la población de grullas zarzo, éstas se han visto sometidas a una presión cada vez mayor. Estas grullas casi han desaparecido de las inmensas planicies de inundación del delta del Zambeze, que ya no reciben el pulso de la crecida anual que es muy importante para su sobrevivencia.<sup>55</sup>

Asia tiene una increíble diversidad de fauna de agua dulce, pero gran parte de ésta aún no ha sido descrita o catalogada adecuadamente en cuanto a su condición o grado de riesgo. Solamente Indonesia cuenta con un mínimo de 1,200 (y quizá 1,700) especies de peces de agua dulce. Los ríos de China sustentan alrededor de 717 y Tailandia más de 500. Asimismo, los ríos de Asia albergan tres de los cinco auténticos delfines de río, que nunca entran en el mar.<sup>56</sup> Uno se encuentra en los ríos Ganges y Brahmaputra en el sur de Asia, otro en el río Indio de Pakistán y el tercero en el río Yangtse, en China.

Los tres delfines de río están en peligro de extinción. Asia tropical también alberga la colección de tortugas de agua dulce más rica del mundo, así como ocho de las veintitrés especies de cocodrilos del planeta, todas en peligro de extinción. También abundan otras especies menos carismáticas: la India sustenta cuatro mil especies de moscas caddis, un insecto acuático bien conocido por las personas que practican la pesca con mosca.<sup>57</sup>

Muchos mamíferos asiáticos clasificados como especies terrestres dependen en gran medida de los hábitats fluviales durante parte o todo el año. El ecólogo acuático David Dudgeon de la Universidad de Hong Kong señala, por ejemplo, que el mono probóscide, los macacos cangrejeros, los tapires malayos y el orangután que se encuentra en grave peligro de extinción, utilizan los humedales ribereños

**Tabla 1.5. DIVERSIDAD DE PECES DE AGUA DULCE EN LAS PRINCIPALES REGIONES DEL MUNDO**

Región	Número estimado de especies
África	2,780
Sur América	2,400-4,000
Asia Tropical	2,500
Norte América	1,033
Europa	319
Centro América	242
Australia	188

Fuente: Stiassny, 1996.

**Figura 1.6. LA GRULLA ZARZO CONSTRUYE SUS NIDOS EN ZONAS SOMERAS INUNDADAS DE LA PLANICIE DE INUNDACIÓN DEL RÍO ZAMBEZE, DESPUÉS DEL PICO DE LA INUNDACIÓN ANUAL**



Foto de Richard Beilfuss.

y los bosques pantanosos como hábitats clave. Por ejemplo, los tapires malayos viven durante el día en el denso bosque de pantano y se alimentan por la noche en las praderas pantanosas o en las planicies de inundación. Aunque tienen una movilidad más extensa, los elefantes asiáticos y los rinocerontes de Java dependen

de los humedales ribereños para tomar agua y alimentarse durante la temporada de secas. Los ciervos de agua de Asia pastan en las planicies de inundación cubiertas de hierba que se inundan por la temporada del monzón. Por ejemplo, los ciervos del Père David, que han sido exterminados de la vida silvestre, han sido confinados a los humedales a lo largo del río Yangtse de China. Los venados de marisma necesitan de las grandes y abiertas planicies de inundación, debido a que sus astas les dificultan moverse a través de los bosques u otras copas de vegetación.<sup>58</sup>

Como en la Sudamérica tropical y en algunas partes de África, las perspectivas de vida de agua dulce en Asia no son nada prometedoras. La ecología de muchos ríos de Asia es impulsada por los monzones, que crean distintas temporadas húmedas y secas y sus correspondientes crecidas y escurrimientos basales en épocas del año bastante predecibles. Los organismos que habitan estos sistemas se han acostumbrado a este patrón de escurrimiento a lo largo del tiempo y sus ciclos vitales están adaptados a éste. Por ejemplo, los peces en el río Mekong migran río arriba para reproducirse al tiempo que aumentan los niveles de los ríos durante la temporada húmeda y migran de regreso río abajo según disminuyen los niveles durante la estación seca. Las presas construidas para evitar las inundaciones durante el monzón y para almacenar agua para la temporada de secas, atenúan el patrón de escurrimiento del río y acortan el período de inundación de la planicie aluvial; de este modo eliminan importantes hábitats y señales ambientales de las cuales dependen los peces y otras especies. Es probable que algunas de las adecuaciones frecuentes de ingeniería que se han probado en otros lugares, por ejemplo las escaleras para peces que les ayudan a migrar después de construida la presa, no funcionen en este río ya que la mayoría de las especies del Mekong no brincan.<sup>59</sup> La *Mekong River Commission* (Comisión del río Mekong) ha identificado una docena de sitios para construir presas en el río principal del Mekong en Laos, Tailandia y Camboya; sin embargo, estos planes se encuentran actualmente detenidos (véase capítulo 5). Mientras tanto, China tiene siete grandes presas planificadas o en construcción en la parte alta del Mekong; algunas de éstas ya están afectando al río.

La vida ribereña del río Yangtze, el más grande de China, también está en gran riesgo. Los dirigentes chinos avanzan en la construcción de la presa Three Gorges Dam que, una vez terminada, será la más grande del mundo. La presa Gezhouba en el Yangtze ha bloqueado las migraciones de desove del esturión anádromas chino, ha fragmentado a las poblaciones endémicas del esturión Dabry, que ahora está casi extinto corriente abajo de la presa, y ha diezmado la población del espátula anádromas chino que ya no puede acceder a sus sitios de desove, río arriba. Debido

a que este pez no se encuentra en ninguna otra parte es prácticamente seguro que se extinga.<sup>60</sup>

El ecólogo David Dudgeon resume la situación de esta manera: “La destrucción del hábitat o la degradación en y a lo largo de los ríos de Asia es una epidemia con consecuencias previsibles para las especies residentes y migratorias [...] Asia tropical está sobre poblada y muchas personas se encuentran en situación de pobreza; no tienen tierra y viven hacinadas en ciudades en vías de desarrollo. Todas desean mejorar sus vidas. El resultado de ello será el aumento *per cápita* del uso de los recursos que irá de la mano de un mayor consumo de agua, de un aumento en la contaminación, la regulación del caudal y la degradación de los hábitats. A principios del tercer milenio, el pronóstico para los ríos de Asia es sombrío.”<sup>61</sup>

Aunque ocultas y sin carisma alguno, algas, hongos, gusanos y demás especies de agua dulce que viven en el sedimento de canales fluviales, fondos lacustres, humedales y planicies de inundación desempeñan un papel fundamental en los procesos biológicos, químicos y físicos que apoyan las funciones del ecosistema. Son los grandes engranajes y palancas que impulsan la maquinaria acuática de la naturaleza y de manera anónima, realizan gran parte de la labor que denominamos servicios ecosistémicos, pues contribuyen a mantener la calidad del agua, descomponen la materia orgánica, captan y transfieren contaminantes, y proporcionan alimento a los animales que ocupan niveles superiores en la red alimenticia. En comparación con los peces y bivalvos, muy poco se sabe de los moradores del sedimento excepto que son indiscutiblemente diversos y abundantes. Según cálculos, más de cien mil especies de invertebrados habitan los sedimentos de agua dulce de todo el mundo, espacio que comparten con decenas de miles de especies de algas y más de veinte mil especies de protozoarios y bacterias.<sup>62</sup>

La información sobre la diversidad y funcionamiento de organismos que habitan en los sedimentos de los sistemas de agua dulce es por demás escasa. La mayor parte de los numerosos organismos son microscópicos y muchas veces viven en las entrañas de la columna sedimentaria, lo que dificulta su muestreo y estudio. En ocasiones, en vez de recurrir a los convencionales métodos de muestreo, detección y clasificación, los científicos hacen inferencias sobre los grupos de especies que ocupan un lugar determinado basándose en los tipos de procesos que allí se llevan a cabo. Se dice que hasta 1,500 especies de invertebrados pueden habitar un humedal específico, junto con una cifra igual o superior de organismos microscópicos. En el fondo de lagos, ríos y aguas subterráneas encontramos también una población menor, aunque igualmente significativa, de moradores sedimentarios,<sup>63</sup> cuyas

actividades influyen mucho en lo que ocurre en la columna de agua que les cubre y viceversa. Por ejemplo, durante el pulso de gran productividad que se presenta durante la inundación, los animales de los sedimentos pueden eclosionar, migrar hacia la columna de agua, alimentarse y dispersarse.<sup>64</sup> Sin embargo, las presas y otras infraestructuras que eliminan los anegamientos alteran estos importantes procesos ecológicos dado que los moradores del sedimento tienden a ser muy susceptibles a los cambios en el nivel de agua, la magnitud y frecuencia de las inundaciones, y otras alteraciones hidrológicas.

Con la creciente reglamentación de los ríos y la consiguiente alteración de los hábitats de agua dulce, la composición y abundancia de esta colección crítica de especies seguramente también cambiará, de manera que a menudo no podremos explicar ni predecir, pero sin duda, con consecuencias que serán costosas e irreversibles. Así, el potencial de una desagradable sorpresa ecológica aumenta en proporción directa con la pérdida de variedad y cantidad de organismos de agua dulce.

## **EQUILIBRAR LAS NECESIDADES DE AGUA HUMANAS Y ECOSISTÉMICAS: UNA VISIÓN CONCEPTUAL**

La sociedad enfrenta hoy un enorme desafío de diseño. Un importante acervo de evidencias científicas revela que hemos desembolsado miles de millones de dólares en infraestructura que está acabando con el mundo acuático. La extinción de las especies de agua dulce va en aumento; las funciones de ecosistema que sustentan toda forma de vida, incluida la provisión de servicios que benefician la economía humana, van en descenso; no obstante, la población humana y su consumo de agua siguen creciendo, llevando a niveles exorbitantes la demanda de agua, alimento, energía y bienes materiales.

La proyección de estas tendencias a futuro plantea escenarios indeseables y sin embargo, las actitudes que han moldeado la gestión de agua hasta el presente tienen profundas raíces. Durante miles de años, los líderes políticos han utilizado con éxito el control y la manipulación de los ríos para granjearse el favor de la ciudadanía y demostrar su poder y legitimidad. Se dice que la reina Sammu-Ramat quien, a fines del siglo IX a.C. gobernara Asiria en la región norte del moderno Irak, ordenó que se inscribiera en su tumba: "Sometí al poderoso río a mi voluntad y dirigí sus aguas para fecundar las tierras que hasta entonces eran estériles y despobladas". A principios del siglo XX, a ésta y otras conocidas baladronadas políticas se sumaron los adelantos de la ingeniería y la ciencia hidráulica para elevar la magnitud del



control humano sobre los cauces naturales y así, en 1908, luego de una campaña militar por el Nilo, Winston Churchill profetizó que “un día, hasta la última gota de agua que discurre en el valle del Nilo [...] será dividida de manera equitativa y amistosa entre los pueblos ribereños, y el propio Nilo [...] perecerá de manera gloriosa y nunca alcanzará el mar”.<sup>65</sup> En la década de 1930, con la construcción de la presa Hoover en el bajo Colorado (inicialmente llamada presa Boulder), los ingenieros demostraron la factibilidad técnica de contener un gran caudal. Con una altura de 220 metros y una capacidad para almacenar un equivalente a 1.7 años de gasto promedio del Colorado, la estructura batió todas las marcas de ingeniería impuestas hasta aquel día y dio el banderazo de saludo a un frenesí de construcción que dominaría el desarrollo hidráulico durante el resto del siglo XX.

Ha sido apenas en las últimas dos décadas que, con el desarrollo de la ciencia de la ecología fluvial nos hemos percatado del tremendo precio ambiental de nuestras decisiones tecnológicas, y muchos gobiernos y dependencias han respondido con ligeras modificaciones a los reglamentos para el desarrollo hidrológico; por ejemplo, exigiendo un minucioso estudio del ‘impacto ambiental’ de las presas y otros grandes proyectos hidráulicos antes de su implementación. No obstante, estas medidas son como remedios caseros: completamente inadecuados para la dimensión del problema que enfrentamos. A fin de responder al desafío de satisfacer las necesidades humanas y proteger, al mismo tiempo, la salud del ambiente acuático, hará falta un cambio mucho más fundamental en la forma como la sociedad usa, gestiona y valora el agua dulce; un cambio que desde un inicio reconozca la importancia de contar con ecosistemas saludables y la dependencia que la humanidad tiene de ellos. Ningún esfuerzo que se abstenga de semejante cambio conceptual bastará para modificar las condiciones actuales. Como señalara el gran físico Albert Einstein: no podemos resolver un problema partiendo de la postura que lo suscitó.

La visión conceptual sobre el desarrollo hidráulico que ha imperado hasta el presente considera los ecosistemas de agua dulce como meros recursos que deben explotarse para el desarrollo económico de la humanidad; recursos que produzcan más agua para la agricultura, las ciudades e industrias, que permitan el embarque de bienes o la generación de energía eléctrica, por ejemplo. Dado que la salud de los ecosistemas y los servicios naturales que brindan no son considerados en esta visión, las necesidades de agua de la naturaleza no han sido reconocidas ni especificadas.

Parecería que este enfoque funcionó durante algún tiempo: las economías cosechaban recompensas de la irrigación adicional, la energía hidroeléctrica y otros

usos consuntivos mientras que el agua residual era suficiente para sostener en cierta medida las funciones naturales del ecosistema. Sin embargo, con el paso del tiempo las exigencias humanas sobre los sistemas hidrológicos aumentan, a la vez que la proporción de agua destinada a las funciones ecosistémicas disminuye a niveles perniciosos (véase figura 1.7). En gran parte del mundo, la tajada residual del pastel de agua ofrecida a la naturaleza se ha vuelto insuficiente para preservar la funcionalidad de los ecosistemas y para sostener la vida de agua dulce.

Proponemos un cambio hacia una nueva actitud que tenga la finalidad explícita de preservar la salud ecosistémica como elemento indispensable para el desarrollo y la gestión de agua, ya que ésta reconoce que la economía hidrológica humana es un subconjunto de la economía hidrológica natural y que las sociedades humanas dependen y reciben valiosos beneficios de los ecosistemas saludables. Para conservar estos beneficios la sociedad debe, en consecuencia, adoptar lo que hemos llamado 'asignación de soporte del ecosistema' o bien, 'asignación de ecosoporte'; es decir, una asignación del agua del río en cantidad, calidad y periodicidad adecuadas para salvaguardar la salud y funcionalidad de los sistemas fluviales. Esta asignación de ecosoporte implica un límite para el grado en que la sociedad puede, con inteligencia, alterar los caudales naturales de los ríos, al cual hemos denominado 'límite de sustentabilidad': en lugar que los ecosistemas de agua dulce reciban las sobras que quedan luego de satisfacer la demanda humana (una porción residual cada vez menor de dicho pastel), deberán recibir el agua necesaria para permanecer saludables. Como muestra la figura 1.8, la modificación de los caudales naturales para fines económicos puede aumentar con el tiempo, pero sólo hasta el límite de sustentabilidad, definido por los caudales asignados para soporte del ecosistema.

Contrario a su apariencia inicial, este límite a las alteraciones del río no es una barrera al desarrollo económico, sino un ingrediente necesario para el desarrollo sustentable. Cuando las extracciones de agua y modificaciones de caudales han alcanzado el límite de cualquier cuenca o vertiente fluvial, las nuevas demandas humanas se satisfacen no mediante una manipulación ulterior de los cauces, sino incrementando la productividad del agua, es decir, obteniendo más beneficios de la ya asignada para fines humanos y compartiéndola con mayor equidad. De esta manera, el establecimiento de una asignación de ecosoporte desencadena el potencial de la conservación, del reciclaje y de la eficiencia para que la sociedad disfrute del máximo valor de sus ríos, incluyendo los beneficios extractivos y de caudal. Aunque esta modificación en la gestión del agua reducirá los empleos en la construcción de presas y otros proyectos hidrológicos, generará otros en áreas tan diversas como

el paisajismo original, la arquitectura verde, la ingeniería de irrigación por goteo, el cultivo agroecológico y la planificación urbana para la conservación. Asimismo, redundará en ganancias para las asignaciones equitativas de cuencas compartidas, tanto locales como entre países.

No será fácil convertir esta actitud ambientalista en políticas tangibles y prácticas adecuadas para la gestión del agua. Los argumentos científicos para determinar la cantidad de agua que requiere un río, tema del capítulo 2, avanzan con paso firme y suficientemente acelerado para emitir indicaciones de caudales ambientales para los ríos, y aunque las herramientas políticas para la implementación de estos caudales ambientales pueden variar en diferentes marcos legales y culturales, el capítulo 3 demuestra que disponemos de suficientes instrumentos para trabajar en casi cualquier ámbito.

De la misma manera gradual en como han sido alterados los ríos, presa tras presa y ribero tras ribero durante los últimos dos siglos, también pueden ser restaurados. En Estados Unidos se observa un creciente interés por eliminar las presas que ya no proporcionan suficientes beneficios para justificar el costo ambiental o los riesgos de seguridad. Durante la década de los setenta fueron retiradas veinte presas, 91 en la década de 1980 y 177 durante la de 1990.<sup>66</sup> La gran mayoría de éstas eran pequeñas presas, aunque algunas de las más grandes también están siendo evaluadas, incluidas cuatro en la zona inferior del río Snake, en la cuenca del Columbia. Bruce Babita, antiguo secretario del Interior, comentó recientemente que “hace cinco años, el público cuestionaba la motivación o conveniencia de eliminar presas. Hoy, la sociedad se pregunta: ¿cuáles, cuándo y cómo?”.<sup>67</sup> La eliminación de presas, que antes se veía como una propuesta extremista, actualmente se convierte cada vez más en una tendencia predominante. No obstante, igual importancia tiene el concepto emergente de que las presas aún en pie pueden funcionar para restablecer algo de la forma y función natural de un río, en tanto que las presas que están por edificarse pueden ser diseñadas y operadas, desde un principio, con la mira puesta en objetivos ecológicos.

Aunque algunas especies se han extinguido y desaparecido para siempre, muchos otros impactos ecológicos de las presas y demás alteraciones del río son reversibles. Si se les da la oportunidad, muchos ríos pueden sanar. Con dos millones de años de antigüedad, la pinchagua reapareció un año después de la eliminación de la presa Edwards en el río Kennebec, de Maine; en tanto que el sábalo americano, el roco rayado, el salmón del Atlántico y el esturión, han vuelto a ser vistos río arriba del emplazamiento anterior de la presa. Tras las inundaciones de la región norcen-

FIGURA 1.7. ENFOQUE DEL SIGLO XX PARA LA ASIGNACIÓN DE AGUA. EL ESQUEMA CONVENCIONAL PARA ASIGNACIONES HÍDRICAS CONSISTE EN PERMITIR EL USO HUMANO (H) PARA QUE LA AGRICULTURA, LAS CIUDADES Y LA INDUSTRIA MANTENGAN SU EXPANSIÓN, DEJANDO A LOS ECOSISTEMAS NATURALES (E) LA TAJADA QUE PUEDE QUEDAR DEL 'PASTEL DE AGUA'. CON EL TIEMPO, ESA TAJADA RESIDUAL SE VUELVE DEMASIADO PEQUEÑA PARA SUSTENTAR ADECUADAMENTE LAS FUNCIONES ECOSISTÉMICAS, LO QUE DERIVA EN LA DESAPARICIÓN DE ESPECIES Y LA PÉRDIDA DE VALIOSOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

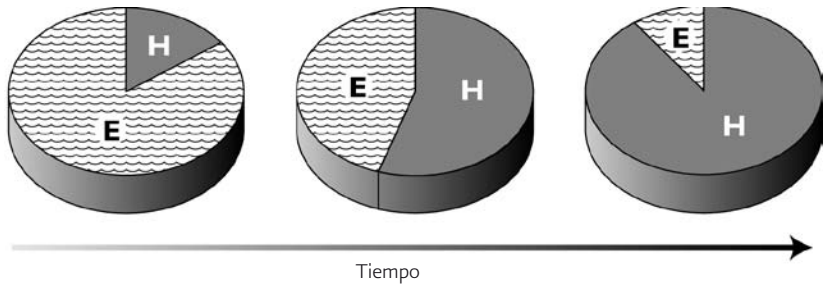
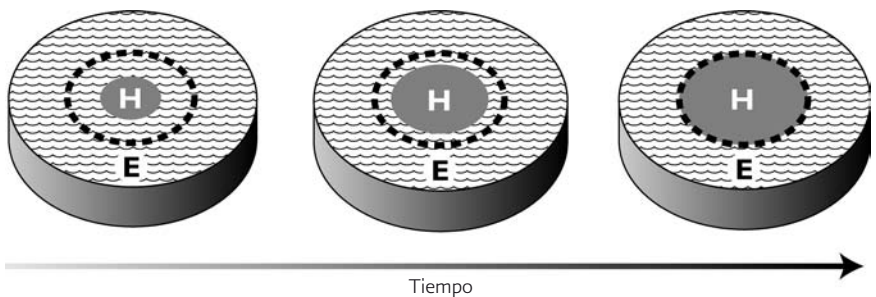


FIGURA 1.8. ENFOQUE PROPUESTO PARA LA ASIGNACIÓN DE AGUA EN EL SIGLO XXI. ESTE NUEVO ENFOQUE PARA LA ASIGNACIÓN DE AGUA PERMITE QUE CIENTÍFICOS Y RESPONSABLES DE ESTABLECER POLÍTICAS DEFINAN LA CANTIDAD Y FRECUENCIA DE LOS CAUDALES NECESARIOS PARA SOSTENER LA SALUD ECOSISTÉMICA DE AGUA DULCE, ESTABLECIENDO ASÍ UN 'LÍMITE DE SUSTENTABILIDAD' QUE PROTEJA A ESTOS ESCURRIMIENTOS DEL USO Y MODIFICACIÓN HUMANOS. EL USO HUMANO (H) DEL AGUA PUEDE INCREMENTAR CON EL TIEMPO, PERO SÓLO HASTA EL LÍMITE DE SUSTENTABILIDAD. EN ESE PUNTO, LAS NUEVAS DEMANDAS DE AGUA DEBEN SATISFACERSE MEDIANTE SU CONSERVACIÓN, MEJORAS EN SU PRODUCTIVIDAD Y SU REASIGNACIÓN ENTRE LOS USUARIOS. AL LIMITAR EL IMPACTO HUMANO EN LOS CAUDALES NATURALES DE UN RÍO Y ASIGNAR AGUA SUFICIENTE PARA SOPORTE DEL ECOSISTEMA (E), LA SOCIEDAD OBTIENE BENEFICIOS ÓPTIMOS DE LOS SISTEMAS FLUVIALES DE UNA MANERA SUSTENTABLE



----- Frontera de sustentabilidad

tral estadounidense, a mediados de los años noventa, las comunidades naturales de la planicie de inundación del río Missouri repuntaron, demostrando así una gran capacidad de recuperación con la reconexión del río y su planicie de inundación. Grupos tailandeses han informado que 152 especies piscícolas regresaron al río Mun después que, en 2001, el gobierno decidiera abrir las compuertas de la presa Pak Mun.<sup>68</sup> Y en el norte de México, debido a las crecidas inusitadamente altas del Colorado durante gran parte de la década de 1990, la capacidad de almacenamiento del embalse fue excedida con creces resultando en la expansión de la superficie de humedales en el delta de este importante río.

Con todo, mientras la labor para restaurar los ríos cobra impulso, persiste el tremendo desafío de proteger la salud, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en cauces que aún no han sido excesivamente desarrollados. En los países en condiciones de pobreza o de ingreso medio, la demanda de alimento, energía y suministro de agua crean grandes presiones para represar, desviar y modificar los ríos por cualquier otro medio, tal como hicieron las naciones industrializadas durante el siglo XX. El reto global para preservar los beneficios y servicios que la humanidad recibe de los ríos, satisfaciendo al mismo tiempo las necesidades humanas legítimas, requiere de gran empeño tanto para proteger los ríos de perjuicios innecesarios como para restaurar aquéllos que ya han sido dañados. La gran cantidad de conocimientos científicos acumulados en la última década crea condiciones ideales para desarrollar una relación muy distinta entre las personas y los ríos; una relación de salud mutua y coexistencia que ofrezca grandes beneficios a ésta y las futuras generaciones.

## CAPÍTULO 6

# Epílogo: ¿podemos salvar los ríos de la tierra?

Pocos hallazgos transmitidos desde el espacio exterior generan más intriga que la confirmación de la posible existencia de agua en otras esferas cósmicas. La luna terrestre podría tener hielo en sus polos. Quizá Marte, nuestro vecino más frío, tenga casquetes con agua congelada y posiblemente debajo de su superficie. Europa, una de las lunas de Júpiter, podría tener agua en estado líquido debido al calor volcánico que emana de su centro.

Sin embargo, ninguno de los planetas o lunas se aproximan a tener la cantidad de agua que tiene la Tierra con sus vastos océanos, sus fluidos listones de agua dulce y voluminosos lagos y acuíferos, todos interconectados en un ciclo de renovación abastecido por el Sol. La belleza y la variedad de los paisajes y organismos son posibles gracias al agua; la naturaleza no produce más: el agua que tenemos es toda la que habrá.

Ninguna generación anterior a la nuestra hubiera hecho la pregunta que se formula en el título de este capítulo final. Tiene un repiqueteo funesto: ¿cómo es posible que la salvación de los ríos de la Tierra dependa de nosotros? Precisamente, el grado de dominio que ejercemos sobre los ríos nos ha colocado en esta posición. La mayoría de los cauces ya no es controlada por la naturaleza, sino por nosotros.

Desde 1950, los impactos humanos sobre el ambiente hidrológico se han incrementado aproximadamente nueve veces.<sup>1</sup> Este es un cambio sustancial en un lapso muy breve de tiempo. Solamente una porción de este impacto se deriva en forma directa de las extracciones de agua para la irrigación, la industria y las ciu-

dades, que se han triplicado durante la última mitad del siglo pasado. La mayoría procede de la manipulación humana de los patrones del cauce natural por medio de la construcción y operación de presas, embalses, diques y riberos. Las especies que evolucionaron dentro de los ecosistemas acuáticos de la Tierra a lo largo de milenios, ahora se tambalean como consecuencia de estos impactos inducidos por los seres humanos. Las hemos lanzado hacia una carrera por la sobrevivencia para la cual no están preparadas evolutivamente. En virtud de nuestra dominación, nos hemos convertido en sus guardianes.

Hoy en día, los ecólogos nos advierten que la regulación, supervisión y custodia de la naturaleza no es un acto altruista sino más bien un acto racional de autopreservación. Los bienes y servicios provistos por los ecosistemas acuáticos son demasiado importantes para el bienestar de las personas como para que podamos continuar sin ellos durante mucho tiempo; realizan funciones de las cuales dependemos, mismas que no podemos reproducir. La tecnología no nos ha liberado de esta dependencia, más bien nos ha cegado ante ella. Estemos o no conscientes, nuestra resistencia como especie depende de nuestra habilidad para coexistir con otras especies.

El profundo dilema que enfrentamos es el de saber cómo ejercer la custodia de otras especies cuando las necesidades y aspiraciones de nuestros congéneres *Homo sapiens* son tan grandes y siguen incrementándose. Dentro de una generación, aproximadamente 3 mil millones de personas habitarán países que viven en estrés hídrico, según clasificación de los hidrólogos que se basan tan sólo en la cantidad de agua disponible por persona. ¿Existe esperanza para los ríos y las especies de agua dulce en estos lugares? Entre 1950 y ahora (2003) la población del planeta se incrementó en 3 mil millones y medio de personas; seguramente durante el próximo medio siglo se sumarán otros 3 mil millones más. Toda la gente debe tener acceso a suficiente agua, comida y energía para tener una vida sana y segura. Al mismo tiempo, una extensa clase media global aspira a un estilo de vida de alto consumo como el que ahora disfrutaban los mil millones de gente más pudiente, el cual incluye dietas abundantes en carne, lujosas colecciones de ropa y autos, golf recreativo y grandes casas con exuberantes y verdes jardines. Conforme crece la población mundial, la demanda global de agua per cápita aumenta, intensificando el total de impactos humanos sobre los ecosistemas de agua dulce.

Como si esta situación no fuera suficientemente difícil, el cambio climático global, resultado de la acumulación de gases de invernadero complicará en gran medida nuestros esfuerzos por crear un futuro con seguridad hídrica. Los glaciares y las acumulaciones de nieve de montaña, embalses naturales que alimentan a

muchos de los ríos del mundo, se están derritiendo. Al aumentar las temperaturas y caer más precipitación como lluvia en lugar de como nieve se derretirán más rápido. Los glaciares se derrumban desde los Alpes hasta Alaska. Pero se derrumban con más rapidez en las regiones de gran altitud de África, Asia y América Latina, donde habita la gran mayoría de población en situación de pobreza y donde se presentará el mayor incremento poblacional del mundo. Durante algún tiempo, el derrumbe glacial acelerado producirá un incremento en el escurrimiento de los ríos, pero después desaparecerá. Hoy en día, por ejemplo, los funcionarios de La Paz, Bolivia, se preocupan abiertamente por la escasez futura de agua pues los glaciares que suministran el agua a la ciudad se derrumban muy rápido. Como comentó Robert Gallaire, hidrólogo que colabora con un instituto científico francés en el estudio de los glaciares bolivianos, a un reportero del *New York Times*: "El problema es que estamos utilizando reservas que se están reduciendo. Así que es necesario preguntar: ¿qué sucederá dentro de cincuenta años? Porque, como debes saber, cincuenta años ya es mañana."<sup>2</sup>

Desde la perspectiva planteada, repleta de presiones demográficas, de consumo y climáticas parecería que los ríos y la variedad espléndida de vida que sustentan están condenados a la ruina. No obstante, la desastrosa pérdida de biodiversidad de agua dulce no es aún un resultado inevitable. El *Homo sapiens* es una de las formas de vida que sustentan los ríos. En algún momento, el apremio por salvarnos a nosotros mismos como especie, disparará un impulso para salvar los ecosistemas fluviales de los cuales depende la vida.

La pregunta es: ¿qué calidad de vida y reino terrenal quedará cuando ese impulso instintivo nos lleve a actuar? ¿La carpa gigante del Colorado todavía podrá navegar en sus aguas ancestrales? ¿El delfín del río Yangtze, que ahora cuenta con menos de doscientos individuos, aún honrará con su presencia al río más grande de China? ¿Los salmones aún proseguirán con sus legendarias migraciones dentro de los grandes ríos del norte de Europa, Nueva Inglaterra y el noroeste del Pacífico o sólo se desplazarán de las granjas piscícolas a nuestras mesas? ¿Los estuarios costeros recibirán el agua dulce y los nutrientes necesarios para seguir siendo suficientemente productivos para alimentar a la creciente población que depende de ellos? ¿Las legiones de mejillones alimentados por filtración aún limpiarán el agua del río que corre a su alrededor? ¿Todavía quedará suficiente hábitat de planicie de inundación para que se alimenten y reproduzcan las poblaciones de peces que ayudan a mantener a millones de habitantes de subsistencia en los países en vías de desarrollo, por no mencionar la biodiversidad tropical?



Las tendencias actuales sugieren que la respuesta a todas estas preguntas es no. Avanzamos con rapidez hacia un mundo de agua dulce de mayor degradación ecológica, extinción de especies y pérdida de servicios ecosistémicos naturales. Este no puede ser el mundo que queremos para nosotros mismos o nuestros descendientes, pero es el que viene si no corregimos el rumbo.

Ahora tenemos una estrecha oportunidad para redirigir la trayectoria ecológica de los ríos del planeta hacia el mejoramiento y no hacia el deterioro. Con las herramientas científicas y políticas innovadoras que hemos descrito en capítulos anteriores, es el momento oportuno para activar un movimiento global para la restauración de los ríos. La buena noticia procedente de los esfuerzos de restauración llevados a cabo actualmente en todo el mundo es la siguiente: cuando se les brinda una oportunidad a los sistemas fluviales, con frecuencia se regeneran. Reconectar de nuevo a un río con su planicie de inundación, con sus comunidades piscícolas y plantas ribereñas hará que repunte. Eliminar una presa hará que las especies desaparecidas hacia mucho tiempo regresen río arriba. Liberar un pulso de caudal de un embalse hará que se materialice la mejora de hábitats clave. Los conocimientos científicos que sustentan la restauración de los ríos son lo suficientemente sólidos ahora como para garantizar una inversión mayor por parte de la sociedad para equilibrar las necesidades de agua humanas y ecosistémicas. Por otra parte, como lo han mostrado varios de nuestros ejemplos, la salud de un río con mucha frecuencia puede mejorarse con un mínimo de interferencia social o económica.

Para que este movimiento adquiera fuerza, los gobiernos deben actuar con rapidez para promulgar políticas que protejan la salud de los ríos, al mismo tiempo que el agua siga asignándose para necesidades humanas. Estas políticas deben demandar, siguiendo el camino trazado por Sudáfrica, reservas de agua dulce que cuenten con el volumen y la temporalidad del cauce natural, necesarios para salvaguardar la salud ecológica. Por su parte, los gestores de agua deberán aceptar la nueva filosofía del manejo adaptativo o aprendizaje práctico. Retrasar las acciones por incertidumbre ya no es una excusa válida, porque a través de la experimentación, el seguimiento y el reestablecimiento periódico de metas, se puede ganar terreno y progresar aún ante la incertidumbre. Con la extinción de especies y otros cambios irreversibles a la vuelta de la esquina, es sencillamente esencial ponerse en marcha y aprender en la práctica.

A la postre, para que estas reformas de políticas y gestión tengan un impacto duradero, la relación entre la sociedad y los ecosistemas de agua dulce tendrá que cambiar en varias formas determinantes. El agua afecta tantos aspectos de nues-

tras vidas, que cualquier movimiento para vivir de manera más equilibrada con ésta conllevará ciertos cambios fundamentales, tanto en las prioridades de la sociedad como en las alternativas individuales.

En primer lugar, las comunidades humanas deberán aprender a integrarse mejor con los ciclos de la naturaleza. Los *Homo sapiens*, al igual que cualquier otra especie, es parte de la naturaleza. Pero, en tanto que todos los otros organismos viven en sincronía con la variabilidad de la naturaleza, nosotros negamos enérgicamente o desafiamos esa variabilidad a fin de hacer que los suministros de agua sean confiables para nosotros. Por supuesto, este es uno de los objetivos principales de la ingeniería hídrica moderna: trastocar las condiciones naturales para crear aquello que suponemos serán las condiciones más benéficas posibles para nuestras ciudades, pueblos y centros agrícolas. Por el contrario, al hacer esto reducimos las oportunidades de supervivencia de muchos de nuestros acompañantes terrestres, cuyos ciclos de vida se ajustan a los ciclos de la naturaleza; necesitan agua para crear un buen hábitat. Necesitan agua tan desesperadamente como nosotros, durante las épocas de sequía. Los ríos alguna vez perennes, ahora se secan de manera habitual por la intensiva extracción de agua para irrigación; así no podrán seguir sosteniendo la vida que evolucionó dentro de ellos. Al menos que las comunidades humanas empiecen a adaptarse a los ciclos naturales y a coexistir con las comunidades acuáticas, estas comunidades naturales desaparecerán y el trabajo ecológico que realizan se perderá.

Desde un punto de vista práctico, esto significa que en lugar de planear cada año para que sea el mejor que puede ser para nosotros, planeemos compartir las penurias de los años con déficit de agua y los excedentes de los años con abundancia en agua, con las comunidades naturales que nos rodean. En períodos de sequía se anticipa que ajustemos nuestras prácticas de uso de agua, no sólo para hacer que rinda el suministro disponible para los usos humanos, sino porque otras especies también necesitan agua. Racionar o ponerle otros frenos al uso de agua no se convierten en señales de una gestión de agua fallida sino en el deseo de coexistir con la vida que nos circunda. Por supuesto, una política de este tipo tendrá pérdidas económicas a corto plazo durante algunos años, pero las ganancias serán ecosistemas más saludables y resistentes que colaborarán con valiosos bienes y servicios para la economía a largo plazo. Para algunas personas la obligación moral de conservar toda la vida del planeta será suficiente razón para hacer este ajuste.

En segundo lugar, será necesario reducir las presiones humanas sobre el ambiente acuático, desacelerando el crecimiento poblacional y el consumo, y fomen-

tando la productividad del agua. La población sigue creciendo con rapidez en algunas de las regiones del mundo con más estrés hídrico, incluidas algunas partes de Asia occidental y sur central, mucho de África y el sudoeste de Estados Unidos. Actualmente, cerca de 77 millones de personas se suman a la población global cada año, lo que equivaldría a anexionar otra Alemania.<sup>3</sup> Las tasas de crecimiento poblacional reducidas, tanto global como regionalmente son críticas para satisfacer las necesidades humanas y ecosistémicas de agua. Al mismo tiempo, reducir el uso per cápita tanto de agua como de energía, sobre todo entre los casi dos mil millones de usuarios principales, disminuiría el número y el tamaño de las presas y embalses que se necesitan y brindaría a los gestores mayor flexibilidad para satisfacer los requisitos de caudales ambientales.

Elevar la productividad del agua, es decir la salida o ganancia derivada por litro de agua extraída del ambiente natural, es crítico para permanecer dentro de cualquier límite de sustentabilidad establecido para proteger la salud de los ríos. Una mayor productividad de agua en el sistema alimenticio global es particularmente importante. Cerca de 70 por ciento de toda el agua que se extrae de los ecosistemas de agua dulce se utiliza para la agricultura de irrigación, pero la irrigación por goteo, que con frecuencia duplica la producción por litro de agua en comparación con los métodos convencionales de irrigación, sólo da cuenta de 1 por ciento del área mundial irrigada.<sup>4</sup> Desde California hasta Asia Central, cultivos sedientos de agua se siembran en climas secos, a menudo con métodos de irrigación ineficientes. En el terreno individual, las opciones alimenticias hacen una gran diferencia en el impacto humano per cápita sobre ríos y acuíferos. Una dieta estadounidense clásica requiere de un aproximado de 1 970 metros cúbicos de agua al año (en forma de evapotranspiración) para producirse, mientras que una dieta vegetariana igual de nutritiva solamente requiere de 950 metros cúbicos.<sup>5</sup> Una sustitución a gran escala de proteína animal por proteína vegetal podría ahorrar grandes cantidades de agua. En efecto, por el mismo consumo volumétrico de agua, podrían alimentarse dos personas, en lugar de una.

En tercer lugar, la tendencia globalizada hacia la comodificación y la privatización del agua demanda que se reafirme enérgicamente el hecho que el agua es un fideicomiso público que debe preservarse por el bien común de esta generación y de aquellas por venir. La relativamente reciente búsqueda por obtener ganancias de la propiedad y la gestión del agua se expande con rapidez y presenta una gran amenaza para la salud del ecosistema y la preservación de las especies. Aquellos que tienen como objetivo obtener ganancias del agua tienen pocos incentivos

para conservarla o proteger sus funciones ecológicas. Al no existir una 'organización mundial del ecosistema' que corresponda a los poderes de la *World Trade Organization* (OMC; Organización Mundial del Comercio), será necesario que esta acción preservadora se realice a manera de una convención internacional de agua dulce, comparable en alcance a las existentes convenciones de las Naciones Unidas sobre cambio climático y biodiversidad. Un objetivo principal de dicha convención sería que los signatarios acordaran establecer asignaciones de agua específicamente para sustentar la salud ecosistémica, y darle prioridad a estas asignaciones sobre los usos humanos de agua que no son esenciales.

En último término, una ética de regulación y custodia hacia el agua dulce y las especies que dependan de ésta exige que pequemos de exagerados y asignemos mucha agua para los ecosistemas en lugar de muy poca. Cada hábitat y cada especie en el mundo natural es un componente de soporte de vida que realiza tareas de las cuales podemos o no estar conscientes o conocer el valor que tienen. Por nuestra propia autopreservación es recomendable conservar todos los componentes, al menos que podamos decir con toda certeza que una pieza en particular puede eliminarse sin causar daños serios. Con tantos componentes que ya no existen o están en riesgo ahora es esencial darle mucha importancia a preservar los que aún permanecen.

Una ética de regulación y custodia, vista de manera más profunda nos habla de respetar la belleza y el misterio de un mundo natural que no fue creado por nosotros y que no alcanzamos a comprender del todo, pero sobre el cual hemos adquirido dominio. Habla de agregar una sana dosis de humildad como antídoto para nuestra arrogancia pasada ; y también habla de emplear lo mejor de nuestra ciencia, políticas y tecnología, para no manipular aún más la naturaleza y para adaptarnos mejor a sus ciclos, probados a lo largo del tiempo y que sustentan la vida.