



**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE

*The Nature Conservancy*   
SAVING THE LAST GREAT PLACES ON EARTH

  
COASTAL RESOURCES CENTER  
*University of Rhode Island*

# GUÍA PARA EL MANEJO DEL FLUJO DE AGUA DULCE A LOS ESTUARIOS



AUTORES: Stephen B. Olsen, Tiruponithura V. Padma, Brian D. Richter

**Fotos:**

Imagen de la portada: Pescadores de Sánchez © Ricardo Briones

Imagen de la contraportada: © Brian Richter

# Guía para el manejo del flujo de agua dulce a los estuarios

**AUTORES:** Stephen B. Olsen, Universidad de Rhode Island, Tiruponithura V. Padma, Universidad de Rhode Island, Brian D. Richter, The Nature Conservancy

## COLABORADORES

Las primeras cinco secciones de este trabajo se basan en un borrador preparado originalmente por Scott Nixon, Profesor de Oceanografía de la Universidad de Rhode Island. Varias personas del laboratorio de Scott Nixon trabajaron en la compilación de datos comparativos que dieron forma al trabajo que se conoció inicialmente como “Manual” sobre el funcionamiento de los estuarios y sus respuestas a las presiones humanas. Este equipo incluyó a Betty Buckley, Robinson W. Fulweiler y Autumn Oczkowski.

El método que se utilizó para integrar la ciencia y la gobernabilidad con el manejo de los flujos de agua dulce (secciones VI a IX) se basa en un proceso de cinco pasos aplicado y refinado en muchos países desde 1990 por el Centro de Recursos Costeros (CRC) de la Universidad de Rhode Island. Paul Montagna, del Instituto de Ciencia Marina de la Universidad de Texas preparó un documento de trabajo sobre los métodos para evaluar los impactos de los cambios en la afluencia de agua dulce. Los debates mantenidos con los asesores científicos del proyecto, Alejandro Yáñez-Arancibia, John Day, Björn Kjerfve, Scott Nixon y Charles Vörösmarty, ayudaron a dar forma a las decisiones en varias etapas de la evolución del proyecto.

Una versión inicial del método descrito en esta Guía de Métodos fue aplicada y refinada en sitios piloto en México y la República Dominicana por un equipo multidisciplinario de CRC y de The Nature Conservancy (TNC). Los colaboradores incluyen a Leslie Bach, Mike Beck, Rafael Calderón, María Fernanda Cepeda, Tom Fitzhugh, Chuck DeCurtis, Andrea Erickson, Lynne Hale, Phil Kramer, Karin Krchnak, Cristina Lasch, Jeannette Mateo, Francisco Núñez, Antonio Ortiz, Marie Claire Paiz, Don Robadue, Pam Rubinoff, Steve Schill, Jim Tobey, Nathan D. Vinhateiro y Andy Warner. En la República Dominicana, el personal del Centro para la Conservación y Ecodesarrollo de la Bahía de Samaná y su Entorno (CEBSE, Inc.) suministró investigación clave y facilitación para el área piloto Samaná. En México, este papel invaluable lo cumplió Pronatura, A.C. Rob Brumbaugh de la Iniciativa Global Marina de TNC contribuyó a la sección sobre métodos de campo.

A lo largo de este proyecto, Sharon Murray y Richard Volk, del Equipo de Agua de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), han realizado contribuciones sustanciales que han mejorado enormemente la versión final. El apoyo proporcionado por los programas de la República Dominicana y de México de USAID ayudó a dirigir y guiar los proyectos piloto en los países.

Los autores agradecen la ardua labor de los numerosos colaboradores que ayudaron a hacer de esta Guía una realidad.

## AGRADECIMIENTOS

Esta Guía de Métodos ha sido posible gracias al apoyo de la Oficina de Manejo de Recursos Naturales, Bureau de Desarrollo Económico, Agricultura y Comercio, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, bajo los términos del Acuerdo de Cooperación No. LAG-A-00-95-00045-00 y el Acuerdo de Cooperación No. EPP-A-00-03-00011-00. Las opiniones expresadas aquí son las de los autores y no reflejan necesariamente las opiniones de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional.



# ÍNDICE

---

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	ESCASEZ MUNDIAL DEL AGUA	3
III.	LA IMPORTANCIA DE LOS ESTUARIOS	4
IV.	AGUA DULCE: EL ELEMENTO VITAL DE LOS ESTUARIOS	6
V.	IMPACTOS DE LA ALTERACIÓN DE LA AFLUENCIA DE AGUA DULCE EN LOS ESTUARIOS Y EN LAS COMUNIDADES HUMANAS	9
VI.	UNA METODOLOGÍA PARA LA INTEGRACIÓN DE LA CIENCIA Y LA GOBERNABILIDAD EN EL MANEJO DE LOS FLUJOS DE AGUA DULCE A LOS ESTUARIOS	13
VII.	PLANIFICACIÓN PARA EL MANEJO DE LA AFLUENCIA A UN ESTUARIO: PASOS 1 A 3	18
VIII.	DE LA PLANIFICACIÓN A LA IMPLEMENTACIÓN: PASOS 4 Y 5	34
IX.	CONCLUSIÓN	39
X.	REFERENCIAS	40
XI.	INFORMACIÓN ADICIONAL	42
X1I.	APÉNDICE	43

## Recuadros

1. Manejo Integrado de los Recursos Hídricos (MIRH)
2. Tipos de estuarios
3. Eutrofización
4. Alteraciones a la afluencia de agua dulce
5. Ejemplos de metodologías para evaluar los requisitos de agua dulce de los estuarios
6. Preguntas importantes que se deben encarar en el paso 1
7. El concepto de “límite de sostenibilidad”
8. El sistema de liberación de agua “3-Zonas” de Texas
9. El principio precautorio

## Cuadros

1. Comparación de la producción primaria promedio de varios sistemas terrestres y acuáticos marinos expresada como producción primaria neta anual por área de la superficie de agua o tierra (gramos de carbono por metro cuadrado por año)
2. Comparación de la producción secundaria promedio de varios sistemas terrestres y acuáticos expresada como producción anual de animales por área de superficie de agua o tierra
3. Efectos potenciales de las alteraciones comunes de la afluencia de agua dulce a los estuarios
4. Esbozo de los pasos esenciales del método descrito en esta Guía
5. Ejemplos de los componentes ambientales de valor relevante (VEC)

## Figuras

1. Efectos de los flujos cambiantes de agua dulce a los estuarios
2. Circulación típica de dos niveles en los estuarios
3. Disminución del desembarco de pescados inmediatamente después de la represa de Aswan
4. El ciclo de políticas del MIZC
5. Diagrama de flujo del método descrito en esta Guía
6. Datos del flujo típico de un río
7. Modelo conceptual de las relaciones entre la afluencia de agua dulce, los niveles de salinidad y la productividad de camarones en la Bahía de Samaná, República Dominicana
8. Relación entre la afluencia de agua dulce y la salinidad en el estuario de la Laguna de Términos en México
9. Los cuatro órdenes de resultados en el manejo basado en ecosistemas

# I. INTRODUCCIÓN

El manejo del agua dulce y el manejo de los estuarios han evolucionado en la mayoría de los países como programas independientes que operan con mandatos, autoridades, políticas y estructuras institucionales diferentes. Esta Guía encara la necesidad de integrar mejor el manejo de un río y su cuenca con el manejo de su estuario mediante la combinación de características importantes del manejo integrado de zonas costeras (MIZC) con el manejo integrado de los recursos hídricos (MIRH) (véase el recuadro 1). Este método reconoce que las cuencas, los litorales, los estuarios y las aguas de las mareas cercanas a la costa son todos elementos de ecosistemas diferentes pero estrechamente relacionados.

Este manejo basado en ecosistemas resultó ser un método ampliamente aceptado para el manejo de los recursos naturales y el medio ambiente. Tradicionalmente, los esfuerzos de manejo han estado organizados en torno a sectores particulares tales como la agricultura o el ecoturismo, con la consecuencia de métodos técnicos y regímenes de gobernabilidad distintos para cada uso. El alejamiento del manejo de recursos individuales y el consiguiente acercamiento a un enfoque en los sistemas se ven reflejados en el trabajo de organizaciones internacionales que incluyen desde la Comisión Oceanográfica Intergubernamental, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, hasta el Fondo para el Medio Ambiente Mundial. En 1997, la Comisión de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible encontró que:

“Actualmente el sistema de las Naciones Unidas y la mayoría de los países aceptan ampliamente que el manejo integrado de cuencas, cuencas fluviales, estuarios y áreas marinas y costeras proporciona un enfoque completo, basado en ecosistemas, al desarrollo sostenible”  
(E/CN.17/1997/2/Add.16, 24 de enero de 1997).

El manejo basado en ecosistemas reconoce que las comunidades de plantas, animales y seres humanos son interdependientes e interactúan con su medio ambiente físico para formar unidades ecológicas distintivas llamadas ecosistemas. Generalmente, estas unidades atraviesan límites políticos y jurídicos y están sujetas a múltiples sistemas de manejo. Se ha definido el manejo basado en ecosistemas como:

“...impulsado por metas explícitas, ejecutado por políticas, protocolos y prácticas, y adaptable por monitoreo e investigación basados en nuestro mejor entendimiento de las interacciones y procesos ecológicos necesarios para mantener la estructura y la función del ecosistema”  
(Christensen *et al.*, 1996).

En tanto expresiones de manejo basado en ecosistemas, el MIZC y el MIRH están arraigados en tres principios:

- Un enfoque que reconoce completamente la naturaleza interconectada de todos los sistemas vivos y la actividad humana a escala de paisaje.
- La práctica de gobernabilidad democrática descentralizada que trabaja para albergar políticas, leyes e instituciones en un sistema de niveles, consistente internamente y en el cual la planificación y el proceso de toma de decisiones se refuerzan mutuamente.
- La aplicación de ciencia sólida a la planificación y al proceso de toma de decisiones.

En este estudio, utilizamos un término más amplio de MIRH que incluye el MIZC y proponemos métodos que encaran las necesidades encontradas de múltiples usuarios e interesados de manera transparente, sistemática y participativa. El MIRH, según se lo usa en este trabajo, es un proceso y un conjunto de prácticas que hacen frente a los problemas planteados por la asignación, el uso y la conservación de agua dulce desde las cabeceras de las cuencas hasta los límites marinos de los estuarios. Toma en cuenta a los usuarios de corriente arriba y corriente abajo, los sistemas acuáticos y terrestres y las fuentes de agua superficiales y subterráneas de las cuencas y los sistemas marinos y costeros asociados y adyacentes. Esta integración de manejo de cuencas y de zonas costeras ha sido impulsada por el Programa de Acción Mundial para la Protección del Medio Marino frente a las Actividades realizadas en Tierra administrado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. En este contexto se utiliza el término Manejo Integrado de la Zona Costera y las Cuencas Fluviales (<http://www.pnuma.org/gpa>).

## RECUADRO 1: MANEJO INTEGRADO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS (MIRH)

El Manejo Integrado de los Recursos Hídricos ha sido definido como “un proceso que promueve el desarrollo y el manejo coordinados de los recursos hídricos, del suelo y otros relacionados, a fin de maximizar el bienestar económico y social resultante de manera equitativa,

sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales” (GWP, 2000). Uno de los principales conceptos manifestados en el MIRH es la integración transectorial de los diferentes usos del agua, incluidos el agua para las personas, el agua para la alimentación, el agua para la naturaleza,

así como el agua para otros usos tales como el manejo del riesgo de inundación, la industria, la energía hidroeléctrica y la navegación (UCC-Water, 2006). Este concepto ha sido debatido y pulido durante la década de 2000 en congresos internacionales importantes.



Para que los principios del MIRH sean funcionales se debe hacer frente a importantes desafíos. Esto ha sido reconocido en la reciente Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (Organización Mundial de la Salud, 2005), que nota que los arreglos institucionales establecidos actualmente para manejar los ecosistemas no están debidamente diseñados para hacer frente a los desafíos de los modelos temporales y espaciales de cambio. Sigue siendo difícil evaluar los costos y beneficios de los cambios de los ecosistemas, o asignar costos y beneficios a los interesados. Esto es particularmente cierto para los sistemas de estuarios, afectados por decisiones que a menudo se toman en lugares distantes y que producen cambios en el flujo y la calidad del agua.

A fin de aumentar la comprensión de cómo depende la salud de los estuarios de la afluencia adecuada de agua dulce y para fomentar una mayor colaboración institucional y un proceso integrado de toma de decisiones, se diseñó esta Guía de Métodos para ayudar a responder las siguientes preguntas:

- ¿Por qué son importantes los estuarios? ¿Cuáles son los procesos que permiten a los estuarios generar un conjunto extraordinariamente rico de bienes y servicios de importancia crítica para los ecosistemas costeros y las poblaciones costeras?
- ¿Cuáles son los beneficios potenciales del cambio en la afluencia de agua dulce a los estuarios?
- ¿Existen métodos sólidos, de bajo costo, que pueden usarse para explorar la dinámica de los problemas asociados con los cambios de los flujos de agua dulce a los estuarios?
- ¿Qué políticas y procesos de manejo son eficaces para guiar la integración de la asignación de agua dulce y el manejo de los estuarios?

El método descrito aquí hace hincapié en las técnicas de bajo costo que serán de utilidad para los encargados del manejo del agua y de adoptar decisiones políticas, los cuales se esfuerzan por equilibrar las muchas necesidades humanas del agua con la protección de los bienes y servicios de los ecosistemas suministrados por los estuarios. Esta Guía está dirigida especialmente a los encargados del manejo del agua dulce y de la costa, que deben comprender y pronosticar los impactos que los cambios en la cantidad, la calidad y el momento de los flujos de agua dulce ejercen en las cuencas y los estuarios de tamaño pequeño y mediano en los países en desarrollo. Está ajustada a las necesidades de un equipo multidisciplinario con fondos y tiempo limitados, que funciona en escenarios donde predomina la pobreza y las instituciones de gobierno son a menudo débiles e inestables. En estas situaciones, es poco probable que se puedan realizar estudios costosos.

La Guía ofrece los principios, las preguntas y las secuencias de las acciones que pueden reforzar la comprensión, el diálogo y la colaboración entre todos los involucrados en la toma de decisiones y el manejo de las cuencas, el agua dulce y las zonas costeras. Por lo general, esto involucrará a funcionarios gubernamentales a nivel nacional, regional y local; las comunidades, las empresas y los grupos de usuarios cuyos medios de subsistencia están vinculados con los modos de asignación y uso del agua dulce, y organizaciones no gubernamentales y de investigación.

El método descrito en esta Guía se centra en el mantenimiento de flujos de agua adecuados (es decir, cantidad y momento) de las cuencas a los estuarios. No obstante, reconocemos que en muchos casos los problemas de la calidad del agua son de igual o mayor importancia que la salud del estuario o del ecosistema en general. Estos problemas deben ser considerados como de suma importancia en cualquier iniciativa de manejo que vincule las cuencas y los estuarios.

## II. ESCASEZ MUNDIAL DEL AGUA

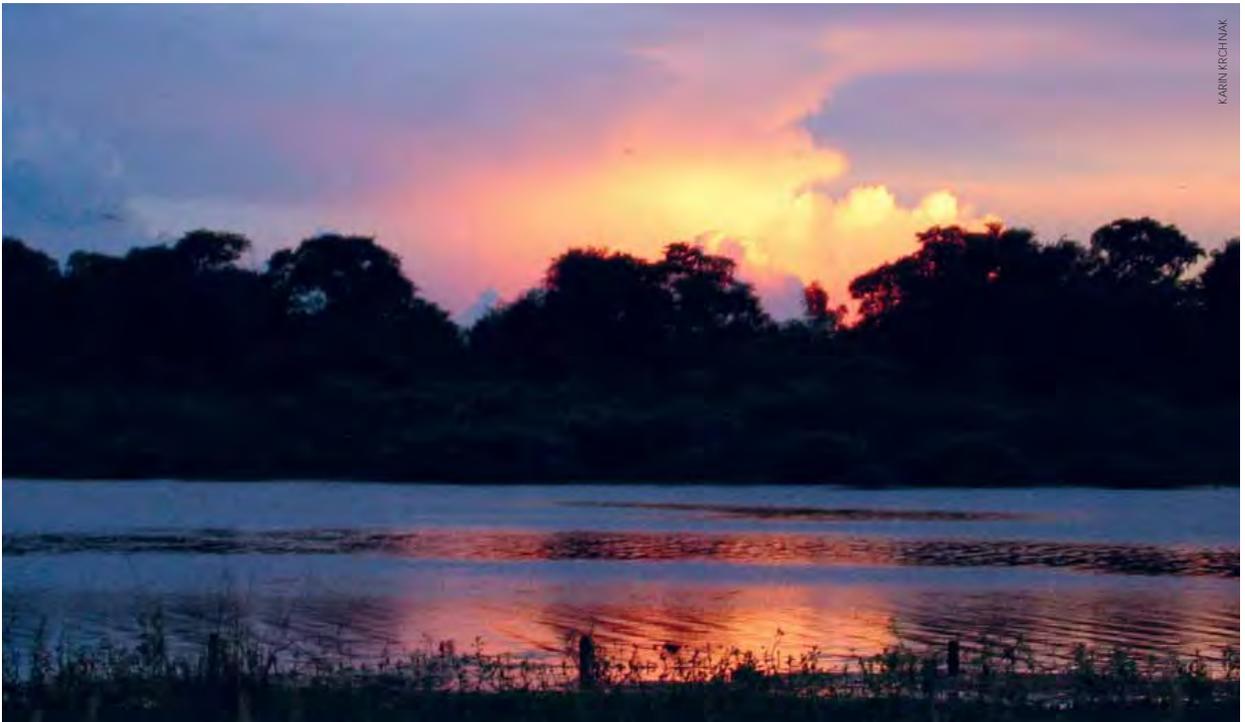
La tierra es un planeta azul. El agua cubre aproximadamente siete décimos de su superficie, pero la mayor parte es agua salada. Sólo el 3% del agua de la Tierra es agua dulce, y la mayor parte de esta agua dulce no es accesible: está congelada en glaciares o en los cascos polares o enterrada en acuíferos inaccesibles. Apenas un 0,03% de las existencias de agua en todo el mundo es accesible y apropiado para consumo humano (Bhandari, 2003). La escasez de agua dulce de alta calidad está causando un aumento en los conflictos entre sectores y a través de límites, tanto dentro de los países como entre ellos.

Se anticipa que unos 2.800 millones de personas —el 35% de la población mundial estimada para el año 2025— harán frente a una seria escasez de agua dulce en prácticamente todas las regiones del planeta. La mitad de las principales ciudades del mundo se encuentra a menos de 50 kilómetros de la costa, y la densidad de la población en las zonas costeras es 2,6 veces mayor que la de las áreas interiores (Crossland *et al.*, 2005). A medida que aumenta la población de la costa, los debates, las disputas y los dilemas sobre el uso del agua dulce se vuelven más intensos y frecuentes.

El cambio climático acentuará la escasez de agua dulce en muchas partes del mundo durante los próximos 25 años, y su disponibilidad estacional será más incierta (Vörösmarty *et al.*,

2000). La temperatura cada vez más alta de la Tierra está provocando cambios en la precipitación y la evaporación y está acelerando la subida del nivel del mar, lo que puede salinizar los acuíferos y los cuerpos de agua superficiales a lo largo de la costa. De esta manera, la subida del nivel del mar y el cambio climático agravarán los problemas de escasez de agua y plantearán desafíos considerables a las comunidades de las zonas bajas de la costa.

El ciclo de agua terrestre ha sufrido cambios significativos como consecuencia de la construcción y el funcionamiento de instalaciones de ingeniería hidráulica. En particular, las represas han fragmentado y transformado los ríos del mundo. El siglo pasado vio un rápido aumento en la construcción de grandes represas. En 1949, ya se habían construido 5.000 grandes represas en todo el mundo, las tres cuartas partes de éstas en países industrializados. Para fines del siglo XX, había más de 45.000 grandes represas en más de 140 países (Comisión Mundial de Presas, 2000; Vörösmarty y Sahagiann, 2000; Postel y Richter, 2003). Las pequeñas represas también han proliferado. Estos proyectos de ingeniería y las actividades asociadas como los sistemas de irrigación, el desvío de agua dulce de una cuenca hacia la otra, el control de inundaciones y los aumentos en el uso de agua dulce están causando un impacto importante en el funcionamiento y las calidades de las cuencas y sus estuarios asociados.



KARIN KOCHINAK



## RECUADRO 2: TIPOS DE ESTUARIOS

Hay varios sistemas de clasificación para distinguir entre diferentes tipos de estuarios. Los dos métodos más relevantes a esta Guía se describen a continuación.

**Balance hídrico:** Los ecosistemas estuarinos varían drásticamente en función de su balance hídrico. Éste es la suma de las fuentes (entradas) de agua dulce al estuario, menos la suma de los retiros de agua dulce (pérdidas). Hay muchas fuentes potenciales de entrada de agua dulce al estuario, entre ellas los ríos, los arroyos, las aguas subterráneas, la precipitación sobre el estuario y la escorrentía. El principal retiro de agua dulce es la evaporación. Los *estuarios positivos* son aquéllos en los cuales los aportes de agua dulce superan las pérdidas (es decir, cuando la cantidad de agua que entra en un estuario proveniente de lluvias, escorrentía, ríos y aguas subterráneas supera la cantidad de agua que el estuario pierde como consecuencia del flujo de agua hacia fuera del estuario y la evaporación). Un *estuario negativo* es aquél en el cual el volumen de agua que entra en el estuario en un año es menor que el volumen del estuario. Los *estuarios neutrales* son aquéllos en los cuales las entradas y las pérdidas están en equilibrio. Los *estuarios negativos o inversos* son sistemas en los cuales la pérdida de agua

es mayor que la entrada de agua dulce. Estos estuarios son hipersalinos. Algunos sistemas cambian estacionalmente; por ejemplo, un estuario dado puede ser positivo durante las estaciones de lluvias (cuando hay una gran afluencia de agua dulce de la escorrentía y la lluvia) y negativo durante las estaciones secas (cuando hay poca entrada de agua de lluvia o escorrentía, y grandes pérdidas como consecuencia de la evaporación). Es de esperar que los cambios inducidos por los seres humanos, tales como el desvío de agua de una cuenca a otra, provoquen cambios drásticos en la biota.

**Geomorfología:** Las características físicas del estuario, su forma, material geológico, topografía, etc., son también importantes elementos determinantes de la ecología estuarina. Los *estuarios de bocas de río* son, generalmente, perpendiculares a la costa. Por lo general, los sedimentos arrastrados por los ríos forman deltas o grupos de islas. En los estuarios de bocas de río, la salinidad muestra, generalmente, un fuerte gradiente con agua dulce en la cabeza del estuario, a veces a muchos kilómetros de la costa, y salinidades progresivamente más altas que permiten un mosaico de hábitats que se extiende desde el estuario hasta el mar abierto. No todas las bocas de río son estuarios. En los casos de ríos

muy grandes, tales como el Amazonas, el volumen de agua dulce es tan grande que el agua marina no entra en la boca del río; en cambio, la mezcla de agua dulce y agua marina ocurre en mar abierto. Los *estuarios lagunares* se forman cuando la afluencia de agua dulce es pequeña. Generalmente, las lagunas se forman de manera paralela a la costa y su apariencia se asemeja más a un lago que a un río. La afluencia, más modesta, de agua dulce puede estar limitada a pulsos estacionales provocados por las lluvias. La salinidad de una laguna puede ser alta en toda la cuenca en la estación seca y baja en la estación húmeda. Los modelos de mezcla de agua dulce con agua marina en un estuario lagunar producen zonificaciones de hábitats diferentes de las vistas en estuarios de bocas de río. Típicamente, las lagunas son uniformemente poco profundas —en general sólo unos pocos metros de profundidad— y claras. En consecuencia, la luz penetra hasta el fondo, creando condiciones en las cuales las plantas con raíces pueden prosperar. Por lo tanto, muchas lagunas están alfombradas por pastos marinos. Dado que el volumen de agua de las lagunas es generalmente pequeño, un cambio de proporciones modestas en la afluencia de agua dulce puede causar impactos significativos en su ecología.

# III. LA IMPORTANCIA DE LOS ESTUARIOS

## ¿QUÉ ES UN ESTUARIO?

Los estuarios son cuerpos de agua costeros, semi cerrados, que cuentan con una conexión libre con el mar abierto y dentro de los cuales el agua de mar se diluye progresivamente con el agua dulce proveniente de drenaje terrestre (Pritchard, 1967). Los estuarios se pueden clasificar de diferentes maneras (véase el recuadro 2). A nivel más bajo, hay dos tipos de estuarios: estuarios de bocas de río y estuarios lagunares. Ambos proporcionan importantes servicios a las personas.

Desde comienzos de la historia, las personas se han congregado a lo largo de ríos y, en particular, en las bocas de los ríos. Muchos estuarios son centro de comercio. Los estuarios son lugares de gran belleza que influyen marcadamente sobre el alto valor de las propiedades ribereñas y proporcionan una diversidad de actividades recreativas económicamente importantes. Ofrecen espacio abierto de gran valor para las ciudades y los pueblos costeros. La riqueza del suelo y la abundancia de agua dulce en los deltas de los ríos producen algunas de las mejores tierras para la agricultura en todo el mundo. Los estuarios y sus humedales asociados también sirven como zonas de amortiguamiento para las tormentas, ya que absorben las ondas de energía y las subas de las mareas que éstas causan.

## LOS ESTUARIOS SON FÁBRICAS DE ALIMENTO

Los estuarios juegan un papel único en el funcionamiento de la vida en este planeta. Además, son hábitats críticos para muchas especies de peces, crustáceos, aves y mamíferos marinos. Son zonas de cría para muchas especies de peces que se capturan en mar abierto y, por lo tanto, son importantes para la seguridad alimentaria de muchos países y regiones. En zonas templadas, las tres cuartas partes de todos los peces marinos comercialmente

importantes dependen de los estuarios en alguna etapa de su ciclo de vida. Los estuarios, por lo tanto, cumplen una función crítica en la generación de peces y crustáceos ricos en proteínas. En muchas partes del mundo, las comunidades que viven cerca de los estuarios dependen de éstos para sus alimentos y sus medios de subsistencia.

En la base de todas las cadenas alimentarias se encuentran las plantas que combinan la energía de la luz solar con dióxido de carbono y los nutrientes para producir materia orgánica y oxígeno. En los estuarios, así como en otros sistemas acuáticos, la mayor parte de la productividad primaria (plantas) está generada por plantas microscópicas que flotan, conocidas como fitoplancton. Las estimaciones de la producción primaria anual de los ecosistemas terrestres y acuáticos (véase el cuadro 1) demuestran que los estuarios se cuentan entre los más productivos (Schlesinger, 1997; O'Reilly *et al.*, 1987; Nixon *et al.*, 1986; Mann, 2000). Sólo las tierras que se cultivan intensamente, donde las grandes cosechas son posibles por la aplicación artificial de fertilizantes y el control de competidores y plagas, son comparables a la productividad de los estuarios.

Los estuarios también muestran una producción secundaria (animal) mucho mayor (véase el cuadro 2) que otros sistemas acuáticos y que los sistemas no cultivados (Nixon *et al.*, 1986; Nixon, 1988). Los lagos templados normalmente producen menos de 10 kilogramos de peces por hectárea por año (Ryder *et al.*, 1974; Schlesinger y Regier, 1982; Nixon, 1988). En cambio, los estuarios templados, en los cuales se pesca intensivamente, normalmente producen cientos de kilogramos de peces y crustáceos por hectárea cada año, un valor que muy pocos ecosistemas pueden igualar (Nixon, 1988). Esta alta productividad secundaria ha atraído a la gente a los estuarios por miles de años.

**Cuadro 1.** Comparación de la producción primaria promedio de varios sistemas terrestres y acuáticos marinos expresada como producción primaria neta anual por área de la superficie de agua o tierra (gramos de carbono por metro cuadrado por año).

Ecosistemas terrestres		Ecosistemas acuáticos	
Humedales de agua dulce	1300	<b>Plantas acuáticas con raíces</b>	
Bosque húmedo tropical	800	Lechos de algas marinas*	1000
Bosque templado	650	Lechos de pastos marinos*	400
Bosque boreal	430	Marismas*	500
Bosque tropical / sabana	450	<b>Producción de fitoplancton</b>	
Desierto	80	Áreas de afloramiento costero*	420
Tierras cultivadas	760	Plancton estuarino <sup>‡</sup>	400
		Plataformas continentales <sup>‡</sup>	305
		Banco Georges <sup>‡</sup>	360
		Océano abierto*	130

† SCHLESINGER (1997)  
‡ O'REILLY *et al.* (1987)  
‡ NIXON *et al.* (1986)  
\* MANN (2000)

**Cuadro 2.** Comparación de la producción secundaria promedio de varios sistemas terrestres y acuáticos expresada como producción anual de animales por área de superficie de agua o tierra.

Tipo de ecosistema	Producción de animales (peso en fresco) kg ha-1 año-1
Estuarios	100-500
Afloramiento del océano	~250
Mares	30-60
Principales zonas de pesquería	~160
Arrecifes coralinos	5-50
Lagos	1-10
Sistemas terrestres no agrícolas	0.5-50

NIXON *et al.*, 1986; NIXON, 1988; RYDER *et al.*, 1974; SCHLESINGER Y REGIER 1982.



## LOS ESTUARIOS SON PROCESADORES DE RESIDUOS

Los estuarios tienen una alta capacidad asimilativa, es decir, las plantas, los animales y las bacterias que se encuentran allí descomponen y reciclan rápidamente la materia orgánica, lo que lleva a una muy alta productividad, típica de los estuarios. En cierto grado, la mezcla y el reciclado de materia orgánica le permiten a los estuarios absorber los desechos humanos y los subproductos de las ciudades y los pueblos de los alrededores. Los mismos procesos de aireación, el procesamiento microbiano de la materia orgánica y los depósitos de material orgánico residual son las características dominantes de las plantas de tratamiento municipales modernas. Los estuarios y sus humedales asociados han sido descritos como los riñones de los ecosistemas costeros debido a esta alta “capacidad asimilativa”.

Los estuarios también sirven como zonas de amortiguamiento entre los sistemas terrestres y oceánicos, capturando y procesando las numerosas sustancias que fluyen de la tierra al mar. El comportamiento químico de muchos contaminantes (tales como los metales pesados) cambia cuando llegan al agua de mar. Rápidamente interactúan con otras sustancias y pueden volverse biológicamente menos disponibles y hundirse en el fondo donde quedan enterrados y separados de los sistemas vivos. Este cambio en la química tiene numerosas consecuencias para las diversas actividades humanas, tales como el dragado, dado que este tipo de disturbios de los sedimentos de los estuarios puede volver a movilizar contaminantes enterrados y —especialmente si se los coloca en la tierra y nuevamente en el sistema de agua dulce— otra vez hacerlos disponibles biológicamente.

## IV. AGUA DULCE: EL ELEMENTO VITAL DE LOS ESTUARIOS

El agua dulce es el elemento vital de un estuario. La producción de los estuarios, rica en proteínas, es producto de la afluencia y la mezcla de agua dulce en una combinación única de funciones físicas, químicas y biológicas que trabajan al unísono para hacer que los estuarios sean sumamente productivos en vida animal y vegetal (véase la figura 1).

Cada estuario se encuentra al final de una cuenca y drena una superficie terrestre de decenas a miles de veces más grande que el estuario mismo. La forma semi cerrada de un estuario canaliza y concentra el agua dulce que fluye de este amplio paisaje, y los sedimentos, nutrientes y otros materiales que arrastra consigo. Estos procesos se describen a continuación.

### NUTRIENTES

Los ríos llevan a los estuarios una variedad de nutrientes que son necesarios para el crecimiento de plantas acuáticas las que, a su vez, mantienen a los animales acuáticos. La afluencia de agua dulce lleva a los estuarios los nutrientes

**Figura 1**  
Efectos de los flujos cambiantes de agua dulce a los estuarios



### RECUADRO 3: EUTROFIZACIÓN

Sin nutrientes, no puede haber producción de plantas y animales. Pero el exceso de fertilización puede tener un efecto abrumador sobre la mezcla producida por la marea y el viento en un estuario y, en consecuencia, se obtendrán condiciones de oxígeno bajo. Por ejemplo, las aguas residuales y la escorrentía agrícola pueden enriquecer las aguas del estuario con nitrógeno, y aumentar así la producción primaria. A medida que el fitoplancton

muere, se hunde y se descompone, puede agotarse el oxígeno de las aguas del fondo. A menos que el agua del fondo se traiga a la superficie para su aireación, el oxígeno disponible puede ser consumido, con muchas consecuencias indeseables. Este proceso se conoce como eutrofización, y reduce severamente el valor de muchos estuarios. Algunos efectos adversos comunes de la eutrofización son: aumento en la turbidez, pérdida de vegetación acuática

sumergida como la de pastos marinos, floraciones de algas nocivas y muerte de peces. Las pérdidas en la calidad y funcionamiento de un estuario debidas a la eutrofización pueden causar pérdidas en las pesquerías, deterioro en la salud pública, reducción del valor recreativo de las aguas estuarinas y disminución del valor de las propiedades circundantes.

más críticos para la productividad de las plantas: nitrógeno, fósforo y sílice. La afluencia de agua dulce también contribuye a la productividad de los estuarios al traer gases disueltos y alimentos a plantas y animales de estuario sésiles (es decir, plantas y animales que se mantienen fijos en un lugar, generalmente enraizados o sujetos al fondo de alguna otra manera). Este subsidio de energía es importante para el mantenimiento de los pantanos y los bosques de manglar intermareales, así como para las praderas de pastos marinos y los bosques de algas pardas o kelp. También es muy importante para muchos animales filtradores, como las ostras y las almejas.

Esta afluencia natural de nutrientes se complementa con desperdicios de las poblaciones humanas que se agrupan normalmente alrededor de los ríos y estuarios. En consecuencia, el flujo de nitrógeno y fósforo a los estuarios es, por lo general, más alto por unidad de área que la cantidad esparcida como fertilizante en las tierras agrícolas de cultivo más intensivo (Nixon *et al.*, 1986). El resultado es el mismo: productividad primaria muy elevada. Si bien el suministro de nutrientes es vital para la producción estuarina, hay un límite superior para el nivel de nutrientes necesario para mantener una producción equilibrada. Niveles excesivamente elevados de nutrientes asociados con las actividades humanas en la tierra, como la agricultura, las emisiones de gases de combustión, las aguas residuales de los hogares y los negocios, causan eutrofización (véase el recuadro 3), un problema cada vez más dominante en los estuarios de todo el mundo.

### SALINIDAD

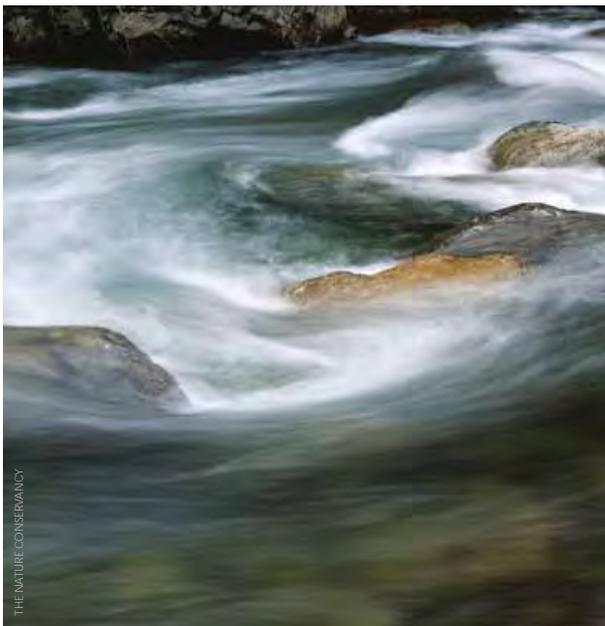
La salinidad del agua en cualquier punto geográfico de un estuario refleja en qué grado el agua de mar que entra en el estuario ha sido diluida por la afluencia de agua dulce. El agua dulce tiene 0 partes por mil (ppt) de sales y el agua de mar con mayor concentración tiene unas 35 ppt. Por lo tanto, los estuarios generalmente tienen salinidades que varían entre estos valores, aunque algunas lagunas con muy poca afluencia de agua dulce y una tasa de evaporación muy alta pueden tener salinidades incluso más altas, hasta 40-45 ppt.

Una característica de los estuarios es un gradiente de salinidad, con salinidades más bajas cerca de la cabeza del río y salinidades más altas hacia la desembocadura en el océano. El gradiente de



salinidad cumple una función importante en la determinación de la distribución de comunidades de plantas, animales y microorganismos dentro del estuario. Las especies y las comunidades de los estuarios están bien adaptadas a las variaciones en la salinidad relacionada con los ciclos de la marea y los modelos estacionales de precipitación. Relativamente pocas especies están adaptadas a las condiciones variables de los estuarios y, en consecuencia, los estuarios no son centros de biodiversidad (*hot spots*) como los bosques lluviosos o los arrecifes coralinos. Por otra parte, los cambios en la salinidad reducen la competencia y las enfermedades, y esto contribuye a una tasa más alta de productividad típica de las especies de los estuarios.

Otro aspecto del gradiente de salinidad y de los hábitats asociados que éste crea es su función como hábitat de transición para especies de peces, tales como el salmón, que atraviesan el estuario durante sus migraciones con fines reproductivos. Estos peces anádromos desovan en agua dulce pero migran y crecen hasta su edad adulta en agua de mar. Los estuarios les permiten



## CIRCULACIÓN Y MEZCLA

El agua circula en un estuario de manera particular. El agua dulce de baja salinidad que fluye al estuario flota sobre el agua de mar más densa que queda debajo. Esta agua de baja salinidad fluye hacia el mar y se compensa con una corriente de agua marina profunda que entra al estuario (véase la **figura 2**). Esto proporciona beneficios extraordinarios a los animales planctónicos y juveniles. En vez de ser arrastrados hacia el mar por las corrientes superficiales, son arrastrados hacia adentro, a una zona de cría protegida, rica en alimentos, después de que se hunden hacia el fondo. Por lo tanto, la circulación del estuario cumple una función muy importante en hacer que los estuarios sean un sitio de cría para una gran proporción de los peces marinos consumidos por las personas, al actuar como una cinta transportadora que retiene el plancton y los animales juveniles dentro del estuario. Las alteraciones a la afluencia de agua dulce pueden cambiar el modelo de circulación y, de ese modo, afectar a los organismos dependientes de los hábitats formados por esta circulación.

En los estuarios y otras zonas poco profundas, el viento y las corrientes de mareas proporcionan mucha energía mecánica que mezcla el agua tanto verticalmente como horizontalmente. Esta mezcla ayuda a distribuir el alimento a los animales sésiles. Cuando esta mezcla vertical es débil o no existe, tal como en los lagos o en los océanos profundos, los animales deben gastar gran parte de su energía buscando activamente alimentos y no pueden formar colonias densas o arrecifes. La combinación de agua profunda con agua de superficie es una razón por la cual los estuarios contienen lechos muy densos de crustáceos y altas densidades de otros animales.

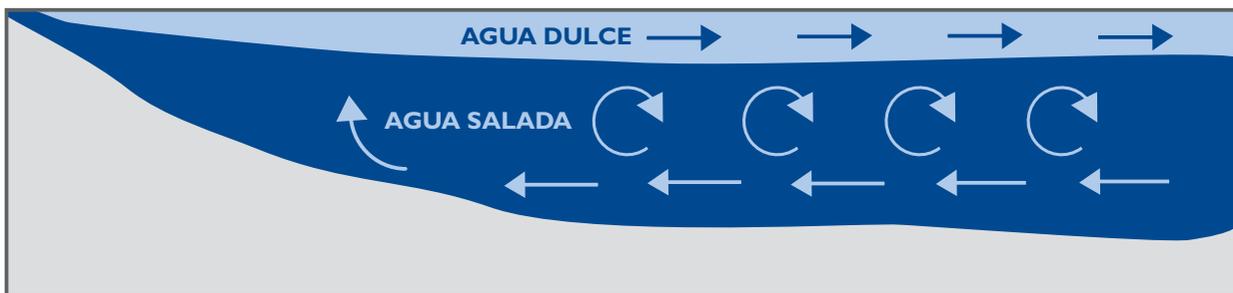
reajustarse para tolerar la baja salinidad cuando nadan corriente arriba para desovar. La longitud y la naturaleza de los gradientes de salinidad también son importantes en los ajustes fisiológicos que experimentan muchas de las larvas o los peces juveniles cuando se trasladan desde los ríos hacia el mar.

## SEDIMENTOS

Dado que las aguas someras y las costas de los estuarios están protegidas de las olas y las corrientes fuertes y que muchos estuarios reciben grandes cantidades de sedimentos de los ríos y las corrientes, a menudo se forman extensos humedales intermareales en sus márgenes. La afluencia de agua dulce arrastra sedimentos de la cuenca hacia el estuario. Estos sedimentos construyen y estabilizan los humedales intermareales, las riberas y los bancos de arena, y también pueden alimentar las playas.

**Figura 2**  
Circulación típica de dos niveles en los estuarios

Agua dulce, menos densa, fluye hacia el mar sobre el agua más densa, salada, del fondo que fluye hacia la tierra. Parte de esta agua salada es arrastrada junto con el agua dulce que fluye hacia el mar.



MODIFICADO DE MANN Y LAZIER (1996)



DOÑE ROBAUDE

## V. IMPACTOS DE LA ALTERACIÓN DE LA AFLUENCIA DE AGUA DULCE EN LOS ESTUARIOS Y EN LAS COMUNIDADES HUMANAS

Los seres humanos influyen en el movimiento del agua en el ciclo hidrológico de varias maneras. Se saca el agua de los ríos, los lagos y los acuíferos subterráneos para una multitud de usos. El agua se almacena en embalses para generar electricidad, controlar las inundaciones y para suministrarla a los usuarios. Parte del agua usada en las ciudades, granjas o industrias puede volver a un río, pero en muchos casos vuelve en una condición distinta en un momento diferente o a otras partes de la cuenca. Estas modificaciones humanas al ciclo hidrológico afectan la cantidad, la calidad y el momento de los flujos de agua en los ríos y hacia los estuarios. Los encargados del manejo del agua hacen frente a desafíos difíciles para darle seguimiento a los muchos usos del agua y a su manejo a fin de cumplir con las diversas necesidades de la sociedad a la vez que mantienen la salud y los beneficios de los sistemas naturales.

Existen interconexiones complicadas entre la calidad, la cantidad y el momento de la afluencia de agua dulce y la salud de los estuarios. Un pequeño cambio en la afluencia puede afectar el funcionamiento fundamental de un estuario, lo que, a su vez, tendrá ramificaciones en la biota (animales y plantas) y en las culturas humanas que dependen del estuario. A menudo, no se anticipa la cascada de efectos que causa la alteración de la afluencia de agua dulce, porque muy pocas personas comprenden cómo funcionan estos ecosistemas, aun cuando pueden apreciar el valor de los beneficios que generan.

La complejidad y el pequeño tamaño de los estuarios los hacen particularmente sensibles a los impactos humanos. Después que se pierden los hábitats, es muy difícil o imposible restaurarlos. Más adelante se describen los principales problemas planteados por el manejo de la afluencia de agua dulce. El **cuadro 3** resume los efectos de los tipos de alteraciones más comunes a la afluencia de agua dulce.

### ALTERACIÓN DE LAS CANTIDADES Y EL MOMENTO DE LA AFLUENCIA DE AGUA DULCE

Los proyectos de desarrollo de agua pueden alterar el flujo de agua dulce a los estuarios de tres maneras (véase el **recuadro 4**). En la mayoría de los casos, el cambio es visto como una reducción del volumen de agua dulce. La disminución de la afluencia de agua dulce puede reducir el tamaño real de un estuario y aumentar los impactos de la contaminación, la sobrepesca y la destrucción del hábitat. Las intervenciones humanas también pueden tener como resultado un aumento de la afluencia de agua dulce, por ejemplo, causado por el trasvase de cuencas, que puede afectar a los organismos del estuario adaptados al flujo y las condiciones de salinidad originales. La deforestación, la conversión de las tierras naturales para agricultura y el desarrollo urbano mal planificado pueden causar un aumento en los flujos de agua dulce a los estuarios cuando estos cambios en los usos del suelo tienen como consecuencia un mayor volumen de escorrentía proveniente de aguas de tormenta, con una menor cantidad dirigida a la recarga de agua subterránea y la evapotranspiración.

Otro elemento muy importante en el funcionamiento de un estuario es el momento de la afluencia de agua dulce, dado que los organismos de los estuarios han evolucionado durante largos periodos a regímenes particulares de afluencia de agua dulce y condiciones biogeoquímicas relacionadas con ésta (Montagna *et al.*, 2002). Los cambios en el uso del suelo, en particular las pérdidas de humedales y otras áreas que absorben y almacenan agua subterránea, pueden alterar el comportamiento de la escorrentía en una cuenca de captación y aumentar las variaciones estacionales. En estos casos, los flujos de la estación seca son generalmente reducidos y la afluencia en la estación de lluvias es mayor.

**Cuadro 3. Efectos potenciales de las alteraciones comunes de la afluencia de agua dulce a los estuarios**

TIPO DE CAMBIO EN LA AFLUENCIA DE AGUA DULCE	IMPACTOS POTENCIALES SOBRE LAS FUNCIONES DEL ESTUARIO	IMPACTOS HUMANOS POTENCIALES
<b>Cantidad De Agua</b> (Posibles factores que impulsan el cambio en la cantidad incluyen retiros y desvíos de aguas de superficie, represas, usos del agua subterránea y sequía).		
Reducción de la cantidad (volumen) de la afluencia de agua dulce.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento en la salinidad; mortalidad de las plantas sensibles a la salinidad; introducción de animales depredadores marinos en el estuario; reducciones en las poblaciones de crustáceos sésiles; reducciones en las poblaciones de peces sensibles a la salinidad.</li> <li>• Reducción del ingreso de nutrientes naturales; productividad reducida de plantas y animales.</li> <li>• Recarga reducida de sedimentos; pérdida de hábitat de humedales.</li> <li>• Menor descarga estuarina; aumento del potencial de eutrofización y otros impactos de la contaminación causada por los seres humanos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cosechas reducidas de peces y crustáceos económicamente importantes.</li> <li>• Cambios que afectan a las poblaciones humanas que dependen del estuario, incluida la pérdida de los medios de subsistencia de las comunidades pesqueras.</li> <li>• Reducción en el área de hábitats con atracción turística.</li> <li>• Reducción en el valor recreativo de las aguas y el valor de los bienes raíces en las tierras circundantes.</li> </ul>
Aumento de la cantidad (volumen) de la afluencia de agua dulce.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción en la salinidad; mortalidad de las plantas sensibles a la salinidad; reducciones radicales en las poblaciones de crustáceos sésiles; reducciones en las poblaciones de peces sensibles a la salinidad.</li> <li>• Aumento en los nutrientes y sedimentos.</li> <li>• Reducción en la extensión espacial de importantes hábitats bentónicos (por ej., lechos de pastos marinos).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cosechas reducidas de peces y crustáceos económicamente importantes.</li> <li>• Cambios que afectan a las poblaciones humanas que dependen del estuario, incluida la pérdida de los medios de subsistencia de las comunidades pesqueras.</li> </ul>
Pulsos alterados (momento y volumen de las afluencias).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Destrucción o degradación de hábitats adaptados a pulsos estacionales de agua dulce y cambios estacionales en la salinidad.</li> <li>• Reducciones en la población de organismos adaptados a pulsos estacionales de agua dulce.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cosechas reducidas de peces y crustáceos económicamente importantes.</li> <li>• Cambios que afectan a las poblaciones humanas que dependen del estuario, incluida la pérdida de los medios de subsistencia de las comunidades pesqueras.</li> <li>• Reducción en el área de hábitats con atracción turística.</li> </ul>
<b>Calidad Del Agua</b> (Posibles factores que impulsan el cambio en la calidad incluyen agricultura, actividad industrial, urbanización, contaminación y dragado).		
Aumento en los niveles de nitrógeno, fósforo o silice en las aguas que entran.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eutrofización.</li> <li>• Aguas anóxicas o hipóxicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mortalidad de peces económicamente importantes.</li> <li>• Pérdida de atracción recreativa y turística del estuario (en términos de natación, pesca, navegación).</li> <li>• Reducción del valor de los bienes raíces en las tierras que rodean aguas fétidas.</li> </ul>
Aumento en los niveles de sustancias químicas, metales pesados y otros contaminantes tóxicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentración de contaminantes en la cadena alimentaria.</li> <li>• Reducción en la extensión espacial de importantes hábitats ecológicos.</li> <li>• Reducción en la población de los organismos que no pueden tolerar las cargas de contaminantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mortalidad de peces económicamente importantes.</li> <li>• Pérdida de atracción recreativa y turística del estuario (en términos de natación, pesca, paseos en lancha).</li> <li>• Reducción del valor de los bienes raíces en las tierras que rodean las aguas.</li> <li>• Efectos negativos sobre la salud de los seres humanos (por ejemplo, por la ingestión de peces y crustáceos contaminados).</li> </ul>
Cambios en la morfología de la cuenca (como consecuencia del dragado de la sedimentación).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración del tiempo de residencia del agua dulce en el estuario; cambio en el tiempo de descarga y la duración de los contaminantes en el sistema.</li> <li>• Cambio en la calidad del agua (especialmente si se perturban los sedimentos contaminados y los contaminantes se mezclan nuevamente en la columna de agua).</li> <li>• Cambios en el transporte de sedimentos y los modelos de deposición dentro del estuario y en la costa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mortalidad de peces económicamente importantes.</li> <li>• Pérdida de atracción recreativa y turística del estuario (en términos de natación, pesca, navegación).</li> <li>• Reducción del valor de los bienes raíces en las tierras que rodean las aguas.</li> <li>• Aumento en la erosión de las playas.</li> </ul>

## RECUADRO 4: ALTERACIONES A LA AFLUENCIA DE AGUA DULCE

Los proyectos de desarrollo de los recursos hídricos pueden alterar la afluencia de agua dulce a los estuarios de tres maneras:

**Cantidad.** El total de agua dulce que fluye hacia el estuario puede cambiar. La reducción, y en algunos casos la eliminación, de estos flujos es consecuencia de los desvíos de las aguas de superficie corriente arriba con fines de uso humano o de almacenamiento, la extracción excesiva de aguas subterráneas o los cambios en el manejo del suelo y su cobertura que alteran los modelos de la escorrentía de superficie. Igualmente, la afluencia de agua dulce puede aumentar cuando la urbanización

reduce la absorción del agua de lluvia en el suelo y los humedales o cuando el agua de una cuenca se transfiere a otra.

**Pulsos** (variabilidad en el momento y el volumen). Los flujos del río oscilan estacionalmente, siendo más altos durante la estación “húmeda” y más bajos durante la estación “seca”. Los seres humanos influyen en los pulsos de agua dulce mediante el almacenamiento de agua detrás de diques para el control de las inundaciones (y su liberación), el suministro de agua para la agricultura, el agua potable o la generación de energía eléctrica.

**Calidad.** Las actividades humanas pueden ser una fuente de niveles importantes de contaminación en los estuarios. Tanto las fuentes puntuales como no puntuales de contaminantes químicos, patógenos o exceso de sedimentos y nutrientes son causas de preocupación. El almacenamiento de agua detrás de diques o su uso en instalaciones de energía (hidroeléctrica o de otro tipo) también influye en la química y la temperatura del agua que pasa por éstos (Vörösmarty *et al.*, 1997; Ittekkot *et al.*, 2000; Nixon, 2003; Postel y Richter, 2003).

En muchos casos, las alteraciones corriente arriba en el volumen y el momento de la afluencia de agua dulce han tenido como consecuencia la destrucción catastrófica de los hábitats corriente abajo, la pérdida de especies y la degradación de ecosistemas adaptados a cierto rango de afluencia de agua dulce. La **figura 3** muestra la disminución en los desembarcos de pescados en la costa mediterránea de Egipto después de la construcción de la Represa de Aswan. Con frecuencia, no se llevan registros de impactos similares en pequeñas escalas. En muchos casos, pequeños ríos y arroyos que hasta hace unas décadas fluían durante todo el año, ahora sólo fluyen durante la estación de lluvias. Los impactos de este tipo de cambios tienen una gran importancia local para las comunidades de la costa y afectan profundamente la subsistencia de muchas personas, sobre todo de las más pobres. Estos cambios también afectan la dieta y la salud nutritiva de las personas que ya no disponen de peces y crustáceos. A menudo, los impactos acumulativos de estos cambios son de importancia nacional y regional.

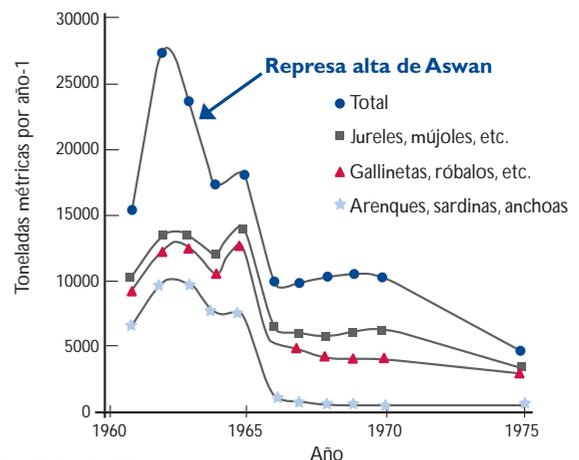
### IMPACTOS EN LAS MEZCLAS Y LOS GRADIENTES DE SALINIDAD

La afluencia de agua dulce también cumple una función clave en la mezcla de las aguas de los estuarios. Cuando se agota la afluencia de agua dulce, las condiciones de salinidad pueden cambiar considerablemente, causando la desaparición de especies que dependen de las condiciones de salinidad más baja de los estuarios. Por otra parte, una gran afluencia de agua dulce, como cuando el trasvase de cuencas trae agua adicional a la cuenca de un estuario, puede ponerle “una tapa” al estuario, que separa las aguas profundas más saladas de la atmósfera. Bajo estas condiciones de mezcla reducida, los nutrientes que el agua dulce arrastra al estuario pueden causar una baja concentración de oxígeno (hipoxia) o ausencia de oxígeno (anoxia) en las aguas del fondo. A su vez, esto puede tener como resultado la muerte

de los organismos acuáticos y otras consecuencias indeseables (Rabalais y Nixon, 2002). Generalmente, la mezcla que realizan las mareas y el viento previene esta situación. Sin embargo, cuando la afluencia de agua dulce es muy grande y las corrientes de la marea son débiles, o cuando hay períodos prolongados con poco o nada de viento, pueden ocurrir episodios de hipoxia o anoxia.

Los gradientes de salinidad actúan como barreras eficaces contra los depredadores, los parásitos y las enfermedades. Esto es de especial importancia cuando los estuarios funcionan como áreas de cría para una diversidad de especies. Las especies que viven en la parte de marea de agua dulce de los ríos y humedales, justo fuera del alcance del agua salada, pueden ser especialmente sensibles a la salinidad más alta que resulta del desvío del

**Figura 3**  
Disminución del desembarco de pescados inmediatamente después de la represa de Aswan



MODIFICADO DE NIXON (2003)



agua corriente arriba. Por ejemplo, las ostras y los camarones requieren salinidad baja para desovar con éxito. Ciertas especies de pastos marinos están adaptadas a salinidades de 0 a 5 ppt. La reducción o destrucción de hábitats con la salinidad adecuada a causa de cambios de la cantidad o estacionalidad de la afluencia de agua dulce a un estuario puede tener como consecuencia una disminución drástica en las poblaciones de estas especies comerciales. Otra consecuencia, a menudo inesperada, del cambio en el gradiente de salinidad es el ingreso de depredadores. Algunos parásitos o depredadores que atacan las poblaciones de ostras pueden volverse sobreabundantes si las variaciones en la salinidad creadas por los pulsos de agua dulce no los mantienen bajo control.

## IMPACTOS SOBRE EL TIEMPO DE RESIDENCIA DEL AGUA EN UN ESTUARIO

Se conoce como tiempo de residencia o tiempo de descarga al tiempo que el agua se mantiene dentro del estuario. El tiempo de residencia es una función del volumen del estuario dividido por la velocidad a la cual se agrega agua de los ríos o se la intercambia con el mar. Los ecólogos y los encargados del manejo muchas veces muestran preocupación por el tiempo de descarga de los estuarios porque los sistemas con descargas lentas son más sensibles a los impactos causados por la contaminación. El tiempo de descarga o de residencia de un estuario varía con la descarga de agua dulce en el sistema y con los cambios en la forma física del estuario causados, por ejemplo, por el dragado de canales.

A medida que aumenta la afluencia de agua dulce, disminuye el tiempo de descarga. El desvío del agua dulce de un estuario durante épocas de bajo flujo estacional puede aumentar considerablemente el tiempo de descarga. Los cambios en el tiempo de descarga de un estuario pueden afectar la ecología del sistema de varias maneras. Por ejemplo, tiempos de descarga más largos aumentan las concentraciones de contaminantes antropogénicos, incluidos los patógenos. La circulación del agua en dos capas

dentro del estuario puede debilitarse y reducir la afluencia de agua profunda del mar abierto. El aumento de la proliferación de algas que estorban y la disminución de las concentraciones de oxígeno pueden resultar en eutrofización. El funcionamiento adecuado de los ecosistemas de estuarios depende del equilibrio entre los aportes, el tiempo de residencia y la descarga.

Si hay una menor descarga, también existe la posibilidad de un aumento en las poblaciones de patógenos, lo que a su vez puede causar un aumento en la propagación de enfermedades a los seres humanos. Los peces y los crustáceos que han acumulado toxinas del agua pueden no ser adecuados para el consumo humano. El agua contaminada por desperdicios no es apta para nadar u otras formas de recreación. Cualquier cambio que afecte la estética de un estuario puede afectar el valor de los bienes raíces. El turismo corriente abajo puede verse afectado severamente por los cambios en la afluencia de agua dulce corriente arriba.

El intercambio de aguas con el mar, típicamente lento, que ocurre en los estuarios lagunares hace que éstos sean especialmente vulnerables a la sobrecarga de contaminantes, y sus aguas productivas, poco profundas, sufren fácilmente la sobrepesca. Sus extensas comunidades bentónicas (que viven en el fondo) también son especialmente sensibles a la contaminación y a la sedimentación por la poca profundidad típica de estos estuarios. Asimismo, el intercambio con el mar que ocurre en los estuarios lagunares se altera fácilmente como consecuencia de proyectos de ingeniería de origen humano. Por ejemplo, para facilitar el pasaje de lanchas entre la laguna y el mar, y para acelerar la descarga de agua contaminada, a menudo se dragan canales a través de la laguna y se construyen entradas de agua permanentes. Estos canales alteran la salinidad, la hidrología y la ecología del estuario. Las pérdidas resultantes en la pesquería y la sedimentación acelerada en la laguna causada por las corrientes fuertes que fluyen a través de las entradas de agua artificiales a menudo toman por sorpresa tanto a los ingenieros como a las comunidades locales.

## IMPACTOS EN LA AFLUENCIA DE SEDIMENTOS

La alteración de la afluencia de agua dulce a los estuarios puede cambiar la carga de sedimentos que se transporta al estuario y a la costa (Vörösmarty *et al.*, 1997; Ittekkot *et al.*, 2000; Nixon, 2003). Las cargas reducidas de sedimento pueden provocar la erosión de las riberas y los bancos de arena que de lo contrario se volverían a llenar con arena y sedimentos; se pueden observar los efectos de la erosión en las playas de la costa que dependen de los sedimentos traídos por el agua dulce para su mantenimiento y “alimentación”. Los humedales intermareales, tales como los manglares, que funcionan como áreas de cría para muchas especies de peces, pueden deteriorarse si no hay una recarga suficiente de sedimentos estabilizadores y ricos en nutrientes. A su vez, esta situación puede conducir a la reducción en las poblaciones de animales (incluidas muchas especies comerciales) que dependen del abrigo que estos humedales proporcionan durante etapas delicadas y tempranas de sus ciclos de vida.

## OTRAS AMENAZAS A LA CALIDAD DEL AGUA

Como se mencionó anteriormente, los cambios en los volúmenes y los pulsos estacionales de las afluencias pueden afectar significativamente la calidad del agua. Además, las descargas de contaminantes dentro de la cuenca, a lo largo de la costa del estuario o dentro del estuario mismo pueden afectar la calidad del agua y el funcionamiento del ecosistema. Históricamente, la preocupación sobre la contaminación del agua se centró inicialmente en fuentes “puntuales”. Estas son las descargas fácilmente identificables de una fábrica, una mina o una planta de tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, en muchos casos, se ha comprobado que las fuentes difusas “no puntuales” que se acumulan como resultado de las prácticas agrícolas, la escorrentía urbana y el transporte de la atmósfera son de una importancia igual o mayor. Estas fuentes no puntuales de contaminantes son mucho más difíciles de regular y controlar.

# VI. UNA METODOLOGÍA PARA LA INTEGRACIÓN DE LA CIENCIA Y LA GOBERNABILIDAD EN EL MANEJO DE LOS FLUJOS DE AGUA DULCE A LOS ESTUARIOS

Se ha escrito mucho sobre cómo integrar la ciencia y la gobernabilidad en el manejo de los recursos hídricos, y sobre métodos para la incorporación de las necesidades hídricas de los ecosistemas naturales a los procesos de toma de decisiones (Davis y Hirji, 2003a, b; Dyson *et al.*, 2003; Postel y Richter, 2003). Esta Guía de Métodos se basa en estos estudios, en particular en los éxitos y los fracasos en la aplicación de prácticas de MIRH y MIZC en los Estados Unidos y en países de América Latina, Asia suroriental y África oriental. El método descrito en esta Guía combina dos tendencias dominantes en la práctica de manejo de ecosistemas grandes (Lee, 1993). La primera es un *proceso de gobernabilidad* que busca comprender y comunicar los intereses de los varios grupos de interesados en el ecosistema corriente arriba y corriente abajo y que negocia planes y políticas, toma decisiones y luego invierte en el monitoreo, la educación y la ejecución, para apoyar estas decisiones y planes. La meta central es crear y mantener un proceso de gobernabilidad que sea justo, transparente y responsable frente a aquéllos que se ven afectados por sus acciones. Las emociones que se liberan durante los debates sobre los valores y las diferentes interpretaciones de la información disponible pueden producir conflictos que deben ser manejados cuidadosamente para mantener la comunicación abierta y productiva. Durante el proceso de gobernabilidad, los valores, las creencias y las visiones de mundo de los individuos y los grupos son elementos centrales y las diferencias pueden generar malentendidos y conflictos.

El buen gobierno debe, a su vez, estar apoyado por la generación e incorporación de *conocimientos válidos* que permitan a los interesados afectados y al equipo del proyecto comprender mejor, y con suerte prever, las consecuencias de los diferentes planes de acción.

Este tipo de conocimiento no sólo fluye de “las ciencias”; abarca el conocimiento tradicional y las observaciones de las personas que conocen los sistemas de los cuales forman parte. Cuando las políticas y las acciones de un programa se basan en hipótesis claramente difundidas y evaluadas utilizando indicadores adecuados, los planes y las acciones resultantes pueden ser vistos como experimentos que proporcionan información acerca de cómo mejorar el manejo a lo largo del tiempo. Este es el punto central del manejo adaptativo utilizado para mejorar la gobernabilidad.

La gobernabilidad eficaz de un sistema estuarino puede surgir y evolucionar de muchas maneras diferentes. El método que se ofrece aquí para la evaluación y el manejo de la afluencia de agua dulce a los estuarios comienza con un análisis de los problemas y las oportunidades (paso 1; véase el **cuadro 4**). Luego continúa con la formulación de un plan de acción (paso 2). Después viene una etapa en la cual los interesados, los administradores y los líderes políticos se comprometen a adoptar nuevas maneras de comportamiento y asignan los recursos con los cuales se implementarán las acciones necesarias (paso 3). Esto involucra la formalización de un compromiso para aplicar el MIRH y la asignación de la autoridad y los fondos necesarios para su puesta en práctica. La implementación de las acciones es el paso 4. La evaluación de los éxitos, los fracasos, el aprendizaje y un nuevo examen de los cambios que los problemas mismos han sufrido completan una “generación” del ciclo de manejo como paso 5. Este ciclo conceptualmente simple (véase la **figura 4**) es útil porque centra la atención en las interdependencias entre los pasos dentro de cada generación y entre las generaciones sucesivas de manejo. El progreso y el aprendizaje son máximos cuando existen muchos ciclos de retroalimentación en cada paso y entre éstos (GESAMP, 1996; Olsen *et al.*, 1997, 1999).

#### Cuadro 4. Esbozo de los pasos esenciales del método descrito en esta Guía

Si bien el cuadro presentado a continuación aparenta describir un proceso lineal, en realidad las acciones asociadas con cada paso a menudo ocurren simultáneamente o en un orden diferente. Debe haber un proceso de aprendizaje constante entre el equipo del proyecto y los socios a fin de fortalecer los vínculos entre las actividades a lo largo de todo el proceso.

### PASO 1. IDENTIFICAR LOS PROBLEMAS Y FORMAR GRUPOS DE APOYO

<b>a. Caracterizar los cambios históricos y previstos en la afluencia de agua dulce</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Realizar una evaluación hidrológica de la cuenca del río a fin de evaluar las tendencias en el uso del agua y los cambios en el volumen y el momento de la afluencia de agua dulce al estuario.</li><li>• Identificar los usos del agua dentro de la cuenca que influyen más sobre la afluencia de agua dulce al estuario.</li></ul>
<b>b. Identificar a los interesados y sus preocupaciones</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Involucrarse con grupos clave en la cuenca y el estuario y esforzarse por desarrollar la confianza y el respeto mutuos entre ellos y el equipo.</li><li>• Investigar y comprender la gama de percepciones de los interesados sobre el cambio en el ecosistema, las respuestas del pasado y las tendencias en la condición y uso de los recursos estuarinos.</li><li>• Seleccionar los VEC que puedan estar amenazados por la alteración de los flujos de agua dulce.</li><li>• Definir los límites de los principales problemas y la manera en que estos problemas están interconectados.</li></ul>
<b>c. Evaluar los futuros impactos potenciales a los componentes ambientales de valor relevante</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Construir modelos conceptuales que vinculen los cambios en la afluencia de agua dulce con las condiciones del hábitat y las especies clave.</li><li>• Evaluar la fortaleza de las relaciones cuantitativas entre el flujo y la ecología y su potencial para predecir las consecuencias ecológicas de los cambios en el manejo del agua.</li></ul>
<b>d. Evaluar el sistema de manejo existente</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Examinar los impactos de los usos pasados en la cuenca y el estuario y evaluar la planificación y los procesos de toma de decisiones a fin de determinar la capacidad de manejo de las instituciones relevantes.</li><li>• Evaluar las fortalezas y las debilidades dentro de las instituciones existentes en lo relacionado con la práctica del manejo adaptativo del ecosistema; especificar las aptitudes y los conocimientos necesarios a fin de implementar con éxito un manejo que vincule a la cuenca y el estuario.</li></ul>
<b>e. Determinar el alcance y el foco de análisis adicional</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Examinar la importancia de los problemas identificados.</li><li>• Identificar las incertidumbres más importantes y los vacíos de información y establecer las prioridades para consultas, monitoreo y evaluaciones adicionales.</li><li>• Determinar los límites geográficos que restringen el alcance de un análisis adicional de los problemas y el monitoreo.</li><li>• Preparar y distribuir un perfil de primer nivel como una declaración inicial sobre el método y el propósito de la iniciativa, impulsados por los temas considerados.</li></ul>

### PASO 2. FORMULAR POLÍTICAS DE MIRHY ESTRATEGIAS PARA SU IMPLEMENTACIÓN

<b>a. Establecer metas con los interesados</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Trabajar con los interesados para definir los resultados sociales y ambientales deseados que constituyen las metas de una iniciativa de manejo integrado de la cuenca y el estuario.</li></ul>
<b>b. Llevar a cabo recopilaciones de datos e investigación focalizadas</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Investigar los elementos desconocidos y las incertidumbres planteados por los posibles cambios en la afluencia del agua dulce al estuario (que fueran identificados en el paso 1).</li><li>• Preparar y distribuir los resultados como un perfil, más completo, de segundo nivel.</li></ul>
<b>c. Elaborar escenarios</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Preparar escenarios para destacar las consecuencias probables de los diferentes cursos de acción y fortalecer a los grupos de apoyo a la iniciativa de manejo.</li><li>• Usar los escenarios como un medio para analizar cursos de acción alternativos con las instituciones que estarán involucradas en la implementación de un plan de acción.</li><li>• Socializar los resultados de la investigación y sus implicaciones.</li><li>• Verificar, corregir y refinar las cuestiones relacionadas con el manejo del agua dulce y sus implicaciones con los interesados a nivel local y nacional e identificar problemas adicionales, si los hay.</li><li>• Promover el diálogo entre los científicos/expertos y las comunidades locales y los interesados en todos los niveles sobre las necesidades y los beneficios de un plan de acción.</li></ul>
<b>d. Experimentar y monitorear</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Experimentar con elementos de un posible plan de acción y un nuevo régimen de manejo, a escala piloto.</li><li>• Comenzar la implementación de una estrategia de monitoreo a largo plazo que documente cambios futuros relevantes a las metas establecidas.</li></ul>

### PASO 3. NEGOCIAR Y FORMALIZAR LAS METAS, LAS POLÍTICAS Y LAS ESTRUCTURAS INSTITUCIONALES PARA LA PROTECCIÓN DE LA AFLUENCIA DE AGUA DULCE

<b>a. Obtener apoyo formal a las políticas para la protección de la afluencia de agua dulce</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Obtener apoyo de las autoridades y seleccionar políticas y reglamentos para la protección de la afluencia de agua dulce.</li><li>• Obtener el compromiso formal necesario para implementar el plan de acción.</li><li>• Definir y obtener la autoridad para emitir los permisos, las convocatorias y/o las adjudicaciones necesarios para implementar el plan de acción.</li><li>• Unirse a las autoridades gubernamentales apropiadas para presentar y refinar el plan de acción propuesto a los interesados.</li></ul>
<b>b. Seleccionar la estructura institucional para la implementación de la política del MIRH</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Seleccionar las herramientas de gobierno que promoverán el progreso en el logro de las metas de la iniciativa.</li></ul>
<b>c. Obtener los fondos necesarios para la implementación sostenible</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Calcular los fondos necesarios para implementar el plan de acción. Distinguir entre fondos básicos a largo plazo y fondos para acciones específicas a corto plazo.</li><li>• Asegurar los fondos para una fase inicial de implementación.</li></ul>

## PASO 4. IMPLEMENTAR EL PROGRAMA DE MIRH DE MANERA ADAPTATIVA

a. Evaluar el grado de cumplimiento de las precondiciones de la implementación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metas del programa.</li> <li>• Participación de los grupos de apoyo al MIRH.</li> <li>• Compromiso con la acción.</li> <li>• Capacidad para implementar el programa.</li> </ul>
b. Promover cambios en el comportamiento dentro de instituciones del gobierno y de ONG	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementación del plan de acción por medio de la colaboración interinstitucional.</li> <li>• Aplicación de las nuevas reglas y procedimientos en el campo.</li> </ul>
c. Promover cambios en el comportamiento de los usuarios de los recursos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumplimiento voluntario de las reglas y los procedimientos.</li> </ul>
d. Promover cambios en las inversiones financieras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconsiderar las inversiones en infraestructura que aumentan la demanda de agua dulce.</li> <li>• Asegurar fondos para la implementación a largo plazo del plan o programa.</li> </ul>
e. Monitorear y practicar el manejo adaptativo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitorear cambios en la afluencia de agua dulce y los componentes ambientales de valor relevante (VEC).</li> <li>• Monitorear la afluencia de agua dulce.</li> <li>• Monitorear la calidad del agua dulce y del agua del estuario.</li> <li>• Monitorear los cambios en los VEC.</li> <li>• Monitorear los comportamientos que indican la implementación del programa.</li> <li>• Adaptar las políticas y las prioridades del programa como corresponda.</li> </ul>

## PASO 5. EVALUAR EL PROGRAMA Y APRENDER DE LOS RESULTADOS

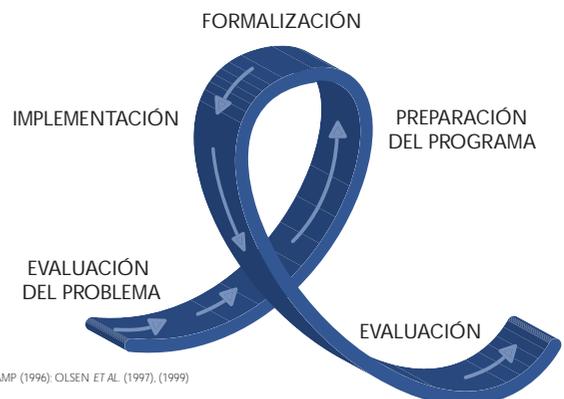
a. Evaluar el desempeño	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluaciones de la calidad de la ejecución.</li> </ul>
b. Evaluar los resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluaciones de los impactos ambientales y sociales.</li> <li>• Autoevaluación del aprendizaje, cambios en el contexto, necesidades de adaptación.</li> </ul>

Estos cinco pasos (véanse el cuadro 4 y la figura 5) pueden completarse en otras secuencias, como por ejemplo, cuando una iniciativa comienza con la promulgación de una ley (paso 3) que proporciona el mandato para analizar problemas y desarrollar un plan detallado de acción (pasos 1 y 2). Sin embargo, el cambio en la secuencia a veces viene acompañado por una menor eficiencia, como por ejemplo, cuando se hace evidente que las autoridades previstas por la ley no son las adecuadas para implementar las acciones necesarias.

Una iniciativa para aplicar los principios del MIRH para conservar o restaurar los flujos de agua dulce puede surgir de diferentes maneras. En algunos casos, una propuesta para construir una represa o para reasignar agua dulce entre los usuarios de una cuenca puede requerir un análisis de impactos y un proceso de planificación en el seno de los organismos gubernamentales responsables. En otros casos, el impulso viene de afuera del gobierno, cuando miembros de la comunidad científica o aquéllos que creen que se verán afectados por la redistribución del agua dulce deciden que ejercerán presión para que se realice una evaluación o revisiones al sistema existente de manejo del agua. Una tercera posibilidad es que la degradación de la calidad de un estuario produzca la demanda de un análisis de las causas y un plan de acción para corregir los problemas existentes. Cualquiera sea el factor desencadenante, el inicio de un esfuerzo de MIRH que haga frente a los impactos de la alteración de los flujos de agua dulce al estuario debe promover la formación de un equipo de personas con el liderazgo y la energía necesarios para evaluar los problemas y, si fuera necesario, abogar por la implementación de políticas y procedimientos de MIRH que puedan responder eficazmente a los problemas identificados.

La naturaleza holística del MIRH, y la necesidad de comprender la dinámica de los flujos y los usos del agua en una cuenca, los usos y el funcionamiento del estuario, las dimensiones institucionales del manejo del agua y la política de las cuestiones que se deben encarar requieren un equipo con capacidades en esos diferentes campos. La inclusión de un sistema costero y marino en el análisis y la planificación añade una capa de complejidad institucional y ecológica y requiere una gama más amplia de pericia de la que es típica en el MIRH centrado en el agua dulce. En este estudio haremos referencia a este grupo como “*el equipo del proyecto*”. Idealmente, el equipo incluirá a individuos expertos en ecología de estuarios, hidrología, economía y las tradiciones del gobierno en la zona. Según el tamaño del ecosistema, la importancia que se atribuye a los problemas planteados por los cambios en la afluencia de agua dulce y las capacidades

**Figura 4**  
El ciclo de políticas del MIZC



GESAMP (1996); OLSEN ET AL. (1997), (1999)

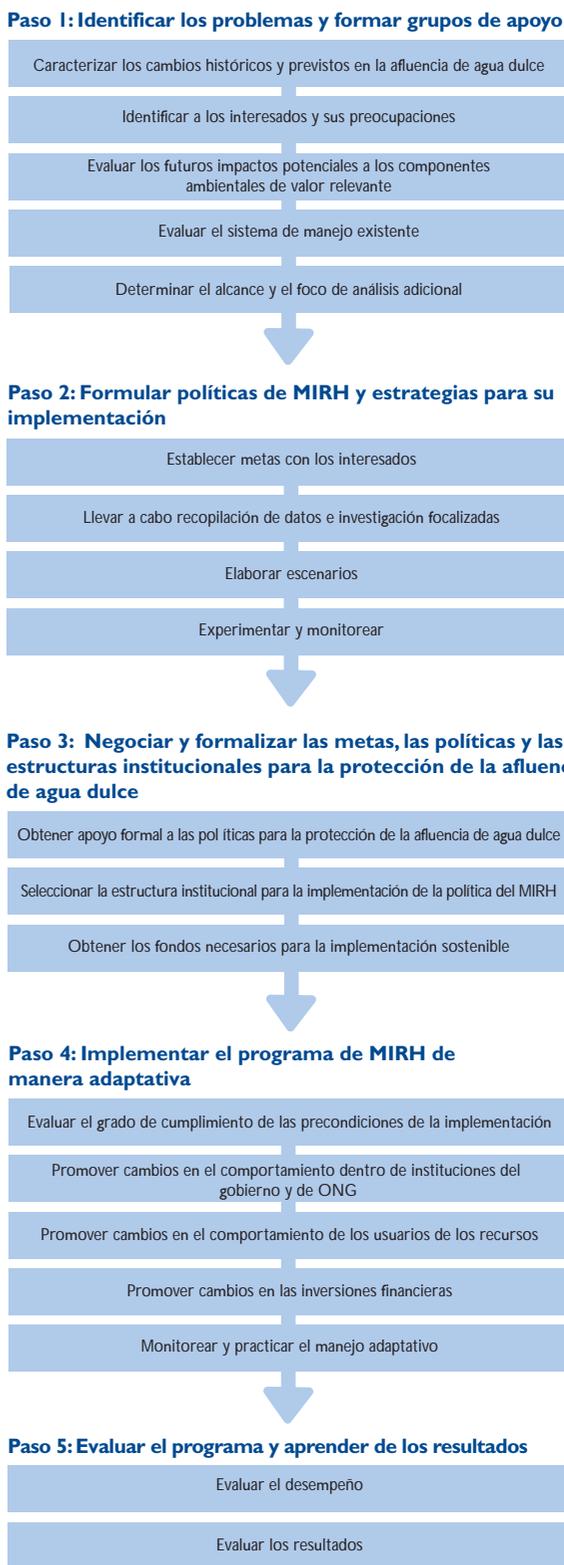
de los individuos involucrados, “el equipo” puede estar formado simplemente por un grupo informal de ciudadanos preocupados por estos asuntos o por un equipo de expertos altamente calificados, constituido formalmente y con fondos asignados. La metodología que se ofrece en este estudio para el análisis, la planificación y la implementación de un programa de MIRH que vincule las cuencas y los estuarios puede ser adaptada a toda la gama de este tipo de situaciones.

Cuando se considera una iniciativa de MIRH, la tarea inicial para el equipo del proyecto es identificar cuál de los cinco pasos se ajusta más a la situación actual en su zona. Las prioridades del equipo deben ser diferentes si se conocen las consecuencias de la alteración de la afluencia de agua dulce al estuario y hay necesidad de influir en las acciones de un programa en curso (paso 4), en comparación con situaciones en las cuales las consecuencias de los cambios en la afluencia requieren un análisis cuidadoso (paso 1). De la misma manera, lo más adecuado en un momento de debate y de toma de decisiones en el seno de un gobierno sobre las políticas y el marco institucional que guiarán el futuro manejo del agua (paso 3) puede ser adoptar acciones rápidas y altamente estratégicas sobre uno o dos asuntos. La situación más fácil de manejar es cuando los organismos gubernamentales responsables del manejo del agua dulce y del estuario están involucrados en un proceso de planificación y formulación de políticas y han asignado los recursos necesarios. En este caso, el equipo del proyecto tendrá el mandato y los recursos y todos los pasos de esta Guía se podrán, y se deberán, seguir en el orden indicado.

Una norma de todos los procesos serios de planificación y toma de decisiones basados en el ecosistema es que los problemas, las metas y las estrategias para un lugar específico deben ser vistos dentro del contexto del próximo sistema más amplio. Este contexto más amplio puede ser la provincia (o estado) o, en el caso de estuarios grandes con cuencas de captación muy amplias, la nación o la región dentro de la cual está trabajando el equipo del proyecto. A estas grandes escalas, ciertos eventos tendrán una influencia importante sobre las perspectivas del equipo del proyecto para aplicar nuevas políticas y procedimientos al manejo del agua dulce de un estuario individual y su cuenca. Las perspectivas de una iniciativa de MIRH que requiere un alto nivel de cooperación entre varios organismos gubernamentales recibirán una influencia muy fuerte de las tradiciones y la “cultura” dentro de los organismos gubernamentales involucrados y la presencia o ausencia de líderes motivados en las posiciones clave.

Algunos usuarios de los recursos de agua dulce o del estuario tienen un grado de influencia desproporcionado comparado con el de otros. Los cambios en los gobiernos de un partido o filosofía política a otro pueden causar serios contratiempos a un esfuerzo de MIRH o, por el contrario, impulsarlo. Por lo tanto, el progreso que puede realizarse y las estrategias adoptadas para alcanzar las metas del MIRH deben estar ajustados al clima político y reconocer que hay otros problemas que compiten por la atención en un país determinado en un momento determinado. Por esto, en estas escalas más amplias, el equipo del proyecto debe mantenerse informado sobre los acontecimientos.

**Figura 5**  
Diagrama de flujo del método descrito en esta Guía





RICARDO BRIONES

## RECUADRO 5: EJEMPLOS DE METODOLOGÍAS PARA EVALUAR LOS REQUISITOS DE AGUA DULCE DE LOS ESTUARIOS

El cálculo de los efectos de la alteración de la afluencia de agua dulce a un estuario con el fin de administrar eficazmente los flujos que mantienen su salud es un tema complejo que ha sido enfocado desde diferentes perspectivas. Por ejemplo:

- En Estados Unidos ha habido por lo menos dos compilaciones importantes de investigación sobre el tema de la afluencia de agua dulce. Un simposio que tuvo lugar en San Antonio, Texas, en 1980 se centró en el tema “Afluencia de agua dulce a los estuarios” (Cross y Williams, 1981). La meta del simposio era identificar posibles soluciones y recomendaciones para encarar los problemas de los regímenes alterados de la afluencia. Un segundo simposio se llevó a cabo en St. Petersburg Beach, Florida, en 2001, sobre el tema “Afluencia de agua dulce: Ciencia, política y manejo” (Montagna *et al.*, 2002). El segundo simposio es significativo porque en el período intermedio de 21 años entre ambos congresos, muchos organismos comenzaron a implementar normas y regulaciones para la afluencia de agua dulce, investigaron los efectos de las normas e incluso intentaron restaurar estuarios en los cuales la afluencia se había reducido. En el volumen de 2002, hay varios estudios de caso detallados sobre estuarios en Australia, Sudáfrica y Estados Unidos (Montagna *et al.*, 2002).
- La Comisión de Recursos Hídricos de Sudáfrica publicó un enfoque integrado de modelos para hacer frente al problema (Slinger, 2000). Se identificaron y vincularon cinco modelos para los requisitos de agua dulce de los estuarios. Los modelos vinculados se aplicaron a dos estuarios de Sudáfrica para simular las respuestas corriente abajo a una gama de escenarios de afluencia.
- Pierson *et al.* (2002) prepararon un informe detallado que encara los requisitos de agua dulce de los estuarios. Este informe se centra en Australia, pero los métodos descritos pueden adaptarse a los estuarios de otros lugares. Elabora una metodología para determinar el nivel de amenaza a un estuario y la cantidad de flujo necesaria para mantener las funciones normales del estuario, identificar los vacíos de datos, evaluar la eficacia de los criterios usados para determinar el flujo e implementar los requisitos de flujo ambiental. Éste es un informe completo que se centra en los efectos ecológicos de las variaciones en la afluencia de agua dulce a los estuarios.

# VII. PLANIFICACIÓN PARA EL MANEJO DE LA AFLUENCIA A UN ESTUARIO: PASOS 1 A 3

## PASO 1: IDENTIFICAR LOS PROBLEMAS Y FORMAR GRUPOS DE APOYO

Es esencial reconocer que cualquier proceso de MIRH que una cuenca con su estuario necesitará el respaldo del gobierno y debe obtener el apoyo de las personas del lugar para que su implementación tenga éxito. Por lo tanto, una característica clave de este método es que la futura gobernabilidad del ecosistema debe estar basada en el desarrollo con las personas del lugar y con organismos gubernamentales responsables, una apreciación completa del pasado y de las condiciones actuales y de los procesos sociales y biofísicos que las han moldeado.

La integración del manejo de una cuenca con el manejo de un estuario es particularmente difícil porque los principales grupos de usuarios o de interesados más directamente afectados por los cambios en la asignación de agua dulce pueden vivir y trabajar en lugares muy alejados los unos de los otros. Pueden no estar enterados de los vínculos entre, por ejemplo, la deforestación en la cuenca superior, o la construcción de una represa, y la abundancia futura de los camarones o la condición de los manglares en un estuario remoto. De la misma manera, es posible que los organismos gubernamentales responsables por el manejo de conflictos y la asignación de agua dulce en una cuenca nunca hayan tenido relación con el organismo responsable por el manejo de un estuario. Para establecer nuevas relaciones se requiere identificar los intereses comunes y desarrollar la confianza entre las partes. Esto puede ser difícil y tomar mucho tiempo. La identificación de los problemas de manejo que constituyen una preocupación de todas las partes es un primer paso constructivo para encontrar ese terreno común.

El equipo del proyecto debe comenzar por suponer que existe una considerable información sobre la cuenca y el estuario que se debe encarar, incluida la información que poseen los habitantes y los usuarios del ecosistema. La primera prioridad del equipo del proyecto es recopilar la información existente sobre las tendencias históricas en la condición y las actividades de la cuenca y su estuario, y sobre los problemas de manejo planteados por los cambios en la afluencia de agua dulce. Puede ser necesaria la recopilación de datos y la investigación de bajo costo a fin de aumentar la información preexistente. Si bien se pone énfasis en la identificación de los problemas sociales y ambientales planteados por los cambios en la afluencia de agua dulce, la descripción inicial debe situar estos problemas dentro del contexto más amplio de las tendencias en el uso y el desarrollo de todo el ecosistema. Se debe presentar una síntesis de la información y de los conocimientos existentes sobre problemas de manejo importantes y se los debe distribuir como “perfil de primer nivel”. En el **recuadro 6** se presentan las preguntas clave que se deben encarar en este documento de perfil de primer nivel.

Según la escala geográfica y la complejidad del área del proyecto y los recursos disponibles, generalmente el equipo de un proyecto aplicará una mezcla de las siguientes técnicas para llevar a cabo el análisis:

- Conversaciones no estructuradas con grupos e individuos.
- Entrevistas individuales con las autoridades pertinentes y los representantes de los interesados (por ejemplo, entrevistas de campo con pescadores experimentados).
- Uno o más talleres estructurados con personas seleccionadas por sus conocimientos y su preocupación por el lugar.
- Una revisión y síntesis de la información secundaria disponible, en particular datos del medio ambiente.
- Encargar un análisis más sofisticado sobre el estado y las tendencias de variables seleccionadas.

Las secciones siguientes describen algunos de los elementos clave de la evaluación que deberán ser integrados y resumidos en el perfil de primer nivel.

### Caracterizar los cambios históricos y previstos en la afluencia de agua dulce

Como se vio en las secciones II a V, la salud de los ecosistemas de agua dulce y estuarinos está íntimamente ligada a la variabilidad natural de los flujos y los volúmenes de agua, y para mantener estos ecosistemas es necesario que los flujos mantengan semejanza con estos flujos naturales (Postel y Richter, 2003; Longley, 1994). El objetivo de esta tarea inicial es determinar: (1) cuál ha sido la variabilidad natural en la cantidad y el momento de la afluencia de agua dulce, (2) si la cantidad y el momento de la afluencia de agua dulce ha cambiado con el paso del tiempo y (3) si es probable que cambien en el futuro. Es esencial completar esta primera tarea a fin de establecer una base para el resto del proceso. Si la afluencia de agua dulce no ha cambiado y no es probable que cambie en el futuro, no hay motivo para continuar con el método descrito en esta Guía.

Esta tarea comienza con la recopilación y revisión de los datos hidrológicos, los informes, los modelos y otros registros históricos ya existentes. Pueden hallarse datos sobre la disponibilidad y el uso de los recursos hídricos en los organismos encargados del manejo del agua a nivel local o regional, las instituciones agrícolas y los organismos municipales. Según los datos disponibles, y el tiempo y los recursos disponibles para realizar mediciones adicionales de las condiciones hidrológicas, se pueden llevar a cabo diferentes tipos de análisis, incluidas



## RECUADRO 6: PREGUNTAS IMPORTANTES QUE SE DEBEN ENCARAR EN EL PASO 1

### 1. Características de la afluencia de agua dulce

- ¿Hay una fluctuación natural fuerte del flujo de agua entre estaciones o de un año al otro?
- ¿Cuáles son los impactos pasados y actuales de las actividades humanas en el estuario, su cuenca y los flujos de agua dulce?
- ¿Cómo se ha manejado el agua dulce en el pasado y cuáles fueron las consecuencias?
- ¿Cuán importantes son los cambios en el agua dulce (uso y asignación del agua) comparados con otros problemas sociales y ambientales en este ecosistema?
- ¿Qué instituciones son responsables del manejo del agua dulce en la cuenca y cuáles son sus capacidades para poner en práctica un manejo basado en ecosistemas?
- ¿Qué cambios ocurrieron o se espera que ocurran en la cantidad, calidad y momento de la afluencia de agua dulce? ¿Cuáles son las amenazas potenciales y futuras a los componentes ambientales de valor relevante (VEC) y a la salud del estuario, si es que existen?
- ¿Cuáles son las causas de los cambios esperados?

- ¿Cuáles son los posibles impactos de tales cambios sobre los bienes y servicios que el estuario genera para la población humana asociada? ¿Cuáles son los problemas en su relación con la sociedad humana, el medio ambiente y el sistema de gobernabilidad?

### 2. Características del estuario

- ¿Cuáles son las características definitorias de la cuenca y su estuario?
- ¿Es éste un estuario negativo, neutral o positivo en términos de su balance hídrico? ¿Cambia esto estacionalmente?
- ¿Cuál es la razón del área del estuario al área de su cuenca?
- ¿Es el estuario somero o profundo?
- ¿Los sedimentos del fondo son predominantemente arena, barro o roca?
- ¿Es la circulación débil o fuerte?
- ¿Hay evidencia de condiciones eutróficas?

### 3. Características de la comunidad humana

- ¿Cuáles son los intereses de los diversos grupos de interesados en la cuenca y el estuario? ¿Qué perciben ellos como los principales problemas, opciones y resultados deseados?

- ¿Cuáles son los VEC de mayor importancia para los diversos interesados de la cuenca o la zona costera?
- ¿Cuál es la distribución e intensidad de las actividades humanas en el estuario? ¿Dónde se encuentran los principales lugares de pesca, los puntos de acceso al estuario, las áreas de recreación y las atracciones turísticas?
- ¿Cuál es el marco de gobernabilidad actual? ¿Cómo se llevan a cabo la planificación y la toma de decisiones que afectan a la cuenca y el estuario? ¿Cuál es la capacidad del sistema de gobernabilidad para negociar e implementar un plan de acción que haga frente tanto a los problemas de la cuenca y el estuario como a la interdependencia entre ambos?
- En general, ¿han mejorado o empeorado las condiciones sociales en torno al estuario y para quienes dependen del estuario? ¿Por qué?
- Dado el contexto más amplio de problemas sociales y ambientales, ¿son los cambios previstos en el estuario lo suficientemente significativos como para exigir que se les preste atención?
- ¿Cómo se pueden traducir los resultados de esta evaluación en una estrategia?

evaluaciones de los cambios en la afluencia de agua dulce basadas en los registros históricos del flujo del río, la elaboración de un balance hídrico o el desarrollo de un modelo hidrológico de la cuenca. En los siguientes párrafos se describen el uso y la necesidad de estos métodos diferentes.

La mejor manera de comprender las características de la afluencia natural, y de los cambios provocados por los seres humanos en estas características, es examinar los registros históricos del flujo del río. En "el mejor de los casos", se habrán tomado medidas diarias o mensuales del flujo del río durante períodos de tiempo suficientemente largos para permitir una evaluación de los cambios a lo largo del tiempo. Estos datos habrán sido recopilados durante un período razonablemente largo (por ejemplo, más de 20 años) cerca del punto (o de los puntos) de principal afluencia de agua dulce al estuario, y las mediciones de los flujos habrán comenzado antes de iniciar cualquier tipo de desarrollo sustancial de los recursos hídricos para uso humano que pueda haber alterado significativamente la afluencia al estuario (por ejemplo, grandes desvíos, construcción de represas). Cuando este tipo de datos se halla disponible, es bastante sencillo determinar las características de la afluencia natural y la naturaleza de cualquier cambio a estas características durante el período de las afluencias medidas. La evaluación hidrológica puede incluir análisis estadísticos de las tendencias en la afluencia de agua dulce a lo largo del tiempo, o puede simplemente involucrar un examen visual de los hidrogramas, tal como se muestra en la **figura 6**. Cuando examina los registros de datos históricos, el investigador debe buscar indicios de cambios en aspectos de la afluencia de agua dulce que puedan afectar la salud del estuario (véase el **recuadro 6**).

En muchas cuencas que desaguan en los estuarios pueden no existir registros de datos de suficiente duración que permitan analizar los cambios o las tendencias, por lo menos no en los puntos de principal afluencia al estuario. Además, puede suceder que los registros de datos no tengan la suficiente antigüedad para proporcionar indicios sobre cómo había sido la afluencia natural. Asimismo, los registros históricos tampoco pueden

decirnos cuánta variación se anticipa en la afluencia de agua dulce en el futuro, dado que los usos del suelo y del agua en una cuenca cambian. Por estos motivos, generalmente es necesario desarrollar un balance hídrico o un modelo de simulación hidrológica para comprender cuánto cambio hidrológico ocurrió, o es probable que ocurra en el futuro.

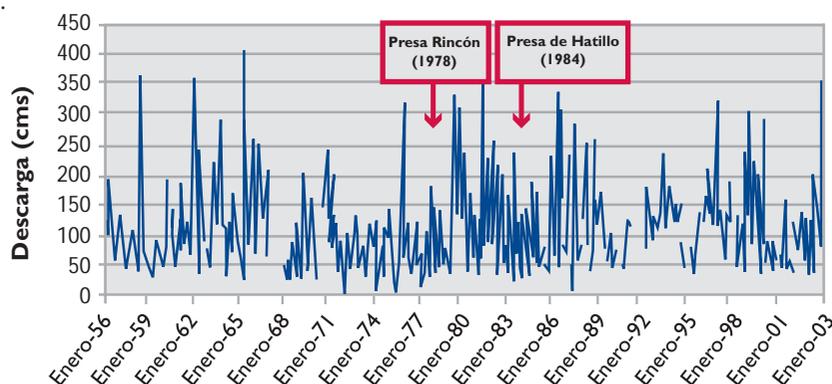
Se puede desarrollar un balance hídrico para explicar las fuentes y los usos del agua en una cuenca, facilitando la comprensión de la magnitud y la naturaleza de los cambios en la afluencia de agua dulce. Al igual que una cuenta de banco, un balance hídrico rinde cuenta de todos los depósitos principales (entradas) y retiros (pérdidas) de agua en una cuenca; si estas entradas o retiros han cambiado sustancialmente como consecuencia de las actividades humanas, los cambios en el "saldo" del balance hídrico aparecerán como cambios en la afluencia de agua dulce al estuario. Hay muchas fuentes de entrada de agua a los estuarios, incluidos los ríos, la descarga de agua subterránea, la precipitación directa en el estuario, la escorrentía difusa de las tierras adyacentes al estuario y, quizás, importaciones de agua de otras cuencas mediante trasvase de cuencas. La principal pérdida natural de agua de una cuenca fluvial es la evapotranspiración, que representa la pérdida combinada de agua por evaporación directa y uso por parte de las plantas. Los usos humanos pueden incluir desvíos de agua para las ciudades, granjas e industrias. Puede suceder que parte o mucha del agua desviada vuelva al río después de ser usada (por ejemplo, para irrigación o energía hidroeléctrica), y estos flujos que vuelven al río deben ser tomados en cuenta en el balance hídrico. Además, muchos usos del agua incluyen la captura y el almacenamiento de agua en embalses, lo que puede modificar sustancialmente el momento de los flujos de agua a los estuarios corriente abajo o aumentar la pérdida de agua por evaporación, y estos efectos también se deben tener en cuenta en el balance hídrico.

Para comprender el impacto de los usos humanos del agua en la afluencia de agua dulce al estuario, se debe calcular un balance hídrico tanto para condiciones "naturales" (sin desarrollar) como

**Figura 6**  
**Datos del flujo típico de un río**

Warner, A. (2005).

### Río Yuna cerca de El Limón (1956-2003)





para condiciones “de desarrollo”; si el potencial de impactos de los cambios futuros en el uso del suelo o del agua es fuente de preocupación, también se puede evaluar un escenario “futuro” utilizando balances hídricos. Puede prepararse un balance hídrico que tome en cuenta todas las entradas y usos del agua para una cuenca completa o sólo para una parte de la cuenca. Puede ser deseable evaluar una subcuenca a fin de determinar el impacto de los usos del agua en un afluente importante. Asimismo, se pueden calcular balances hídricos para un año promedio o para años húmedos o secos con el fin realizar comparaciones, o se pueden calcular para períodos más breves, tales como intervalos mensuales e incluso diarios. La resolución espacial o temporal de un balance hídrico dependerá del nivel de exactitud y detalle que el equipo del proyecto crea necesario para caracterizar los cambios inducidos por los seres humanos en la afluencia de agua dulce al estuario. Esta decisión se determinará, en gran parte, por la necesidad de comprender los impactos potenciales o históricos de los cambios hidrológicos sobre los “componentes ambientales de valor relevante” (VEC, por su sigla en inglés) en el estuario, como se examina más adelante en este capítulo. Algunos componentes ambientales pueden recibir un impacto muy fuerte de eventos hidrológicos de plazo relativamente corto, tales como la suspensión de la afluencia de agua dulce por un período breve durante la estación crítica de reproducción. En este caso, los balances hídricos deben calcularse en plazos semanales o incluso diarios. Por otra parte, muchos componentes ambientales dependen de fluctuaciones hidrológicas de duración más larga, tales como las que afectan los gradientes de salinidad en un estuario. En estos casos son suficientes los balances hídricos mensuales. Por lo tanto, la resolución temporal necesaria para las evaluaciones o los datos hidrológicos dependerá de la naturaleza de los vínculos causales entre la afluencia de agua dulce y los componentes ambientales que deben ser evaluados para la elaboración de un plan de manejo para el estuario.

Asimismo, los datos requeridos para la elaboración de un balance hídrico dependerán de la resolución espacial o temporal deseada. Sin embargo, generalmente se puede elaborar una primera versión del balance hídrico usando muy pocas mediciones de campo de la cuenca en cuestión (o ninguna), especialmente si se pueden realizar estimaciones de las principales variables, tales como precipitación y evapotranspiración, a partir de mapas climáticos regionales o de las estaciones de monitoreo climático ubicadas en otras cuencas. Si se han recopilado medidas de flujo en cualquier parte de la cuenca, éstas pueden ser muy útiles para calibrar o evaluar la exactitud de las estimaciones del balance hídrico. Como regla general, en la medida de lo posible se deben elaborar balances hídricos mensuales porque los balances hídricos anuales no revelarán variaciones estacionales importantes que pueden tener consecuencias significativas para la afluencia de agua dulce.

Los modelos de simulación hidrológica son muy útiles para comprender las diferencias temporales y espaciales en el ciclo hidrológico de una cuenca. La mayoría de los modelos de simulación hidrológica no son más que balances hídricos computarizados, que se calculan a escalas temporales que generalmente varían desde horas a días, y hasta meses. Puede ser pesado o poco práctico calcular los balances hídricos a intervalos diarios o semanales por medio de hojas de cálculo u otro tipo de resúmenes tabulares, dada la probable presencia de muchas actividades humanas en una cuenca que afectan a los flujos de agua de diferentes maneras y en momentos diferentes. Los modelos computarizados también pueden simular demoras temporales en el movimiento del agua a través de una cuenca que no entran en cuenta en los balances hídricos, como el agua subterránea que se mueve a través del suelo o una inundación que se mueve corriente abajo en cuencas fluviales grandes. Los modelos computarizados son también particularmente útiles en la evaluación de la influencia del funcionamiento de las represas,

en las cuales el agua se almacena temporalmente y luego se libera para satisfacer las necesidades de las ciudades, granjas o industrias, para controlar las inundaciones o para generar energía hidroeléctrica. El funcionamiento de las represas puede ejercer una influencia importante en la cantidad y el momento de la afluencia de agua dulce a un estuario.

Sin importar el método de evaluación hidrológica utilizado por el equipo del proyecto, también será sumamente importante considerar los posibles usos futuros del agua que pueden inducir cambios en la afluencia de agua dulce al estuario. Probablemente estas conclusiones incluyan una dimensión dedicada a la calidad del agua, dado que los usos del agua dulce, según se ve en este análisis “a grandes rasgos”, a menudo suponen adiciones de nutrientes, agregados de contaminantes (por ejemplo, provenientes de la minería o la agricultura) en mayor o menor cantidad y agregados de sedimentos también en cantidades que varían de un caso al otro. Estas proyecciones futuras deben basarse en planes conocidos propuestos por los organismos gubernamentales, propuestas privadas o valores y demandas de los interesados. Estos escenarios futuros pueden ser investigados hasta cierto punto en el paso 1, pero probablemente sea necesario volver a este paso después de desarrollar escenarios futuros con los aportes de los interesados y de los encargados de tomar decisiones (como se analiza en el paso 2) con el fin de evaluar la posible influencia de estos escenarios sobre la afluencia de agua dulce.

### Identificar a los interesados y sus preocupaciones

Los interesados deben ser consultados para que los asuntos que se deben encarar en el paso 1 y que deben ser incorporados en el perfil de primer nivel tomen en cuenta las percepciones de una gama diversa de grupos de interesados. Esto es esencial si se espera que los interesados comprendan el esfuerzo, lo apoyen y participen plenamente en él.

Un objetivo clave de esta tarea es la identificación de los atributos y los problemas del estuario que interesan a las personas. Después de evaluar los cambios históricos y potenciales de la afluencia de agua dulce, el equipo del proyecto puede comenzar a identificar qué especies y hábitats estuarinos pueden llegar a verse afectados. Entre las características que se piensa que están en peligro, hay un subconjunto que las personas que viven en el área o usan el estuario perciben como valiosas o como fuente de preocupación. Estos subconjuntos de características biológicas se llaman “componentes ambientales de valor relevante” o VEC.

Hay dos categorías amplias de VEC: especies individuales y hábitats estuarinos. Los hábitats, en particular los lechos de pastos marinos, lechos de crustáceos, manglares, otros humedales y comunidades definidas que habitan el fondo, están fijos y pueden ser identificados y mapeados fácilmente. Los pantanos de agua dulce o salada, los hábitats de pastos marinos y los arrecifes de ostras son particularmente sensibles a los cambios en la afluencia de agua dulce. Las medidas de la productividad del hábitat, su extensión (biomasa o área), diversidad, composición de las especies y persistencia en el transcurso del tiempo son todos indicadores de la salud de estos hábitats y, por extensión,



THE NATURE CONSERVANCY

de todo el estuario. En áreas que no tienen hábitats de vegetación extensa o de arrecifes, son importantes las características del hábitat de fondo blando (Montagna y Kalke, 1992). Generalmente, los pobladores locales que usan el estuario comprenden y aprecian las funciones de estos hábitats. Especies individuales, como los camarones, los peces y los crustáceos, importantes para la subsistencia de los pobladores locales, o especies particulares de aves o mamíferos marinos, también son buenas candidatas para ser VEC. Pueden volverse símbolos con los cuales la comunidad afectada y el público más amplio se pueden identificar.

Dado que los cambios en el flujo de agua a un estuario serán evaluados en términos sociales, económicos y políticos, al seleccionar las especies o hábitats que serán el centro de atención de la fijación de metas y del manejo se debe tener en cuenta su valor para una amplia gama de interesados. Los valores pueden ser económicos —fuente de subsistencia— o simbólicos. Al elaborar un perfil de primer nivel, el equipo del proyecto debe trabajar con los líderes de la comunidad y con funcionarios del gobierno con el fin de identificar qué especies o hábitats son de interés para varios grupos. Por ejemplo, en la Bahía de Chesapeake, en la zona oriental de los Estados Unidos, tiempo atrás las ostras y los cangrejos azules mantenían importantes pesquerías y eran elementos centrales en la identidad cultural de millones de personas. Estas especies eran elecciones obvias para VEC. En el Mar de Wadden, frente a la costa de Holanda, el público ve a la saludable población de focas como el símbolo de un mar sano.

Hay cinco criterios importantes a tomar en consideración en la elección de un VEC:

- La importancia económica, cultural, ambiental y/o política.
- La comprensión científica de la conexión entre los VEC y los cambios en la afluencia de agua dulce.
- Facilidad de las mediciones.
- Sensibilidad y rapidez de la respuesta a los cambios en la afluencia de agua dulce.
- Falta relativa de influencia en la condición de los VEC por factores distintos a la afluencia de agua dulce.

Algunos indicadores de la condición del VEC son difíciles de medir o requieren instrumentos sofisticados o técnicas de laboratorio. Por ejemplo, es muy difícil obtener una estimación exacta del tamaño de la población de especies de peces muy móviles. Al considerar cuidadosamente los cinco criterios listados, el equipo del proyecto debe poder seleccionar indicadores razonables para usar en la determinación de las necesidades de afluencia de agua dulce y en el monitoreo de la eficacia del programa de manejo de la afluencia. Son ideales los VEC que pueden ser mapeados sin esfuerzo y que ofrecen acceso fácil en aguas poco profundas. Las marismas, los manglares, los arrecifes de ostras y los lechos de pastos marinos son ejemplos de características afectadas por la afluencia de agua dulce y que pueden ser mapeadas con relativa facilidad.

El **cuadro 5** proporciona información sobre VEC que se eligen comúnmente. Dado que esta Guía de Métodos enfatiza los métodos de bajo costo y poca tecnología que son apropiados para usar en países de bajo ingreso, hemos dado prioridad a indicadores que pueden ser relevantes en estas condiciones y que pueden medirse fácilmente.

### Evaluar los impactos futuros potenciales a los componentes ambientales de valor relevante

Después de identificar los VEC, el equipo del proyecto deberá emprender una evaluación de los impactos potenciales de los cambios de la afluencia de agua dulce sobre éstos. Este tipo de evaluación generalmente comienza con el desarrollo de modelos conceptuales simples que describen la influencia conocida o supuesta de la afluencia de agua dulce sobre cada uno de los VEC. Con frecuencia, la conexión entre la afluencia de agua

dulce y los VEC es indirecta; la afluencia de agua dulce, por ejemplo, puede afectar las condiciones de salinidad en un estuario, lo que a su vez ejerce una gran influencia sobre algunas características biológicas. Por ejemplo, en la Bahía de Samaná, en la República Dominicana, la afluencia de agua dulce determina la salinidad del estuario interior y la productividad asociada de una importante pesquería de camarones blancos. El modelo conceptual presentado en la **figura 7** fue desarrollado para ilustrar los vínculos conocidos y supuestos entre la cantidad y el momento de la afluencia de agua dulce, las condiciones de salinidad en el área de la bahía habitada por los camarones y su productividad.

En base a los modelos conceptuales, tomados como referencia, el equipo del proyecto puede comenzar a investigar los vínculos clave de causa y efecto. Por ejemplo, dos años de mediciones de la afluencia de agua dulce y los niveles de salinidad en la Laguna de Términos en el sureste de México en proyectos asociados con el desarrollo de esta Guía revelaron una relación cuantitativa bastante fuerte entre el flujo y la salinidad (véase la **figura 8**). A partir de esta relación, los investigadores pudieron realizar predicciones acerca de los cambios probables en la salinidad que acompañarían los cambios futuros en la afluencia de agua dulce, así como las consecuencias para los VEC dependientes de condiciones de salinidad específicas en ese estuario (por referencias a los informes relevantes, véase la sección XI).

La salinidad es un determinante crítico de las características del hábitat de un estuario, como se explicó al comienzo de esta Guía. Como ya se mencionó, los cambios en la salinidad causados por variaciones en la afluencia de agua dulce pueden afectar la distribución de la vegetación enraizada y tanto la de los organismos sésiles (relativamente inmóviles) como la de los móviles, lo que a su vez puede tener un efecto ecológico y económico adverso. Dado que las condiciones de salinidad de un estuario son tan importantes para la distribución y la diversidad de las especies y las necesidades del ciclo biológico, se utiliza la relación flujo-salinidad como base para establecer metas de manejo de afluencias y estándares reglamentarios en varios estuarios de los Estados Unidos, entre los que se incluyen la Bahía de San Francisco (Kimmerer, 2002), bahías y estuarios en Texas (Powell *et al.*, 2002) y el río y estuario Loxahatchee al sur de Florida (Alber, 2002). En cada uno de estos casos se han realizado estudios adicionales para vincular las distribuciones y los cambios de salinidad con una variedad de indicadores biológicos. Los científicos y los encargados de elaborar los

**Figura 7**

**Modelo conceptual de las relaciones entre la afluencia de agua dulce, los niveles de salinidad y la productividad de camarones en la Bahía de Samaná, República Dominicana**



**Cuadro 5. Ejemplos de los componentes ambientales de valor relevante (VEC)**

VEC	IMPORTANCIA	INDICADOR QUE DEBE SER MEDIDO	IMPACTO DE LA ALTERACIÓN EN EL AGUA DULCE Y REFERENCIAS DE INTERÉS
<b>Especies</b>			
Camarones	Pesquería económicamente importante. Fuente alimenticia de alto contenido proteico.	Abundancia de la población, captura anual.	Se ha observado que las poblaciones de camarones blancos aumentan cuando aumentan las precipitaciones y las descargas fluviales, posiblemente debido al aumento de nutrientes y productividad asociados con un mayor flujo fluvial (Mueller y Matthews, 1987). Los datos de capturas comerciales sugieren que los camarones blancos son más abundantes en aguas de baja salinidad (menos de 10 ppt) y que la salinidad es un factor limitante en la distribución y abundancia de los camarones en aguas costeras (Longley, 1994; Gunter <i>et al.</i> , 1964).
Almejas	Fuente alimenticia de alto contenido proteico. Pesquería económicamente importante. Ecológicamente importante por su actividad de filtración, que sirve para mejorar la claridad del agua.	Abundancia de la población, captura anual, turbidez.	Higano (2004) atribuye a cambios costeros recientes (es decir, reclamación de tierras, construcción de represas) el aumento de los sedimentos finos en suspensión descargados en las zonas litorales y la consiguiente disminución de la captura anual de la almeja japonesa.
Vieiras o conchas de abanico	Fuente alimenticia de alto contenido proteico. Pesquería económicamente importante. Ecológicamente importante por su actividad de filtración, que sirve para mejorar la claridad del agua.	Abundancia de la población, captura anual, turbidez.	Stone y Palmer (1973) sugirieron que la exposición a largo plazo a niveles de turbidez mayores que 500 ppm puede interferir con el crecimiento normal y el proceso reproductivo de las vieiras de la bahía atlántica.
Peces	Fuente alimenticia de alto contenido proteico. Económicamente críticos	Abundancia de la población, captura anual.	El aumento en la salinidad de los ambientes estuarinos puede causar una disminución en la biodiversidad y la producción de peces (Craig, 2005). Peters (1982) sugiere que las condiciones de alta salinidad en el estuario (como resultado de su alteración en el agua dulce) pueden ser dañinas para los huevos de ciertas especies de peces. Evidentemente, la abundancia de peces se determina, en gran medida, durante la etapa de huevos y de larvas (Drinkwater y Frank, 1994). Las alteraciones en el momento de los pulsos de agua dulce pueden provocar un aumento en la salinidad y permitir que los peces depredadores marinos invadan las zonas de cría (Craig, 2005).
Aves	Fuente alimenticia (carne, huevos), materia prima (plumas, guano). Atracción turística.	La diversidad de las especies en los humedales es un indicador ecológico de la salud general del estuario.	La alteración en los flujos de agua dulce puede provocar cambios en la cobertura terrestre de los humedales. A medida que cambia la cobertura terrestre del humedal, también cambian el hábitat y los tipos de aves que se encuentran allí (USEPA, 2005).
<b>Hábitats desarrollados por bioingeniería</b>			
Pastos marinos	Valor económico indirecto (pero de todas maneras crítico). Hábitat de cría para crustáceos, peces e invertebrados, incluidas muchas especies de importancia comercial. Fuente de alimentos para aves acuáticas. Estabilización de sedimentos.	Abundancia y salud de las especies.	Dado que proporcionan un importante hábitat, y que muestran una marcada sensibilidad a los cambios en el agua, los pastos marinos pueden ser útiles como indicadores de la salud general de un ecosistema. Zieman (1975) sugiere una salinidad óptima de 30 ppt para <i>T. testudinum</i> , cuya población se reduce cuando la salinidad aumenta o disminuye. Los pastos marinos necesitan mucha luz para crecer (EPA, 2005). Las alteraciones en los flujos de agua dulce pueden tener como consecuencia un aumento de los sedimentos en suspensión y de la carga de nutrientes provenientes de fuentes puntuales y difusas. Los pastos marinos son particularmente sensibles a la sedimentación y su abundancia disminuye como consecuencia de la reducción de luz y de la asfixia directa (Robertson y Lee-Long, 1991). Además, el florecimiento del fitoplancton, una consecuencia de la carga de nutrientes, puede dar sombra a los lechos de pastos marinos, causando reducciones drásticas en la población (Cosser, 1997).
Arrecifes de ostras	Fuente alimenticia de alto contenido proteico. Pesquería económicamente importante. Ecológicamente importante por su actividad de filtración, que sirve para mejorar la claridad del agua.	Abundancia de la población, captura anual, turbidez.	Longley (1994) sugiere una salinidad de 15 ppt como un nivel óptimo para la supervivencia y la reproducción, pero señala que la fluctuación de la salinidad en un rango de 10 a 30 ppt fomenta un crecimiento más rápido de las ostras que un nivel de salinidad relativamente constante. Los cambios en los modelos de salinidad debidos a la disminución de la afluencia impulsan la reubicación de los arrecifes de ostras hacia la parte superior del estuario, en donde son más vulnerables a la mortalidad por el agua dulce, la contaminación y la sedimentación (Mueller y Matthews, 1987). Butler (1954) sostiene que el único método eficaz para controlar la propagación del depredador caracol perforador es mantener niveles de salinidad bajos. La supervivencia de la ostra juvenil depende en gran medida del caudal del flujo de agua. Keck <i>et al.</i> (1973) señalaron que las ostras de la Bahía de Delaware abundaban más en las regiones de mayor velocidad del agua.
Manglares	Usos directos: madera, combustible, carbón, taninos de la corteza, productos vegetales comestibles. Usos indirectos: hábitats de pesquerías, capacidad de filtración de nutrientes, estabilización de la costa, ecoturismo.	Abundancia, diversidad y salud de las especies.	En un estudio australiano (Duke <i>et al.</i> , 1998) se observó que las regiones con una gran afluencia de agua dulce mantenían comunidades de manglar más diversas que las regiones con escorrentía limitada. La alteración humana del sistema hidrológico y los cambios subsiguientes en la salinidad de la Ciénega Grande de Santa Marta (México) tuvieron como consecuencia la desaparición de unas 30.000 hectáreas de bosques de manglar (de un total de 51.000) (Elster <i>et al.</i> , 1999). Kaly y Jones (1998) examinaron el impacto de las alteraciones del agua dulce en las comunidades de manglar, en especial en países tropicales en desarrollo. Además, los autores analizaron la restauración de manglar como una herramienta potencial para el manejo de los ecosistemas costeros. El sitio de Internet <a href="http://www.ncl.ac.uk/tcmweb/tcm/mglinks.htm">http://www.ncl.ac.uk/tcmweb/tcm/mglinks.htm</a> (en inglés) presenta una selección de enlaces útiles relacionados con los ecosistemas de manglar.

Cuadro 5. Continuación

VEC	IMPORTANCIA	INDICADOR QUE DEBE SER MEDIDO	IMPACTO DE LA ALTERACIÓN EN EL AGUA DULCE Y REFERENCIAS DE INTERÉS
<b>Varios</b>			
Fitoplancton	Base de la red alimentaria acuática. Indicador de cambio climático global, contaminación marina, productividad.	Biomasa, productividad primaria.	Se han correlacionado indirectamente los aumentos en la afluencia del agua dulce con la productividad del fitoplancton (Stockwell, 1989). Longley (1994) indica que las concentraciones de clorofila (un índice cuantitativo de la biomasa de fitoplancton) aumentan a medida que los volúmenes de afluencia de agua dulce suben de bajo a moderado, pero decrecen lentamente a medida que el flujo continúa subiendo. Si bien la afluencia de agua dulce trae nutrientes al medio estuarino, es difícil establecer en qué punto los efectos de la descarga superan el aumento de la productividad (Longley, 1994).
Calidad del agua	Crítica para la salud y la supervivencia de toda la biota (incluidos los seres humanos) y la base para las regulaciones que determinan si los productos de mar son apropiados para el consumo humano y si los deportes que requieren contacto con el agua son seguros.	Turbidez, concentraciones de oxígeno, conteo de bacterias fecales, concentraciones de elementos tóxicos, cargas de nutrientes.	En 1999, NOAA publicó la primera evaluación de los efectos del enriquecimiento de nutrientes en los estuarios del país, el informe sobre eutrofización de los estuarios <i>National Estuarine Eutrophication Assessment</i> ( <a href="http://lan.umces.edu/nea/">http://lan.umces.edu/nea/</a> ). Este informe se convirtió en el documento base para la comparación del estado de eutrofización de los estuarios de Estados Unidos, y se lo utiliza en todos los niveles de manejo y desarrollo de políticas. Este informe puede ser útil para aquellos administradores y profesionales de otras regiones, que se interesan en las cuestiones de la calidad del agua. Las preguntas que se debaten son:  En general, ¿las condiciones mejoraron o empeoraron? ¿Por qué? ¿Dónde se deben centrar los esfuerzos de manejo a fin de lograr el mayor beneficio en la remediación y la protección contra el deterioro? ¿En qué medida las condiciones eutróficas perjudican el uso de los recursos estuarinos, y cuáles son los principales usos que resultan perjudicados? ¿Qué vacíos de datos y necesidades de investigación y monitoreo son más importantes en términos de mejorar la capacidad de evaluación y respuesta a los síntomas de eutrofización? ¿Cómo se pueden traducir los resultados de esta evaluación en una estrategia nacional?

reglamentos han acordado que el mantenimiento de la afluencia de agua dulce que sustenta las condiciones de salinidad adoptadas como meta es de importancia clave en el manejo de los estuarios.

Otro factor importante que se debe considerar al evaluar los impactos sobre los VEC es el potencial de cambios en la afluencia de agua dulce de manera tal que cambie sustancialmente el tiempo de descarga del agua en el estuario. Cuanto más largo es el tiempo de descarga, más probable es que el estuario y sus VEC asociados sufran los efectos de la contaminación. Más aún, un aumento en el tiempo de residencia puede tener impactos negativos sobre los organismos que viven en el estuario debido al cambio en el régimen de circulación y el suministro de nutrientes. Por el contrario, si el tiempo de residencia se reduce (por ejemplo, mediante el dragado de canales de navegación y el ensanche de las entradas de agua en las lagunas), los juveniles y

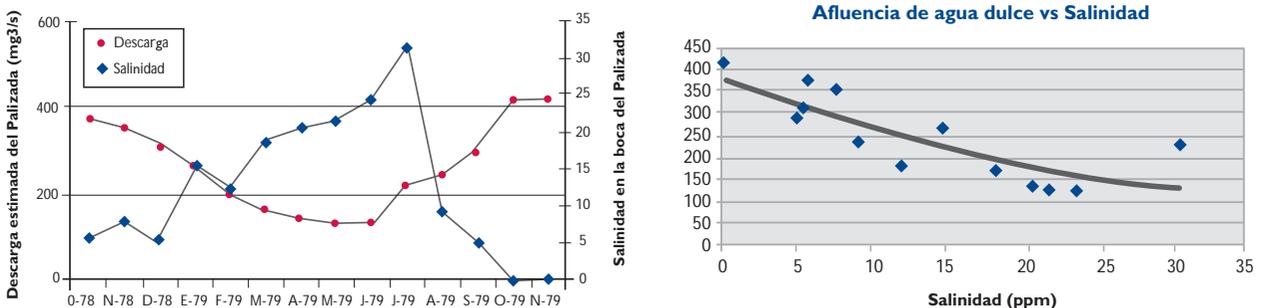
las larvas de peces y crustáceos pueden verse arrastrados hacia el mar y dejar así de formar parte del sistema.

El trabajo realizado en el paso 1 para definir las relaciones entre la afluencia de agua dulce y los VEC servirá para identificar los vacíos de comprensión científica de los VEC y la necesidad de recopilación de datos e investigación adicionales. Esto es sumamente importante cuando se seleccionan la recopilación de datos y la investigación focalizadas que se realizarán en el paso 2.

### Evaluar el sistema de manejo existente

Además de comprender las tendencias a largo plazo de los flujos de agua dulce y la condición biofísica del estuario, es esencial comprender la evolución de los sistemas de manejo existentes para la cuenca y el estuario y cómo han influido en la trayectoria del cambio del ecosistema. Esta característica del paso 1 puede

Figura 8  
Relación entre la afluencia de agua dulce y la salinidad en el estuario de la Laguna de Términos en México



MODIFICADO DE YAÑEZ-ARANCIBIA Y DAY (2005)

MODIFICADO DE YAÑEZ-ARANCIBIA Y DAY (2005)

denominarse “línea de referencia de la gobernabilidad”. Su finalidad es evaluar la capacidad existente de las instituciones formales e informales para desarrollar y aplicar la planificación y los procesos de toma de decisiones que afectan el manejo y la asignación del agua dulce y la actividad en el estuario. En vez de producir una “foto instantánea” estática del sistema de gobernabilidad existente, una línea de referencia de la gobernabilidad examina cómo se llegó al sistema actual. Para ello, el equipo debe centrar su atención en los resultados de las acciones pasadas — o en la falta de acción. Esta forma de análisis servirá de base para formar un juicio fundamentado sobre cuál es la mejor manera para influir sobre el sistema existente. No se trata de juzgar si el manejo pasado o actual es “bueno” o “malo”, sino de evaluar de manera realista la capacidad de las instituciones actuales para practicar el MIRH. Una estrategia sólida debe partir de las fortalezas del sistema de gobernabilidad existente y hacer frente a sus debilidades.

En muchos países en desarrollo, el régimen de derecho es débil y a veces sólo influye marginalmente sobre el proceso de toma de las decisiones que afectan la asignación y el uso del agua dulce. En otros casos, las instituciones —tanto las instituciones gubernamentales constituidas formalmente como las asociaciones menos formales de carácter comercial, las uniones o los partidos políticos— cumplen funciones importantes. La línea de referencia de gobernabilidad sirve para comprender estas relaciones y para analizar la distribución de poder en relación con los problemas planteados por los cambios en la afluencia de agua dulce.

La línea de referencia de gobernabilidad debe encarar las siguientes preguntas clave:

- ¿Cuáles han sido los éxitos y las limitaciones de la planificación y el manejo de la cuenca y el estuario en el pasado?
- ¿Cuáles son los derechos al uso de agua dulce existentes en la cuenca?
- El marco jurídico existente, ¿proporciona a la afluencia de agua dulce la protección necesaria para proteger a los VEC? En caso negativo, ¿cómo se puede satisfacer esta necesidad?
- ¿Existen instituciones gubernamentales con un mandato suficientemente amplio para formular e implementar un plan de acción que haga frente a los problemas que se observan en la afluencia de agua dulce? ¿Poseen la capacidad institucional necesaria para implementar este tipo de plan con éxito?
- En caso negativo, ¿qué recursos humanos y financieros se requieren para implementar el plan de acción? ¿Cómo se los puede obtener?

#### Determinar el foco de los análisis adicionales

Después de completar el análisis preliminar mencionado, el equipo, en consulta con los interesados que se han involucrado en el paso 1, deberá evaluar lo que se ha aprendido. En este

momento se debe decidir cómo centrarán sus esfuerzos futuros para comprender la importancia de un cambio en la afluencia de agua dulce y cómo trabajarán con los interesados y las organizaciones gubernamentales a fin de formular un curso de acción. La escala espacial de la causa y las consecuencias de los problemas identificados determinará los límites geográficos de las áreas que se deben considerar en un análisis más detallado. La revisión puede sugerir la necesidad de consultar con interesados adicionales, que pueden encontrarse a una mayor distancia del estuario pero cuyas acciones contribuyen a los problemas en cuestión. En la mayoría de los casos, el tiempo, los recursos y las herramientas de análisis disponibles al equipo establecerán los límites de lo que se puede hacer. En vista de estas limitaciones, se deberán tomar decisiones respecto de los vacíos más importantes de la base de información, las mejores maneras de reducir la incertidumbre en relaciones importantes de causa y efecto y las formas de informar al público y procurar su participación en el esfuerzo que se espera que genere impactos positivos con mayor certeza. Sin embargo, en algunos casos las decisiones que afectan a la afluencia de agua dulce deben tomarse sin demora y puede no haber tiempo para análisis adicionales. En estos casos, el equipo debe focalizar su energía en atraer atención a los problemas que han sido identificados y sus posibles consecuencias.

## PASO 2: Formular políticas de MIRH y estrategias para su implementación

### Establecer metas con los interesados

Si el equipo ha decidido embarcarse en un análisis adicional y elaborar un plan de acción para someterlo a consideración del gobierno, será esencial articular claramente las metas que este manejo intentará lograr. Si bien estas metas probablemente se ajusten y se reformulen durante el paso 3, es esencial que el propósito fundamental y los resultados deseados específicos de un plan de manejo que vincule a la cuenca y el estuario sean claros para todos los participantes en la iniciativa. Se recomienda firmemente que estas metas definan las condiciones ambientales y sociales (resultados) que, cuando se logren, constituyan el éxito de la iniciativa. Muy a menudo, las metas se expresan tan vagamente y de manera tan amplia que es muy difícil que alguien esté en desacuerdo con ellas, y resultan de muy poca utilidad cuando se evalúa si una propuesta de desarrollo determinada contribuirá o no al logro de estas metas. La definición de las metas como “desarrollo sostenible”, “equilibrio entre actividades que compiten entre sí” o “salud del ecosistema” pueden indicar la dirección deseada del cambio, pero no mucho más. Es mucho más útil establecer metas que definan específicamente cuánto y cuándo. Por ejemplo:

- Cantidad de agua: Para el año 2010, las prácticas de irrigación agrícola habrán mejorado de tal manera que el consumo se verá reducido en un 10% a la vez que la productividad agrícola se mantendrá en su nivel actual o aumentará. De esta manera, aumentará la afluencia de agua dulce al estuario durante la estación seca, cuando la mortalidad de las ostras es alta.

- **Calidad del agua:** Para el año 2010, cada tributario logrará una reducción del 20% en las cargas de nitrógeno y fósforo, comparadas con las cantidades de referencia del año 2000.
- **Manejo de la cuenca:** Para el año 2010, las áreas de la cabecera de la cuenca con cobertura de bosque habrán aumentado un 35% respecto a la medida de referencia del año 2000.
- **Pesquerías:** Para el año 2010, se habrán establecido procedimientos para las vedas estacionales de la pesquería de camarones en la Bahía de Santa Catarina; estos procedimientos se basarán en el volumen de afluencia de agua dulce y en la relación entre el reclutamiento y las existencias de camarones del año anterior.
- **Hábitat:** Para el año 2010, en las dos municipalidades que bordean el estuario superior se habrán restaurado cinco kilómetros de humedales de manglar como un cinturón continuo a lo largo de las vías fluviales y se los declarará reserva natural. Para ese año, el área total de la reserva de manglar tendrá una superficie no menor de 900 hectáreas.

Las metas deben producir entusiasmo y para lograrlo deben encarar problemas y resultados que son de gran importancia para los pobladores locales. Cuando se decide entre varias opciones y se establecen prioridades las metas son críticas y constituyen la base de la rendición de cuentas. Las metas específicas son difíciles de negociar pero estimulan a la iniciativa a centrarse en unas pocas prioridades seleccionadas cuidadosamente y a pensar qué es realizable en un período de tiempo dado. Las metas asociadas a períodos de una década o más hacia el futuro hacen que los propósitos fundamentales del programa sean tangibles. Las metas a corto plazo marcan los pasos intermedios hacia esos fines. La capacidad para manejar un ecosistema debe reunirse gradualmente y las metas deben equilibrar la complejidad y el alcance de los problemas encarados con la capacidad de gobernabilidad presente en un momento dado.

### Llevar a cabo recopilaciones de datos e investigación focalizadas

Los análisis realizados en el paso 1 en relación a los vínculos entre la afluencia de agua dulce, las condiciones de salinidad y los VEC deben ser la base para establecer prioridades para la recopilación de datos adicionales y la investigación focalizada. Esta recopilación de datos y análisis adicionales pueden centrarse en la compilación de datos nuevos sobre los flujos del río en lugares específicos de la cuenca, en una mejor definición de la condición y la distribución de los VEC o en el desarrollo de una mejor comprensión del régimen de salinidad, los niveles de nutrientes o la presencia de contaminantes en el estuario.

Como en todas las evaluaciones, la primera prioridad es responder a la pregunta “¿cuán vulnerable es este estuario a los cambios en la afluencia de agua dulce?”. Los signos de una alta vulnerabilidad incluyen evidencia de hábitats importantes que ya están

en deterioro, informes de muertes de peces o una abundancia inusual de algas enraizadas o flotantes o una proliferación masiva inusual de plancton. El deterioro abrupto o sostenido de especies específicas tales como aves o casos de personas que viven en el estuario que se enferman por comer productos de mar contaminados son también signos de posibles problemas. A menudo, los estuarios más vulnerables son las lagunas con un área de captación extensa en relación con el volumen del estuario (Horton y Eichbaum, 1992), o los que tienen poco intercambio con el mar abierto y poca mezcla. Los estuarios con una alta tasa de evaporación y afluencia relativamente baja son vulnerables a las reducciones de flujo que puede aumentar la salinidad aun más y conducir a un estuario inverso. La evidencia de presión y vulnerabilidad como la mencionada debe influir mucho en cualquier inversión en trabajo de campo adicional.

Los esfuerzos de un equipo por refinar su comprensión del estuario y cómo puede verse afectado por los cambios en la afluencia de agua dulce pueden convertirse rápidamente en un proceso de investigación complejo y caro. El equipo debe comenzar por buscar un ecólogo de estuarios con experiencia, preferentemente con una amplia experiencia de campo, que pueda unirse al equipo o actuar como asesor. Esta persona puede encontrarse en una universidad cercana o un laboratorio del gobierno. La primera tarea es trabajar con esta persona para analizar la información disponible. Si no existe una base de datos sobre información espacial para la cuenca y el estuario, se debe dar prioridad a su elaboración, así se pueden superponer las capas de datos existentes del sistema de información geográfica (SIG) sobre cobertura del suelo, elevación, batimetría, calidad del agua y hábitats bentónicos y se pueden evaluar los vacíos. Luego, el equipo debe priorizar con cuidado qué trabajo de campo es más probable que reduzca incertidumbres importantes sobre los impactos en el estuario, producidos por los cambios en la afluencia de agua dulce, que causan mayor preocupación en el equipo. La siguiente puede servir como una lista inicial al tomar estas decisiones.

- **Distribución y condición de los hábitats fijos.** No se puede enfatizar lo suficiente que el mejor indicador de cambios en un estuario puede observarse como modificaciones en hábitats que se reconocen fácilmente. Por lo tanto, es importante tener mapas de la extensión de características tales como los lechos de pastos marinos, humedales de manglar o de marisma, lechos de crustáceos y arrecifes de ostras y otros tipos de hábitat fáciles de reconocer en el estuario y en las zonas aledañas. Generalmente, los pescadores con experiencia poseen vastos conocimientos sobre estos temas y pueden cumplir una función importante en clarificar qué hay en cada lugar y cómo han cambiado estos hábitats. Se puede refinar esta información significativamente con observaciones desde la costa y en una lancha, acompañados por residentes conocedores del lugar. El mapeo más sofisticado de los hábitats submarinos que incluyen muestreo del fondo y percepción remota (por ejemplo, análisis de imágenes de satélite y sonares de barrido lateral) puede volverse complejo y costoso. Puede

evaluarse la condición de algunos hábitats mediante la cuantificación, por ejemplo, de la densidad, la altura, la presencia de enfermedades o el nivel de mortalidad de los lechos de pastos marinos, los manglares o las marismas. En áreas de sedimento descubierto, la cantidad y el tipo de fauna en el sedimento (por ejemplo, gusanos, gasterópodos, moluscos, etc.) pueden proporcionar una medida útil de las condiciones bióticas, así como claves sobre el ciclo de los nutrientes en la red alimentaria del estuario mediante el uso de nucleadores de caja (*box-cores*) de poca profundidad.

- **Distribución y condiciones de las especies móviles.** La cuantificación de las distribuciones, especialmente para las especies muy móviles, puede tomar mucho tiempo. Es importante reconocer que muchas especies residentes del estuario ocupan diferentes porciones del estuario durante diferentes etapas de sus vidas. Los juveniles se encuentran a menudo en las zonas más protegidas, libres de depredadores, mientras que los adultos tienden a concentrarse donde la comida es más abundante. Debe desarrollarse el diseño del muestreo de cualquier esfuerzo de recolección de campo con la ayuda de un ecólogo de estuarios o un experto en estadística geoespacial. Un método es dividir el estuario en áreas representativas basadas en hábitats o distribuciones conocidas de especies. Como antes, se puede adquirir información muy valiosa de los pescadores locales con experiencia. Se puede utilizar una variedad de métodos de baja tecnología para el muestreo de peces o de invertebrados móviles dentro de cada uno de estos tipos de hábitat, incluidas la evaluación visual (cuando el agua es suficientemente clara), trampas de red o anzuelo y sedal. La presencia, ausencia o abundancia de diferentes especies puede proporcionar una comprensión básica de su distribución. También se pueden examinar los especímenes recolectados para obtener información sobre una variedad de medidas de condiciones útiles que incluyen el tamaño, la edad, el contenido del estómago o cualquier anomalía obvia.
- **Topografía del fondo.** Se ha examinado a la mayoría de los estuarios con fines de navegación y existen mapas que muestran los contornos de la profundidad del fondo. Si estos mapas son muy anticuados o si el dragado, la sedimentación o la erosión han cambiado la forma del estuario, puede ser valioso contar con una mejor información sobre la topografía del fondo. El estudio del estuario realizado en barco con líneas de medición con pesas es simple, pero toma mucho tiempo. Una sonda electrónica “*fish finder*” o de profundidad es un instrumento de bajo costo que puede sujetarse a casi cualquier tipo de lancha y que reproduce la profundidad del estuario con bastante precisión. Estas descripciones del fondo deben asociarse con un sistema de posicionamiento global (GPS) y/o deben seguir transectos de punto a punto que pueden ser trazados en un gráfico. ¡Es sumamente importante saber dónde se está midiendo! En áreas en las cuales las variaciones de la marea son grandes (por ejemplo, más de 20 cm), se debe corregir la lectura para compensar por la variación de la marea.

El siguiente nivel de sofisticación en la caracterización de un estuario generalmente requiere invertir fondos en equipo. Sin embargo, el equipo de buena calidad es cada vez más barato y fácil de operar. Una buena opción es comprar una sonda de conductividad (salinidad), temperatura y profundidad (CTD, por su sigla en inglés) que puede conectarse tanto a un GPS como a una computadora portátil (*laptop*). El enlace a un GPS puede ser muy útil para determinar la ubicación de las muestras. Actualmente, se diseña a estos instrumentos para que puedan conectarse a una computadora portátil que integra y muestra los datos a medida que los genera. Se deben considerar las siguientes variables como posibles objetivos para el trabajo de campo que pueden ser analizadas para comprender mejor el comportamiento y la condición del estuario.

- **Gradiente de salinidad.** Es muy probable que cualquier cambio que se registre en la estructura de salinidad del estuario sea consecuencia de un cambio en la afluencia de agua dulce. Como se analizó en las secciones II a V, es muy importante medir la salinidad tanto a nivel de superficie como en el fondo y controlar cómo cambia la salinidad durante el año (por ejemplo, medida mensualmente y en fases similares de la marea). Es particularmente importante entender el impacto causado por las inundaciones y las sequías en la salinidad del estuario. Un CTD es útil porque produce un registro continuo de salinidad, temperatura y profundidad a medida que se lo baja desde la lancha. Esto genera un perfil que revela mucha información sobre la distribución del agua en capas de diferente salinidad desde la cabeza del estuario hasta su desembocadura. El perfil de temperatura puede revelar el límite entre el flujo de agua de superficie que fluye hacia el mar y la capa que lo compensa, de agua profunda, más fresca, de salinidad más alta, que fluye en dirección opuesta. Los perfiles de CTD deben tomarse en sitios o “estaciones” preestablecidos en el eje del estuario o a lo largo de dos o más transectos en el caso de una laguna. Es importante obtener buena información sobre la topografía del fondo a fin de que puedan realizarse perfiles tanto en áreas profundas como someras y en “pozos” aislados. En un estuario ribereño se deben establecer las estaciones a lo largo del eje principal del estuario, donde hay menos influencia de las corrientes o de las aguas subterráneas que entran a lo largo de la costa, así como en ensenadas más aisladas donde la mezcla es menos intensa.
- **Concentraciones de oxígeno.** El nivel de oxígeno es una fuente importante de preocupación, especialmente en lugares donde el enriquecimiento de nutrientes y la eutrofización son un problema. Es más probable que las condiciones de oxígeno bajo se desarrollen en el fondo, por lo cual lo mejor es obtener mediciones al mismo tiempo que se prepara el perfil de CTD. Afortunadamente, a menudo se puede comprar la sonda de oxígeno como un artículo adicional de la sonda CTD. Por lo general, es importante buscar evidencia de niveles bajos de oxígeno en las peores condiciones: en períodos de temperaturas altas (verano) y a primera hora de la mañana, ya que el proceso

de fotosíntesis que genera oxígeno se suspende durante la noche. Las áreas de aguas profundas y aisladas, el fondo de los canales de navegación y las ensenadas de poca circulación son todos sitios potenciales para condiciones de bajo nivel de oxígeno.

- **Cargas y concentraciones de nutrientes.** Es importante estimar las cargas y concentraciones de nutrientes, pero es probable que sus mediciones aumenten mucho la complejidad y el costo del trabajo de campo. Las muestras deben recolectarse, filtrarse y luego transportarse a un laboratorio competente con el equipo y la pericia necesarios para medir las concentraciones de nitrógeno inorgánico, fosfato y silice disueltos. La alta variabilidad estacional en las concentraciones de nutrientes es típica de muchos estuarios. Es importante no dejarse engañar por bajas concentraciones de estos nutrientes en el agua y suponer que las lecturas bajas significan que hay poco riesgo de eutrofización. En algunas situaciones, los nutrientes disponibles se absorben tan rápidamente que las concentraciones en el agua se mantienen bajas aun cuando predominan condiciones eutróficas. Cuando se realizan estudios comparativos, a menudo lo más útil es medir el total de nitrógeno y el total de fósforo. Esto requiere medir y sumar las formas orgánicas disueltas y las partículas orgánicas de ambos nutrientes a las cantidades registradas de las formas inorgánicas disueltas. Otra estrategia consiste en estimar las cargas de nutrientes (el volumen de la afluencia) midiendo o estimando la cantidad que traen al estuario los ríos y arroyos, el agua subterránea (muy difícil de estimar) y fuentes puntuales importantes tales como las descargas de las plantas de tratamiento de aguas negras y algunos tipos de fábricas.

- **Productos tóxicos.** En general, no vale la pena invertir en las mediciones de productos tóxicos potenciales como metales pesados, productos agroquímicos o cualquier otra sustancia tóxica salvo que el equipo sepa que existe una fuente potencial o que haya evidencia de enfermedades o mortalidad asociadas con estos contaminantes. Estas mediciones tienden a ser caras y requieren protocolos de muestreo cuidadosos y la colaboración de laboratorios competentes. Cuando los productos tóxicos son una fuente de preocupación, se deben tomar decisiones con mucho cuidado acerca de en qué áreas del estuario deben muestrear y si el análisis debe centrarse en las concentraciones en el agua, los sedimentos y/o los organismos.

Los nuevos datos y análisis deben integrarse al perfil de segundo nivel que contiene suficiente información para estimar razonablemente el impacto de los futuros cambios de la afluencia. Este tipo de recolección de datos e investigación focalizadas puede continuar durante la implementación del plan de manejo (paso 4). El perfil de segundo nivel es un documento que contiene un análisis detallado de la información existente, los conocimientos y las percepciones de las consecuencias futuras

de los problemas ambientales y sociales, especialmente de los causados por los cambios en la afluencia de agua dulce. Cuando sea viable, el perfil de segundo nivel debe llenar los vacíos de información identificados en el perfil de primer nivel y tomar en cuenta las consecuencias de las incertidumbres importantes sobre cómo funciona y cómo puede cambiar el ecosistema.

### Elaborar escenarios

El contraste de las diferentes condiciones futuras que se pueden desarrollar en una variedad de escenarios posibles ayuda a visualizar las consecuencias de los posibles cursos de acción y es útil para provocar debates fundamentados y para formar grupos de apoyo al plan de acción que se esté preparando. Al elaborar los escenarios se debe aplicar lo que se ha aprendido en los perfiles de primer y segundo nivel y se debe contar con la participación de los habitantes del lugar y las instituciones involucradas en la resolución de los posibles problemas causados por los impactos de los cambios en la afluencia de agua dulce. Por ejemplo, los datos que se han recabado para documentar las tendencias históricas en variables tan importantes como el uso del suelo, la afluencia de agua dulce al estuario, el crecimiento de la población humana, las cosechas de camarones y las tendencias en la calidad del agua del estuario pueden ser proyectados a cinco, diez o veinte años en el futuro. Se puede aplicar lo que se aprendió sobre la interconexión de tales variables para “pintar con palabras” descripciones responsables y pronósticos creíbles de las condiciones futuras del estuario y las perspectivas futuras de importantes actividades humanas, tales como la pesca y el turismo. Estas proyecciones pueden ser la base para reflexionar sobre los impactos de las acciones planeadas para evitar resultados poco atractivos. Los escenarios deben representar las consecuencias de los cursos de acción alternativos — o de la falta de acción. Los escenarios bien preparados pueden jugar un papel central en los programas de educación del público y en centrar el análisis y el debate en torno a cuáles acciones deben adoptarse para hacer frente a cambios actuales o anticipados del ecosistema y de las actividades humanas que éste sostiene. Las dimensiones económicas de los escenarios alternativos pueden jugar un papel central en reunir apoyo político para una iniciativa de MIRH que vincule la cuenca y el estuario en el paso 3.

Los escenarios son sólo un medio para ayudar a las instituciones, los interesados y el público en general a absorber, discutir y considerar las cuestiones planteadas por un análisis de los cambios en los flujos de agua dulce y de las consecuencias a largo plazo de tales cambios. Si bien es importante la conciencia pública sobre los temas en cuestión, la prioridad es desarrollar un grupo de apoyo bien informado para la iniciativa de MIRH que se está planificando. La naturaleza misma del MIRH requiere que éste sea un grupo de apoyo que atraiga tanto a los grupos preocupados principalmente por el estuario como a aquéllos preocupados por la asignación y la calidad del agua dulce de la cuenca. Son particularmente valiosos los debates de escenarios futuros que fomentan la interacción entre grupos que de otra manera no se conocerían y que proporcionan un foro en el cual se pueden plantear y discutir perspectivas y necesidades opuestas.

## Experimentar y monitorear

La implementación de un programa de manejo diseñado para hacer frente a problemas actuales o inminentes requerirá cambios en el comportamiento de grupos e instituciones clave. Los desafíos de provocar y mantener estos cambios en el comportamiento son el elemento central de una implementación exitosa (paso 4) e invariablemente plantean problemas y beneficios imprevistos. La experiencia ha demostrado repetidas veces que, en particular en entornos de bajo ingreso y donde la aplicación impuesta desde arriba por los organismos gubernamentales ha dado pocos resultados, la experimentación con nuevas políticas y sus comportamientos asociados a escala piloto puede ser muy útil. Ver es creer. Si una nueva práctica —por ejemplo, un nuevo método para hacer frente a la degradación del hábitat o la sobrepesca en el estuario o la modificación de cómo se libera el agua de una represa— se implementa a escala piloto en el paso 2, la experiencia, si es positiva, puede ser muy beneficiosa para generar apoyo y credibilidad para las ideas propuestas por el equipo del proyecto. De la misma manera, si lo que parece ser en un comienzo una buena idea —por ejemplo, aumentar las multas por la tala de manglar— en la práctica resulta ineficaz, es importante identificar los obstáculos en seguida (es decir, antes de comenzar el proceso de adopción formal de una nueva ley o reglamento).

## PASO 3: NEGOCIAR Y FORMALIZAR LAS METAS, LAS POLÍTICAS Y LAS ESTRUCTURAS INSTITUCIONALES PARA SOSTENER LA AFLUENCIA DE AGUA DULCE NECESARIA

### Obtener apoyo formal a las políticas para el mantenimiento de la afluencia de agua dulce

El paso 3 es la culminación de un proceso que ha buscado integrar dos componentes del manejo adaptativo mediante la combinación de los resultados del análisis técnico y un proceso de educación mutua y desarrollo de consenso entre los diversos interesados. En muchos casos, la implementación de las acciones que surgen como las más críticas para el mantenimiento de los VEC necesitarán el apoyo formal de las autoridades gubernamentales a nivel de provincia (estado) o nacional. Cuando una cuenca se extiende a más de una provincia o nación, podrán ser necesarias negociaciones más complejas entre varios organismos gubernamentales. La adopción formal de nuevas políticas y procedimientos de MIRH puede tomar muchas formas, pero generalmente requiere un decreto ejecutivo, una resolución del gabinete o, por lo menos, una decisión administrativa de alto nivel. Usualmente, los gobiernos tienen un organismo que es el principal encargado del manejo de los recursos hídricos, si bien varios otros organismos gubernamentales también están, por lo general, involucrados directamente en las cuestiones del sector hídrico (por ejemplo, los ministerios de Agricultura e Irrigación, Desarrollo Urbano, Medio Ambiente, etc.). Para manejar la afluencia de agua dulce a los estuarios, también se deberá involucrar a organismos gubernamentales relacionados con asuntos costeros, marinos y de pesquerías. El logro de un

método de MIRH requerirá, como mínimo, un compromiso de coordinación y colaboración eficaz entre los organismos sobre las cuestiones relativas a la afluencia. En algunos casos, para encarar estas cuestiones se podrá establecer un mecanismo de coordinación o unidad de manejo gubernamental separada que atraviesa organismos y jurisdicciones. Asimismo, se pueden asignar funciones importantes para la realización del programa a organizaciones no gubernamentales e instituciones del sector privado.

La adopción formal de un nuevo conjunto de políticas y procedimientos para el MIRH afecta, generalmente, la distribución de autoridad e influencia entre las instituciones, los grupos de interés y los políticos. Esto puede provocar un comportamiento defensivo y maniobras burocráticas. Las negociaciones y la tolerancia deberán dominar el proceso mediante el cual la política de asignación del agua dulce se ajusta a las estructuras y los territorios institucionales ya existentes del gobierno.

Muchas iniciativas fracasan en el paso 3 porque no obtienen el apoyo suficiente, o porque sufren tantas modificaciones por las negociaciones entre los organismos y la influencia política aplicada por algunos grupos de interés, que su potencial para lograr un avance significativo en la resolución de los problemas que motivaron su creación disminuye o se pierde completamente. La participación significativa y continua de los interesados del sector privado y de las instituciones relevantes involucrados en los pasos 1 y 2 es crítica para lograr el éxito. Si estas instituciones y encargados de tomar decisiones no han estado involucrados en los procesos de análisis y en la consideración de las opciones sugeridas por los escenarios, será difícil ganar su confianza y su apoyo en esta etapa tan avanzada.

En el paso 3, el equipo del proyecto y sus defensores deben haber definido claramente qué cambios se deben efectuar o se deben evitar en la asignación actual del agua dulce y en el proceso de manejo para hacer frente a los problemas de afluencia que han identificado. Si se desea proteger la afluencia de agua dulce al estuario, el análisis institucional realizado en el paso 2 debe haber especificado los ajustes necesarios a la asignación de agua dulce. La solución propuesta debe ser viable tanto desde un punto de vista político como desde un punto de vista técnico. Se deben presentar argumentos convincentes de que el método de manejo de ecosistemas —que se encuentra en el corazón del MIRH— generará, a largo plazo, mayores beneficios para la sociedad y para el ecosistema que la planificación y la toma de decisiones por sectores. Los puntos fundamentales son que: (1) los valores de los flujos de beneficios sostenidos o restaurados generados por un ecosistema sano son grandes y favorecen a una diversidad de grupos y actividades económicamente importantes tanto en la cuenca como en el estuario y (2) un sistema transparente y responsable para la asignación del agua dulce produce un ambiente seguro para todos los involucrados, incluidos aquéllos que desean invertir económicamente en la región. Los gráficos simples y los cuadros de costo-beneficio pueden definir los puntos básicos y centrar el debate en los aspectos fundamentales de los problemas.

## RECUADRO 7: EL CONCEPTO DE “LÍMITE DE SOSTENIBILIDAD”

Postel y Richter (2003) reconocen que las sociedades humanas dependen de ecosistemas sanos y reciben beneficios valiosos de éstos y sugirieron, por lo tanto, que la primera prioridad en cualquier plan de asignación de agua dulce debe ser una “asignación al mantenimiento del ecosistema”. Esta asignación debe diseñarse para asegurar que los ecosistemas reciban flujos de agua dulce o afluencias en cantidad, calidad y momento necesarios para proteger la salud y el funcionamiento de los sistemas fluviales y los estuarios. Este método restringe el grado en que una sociedad

puede alterar los flujos o la afluencia natural de los ríos a los estuarios. Postel y Richter llamaron a este límite el “límite de sostenibilidad”. En vez de satisfacer primero las demandas de agua de los seres humanos y dejar que los ecosistemas estuarinos y de agua dulce reciban el sobrante de agua, éstos reciben lo que necesitan para mantenerse sanos. Como se ve en la figura siguiente, la modificación de los flujos de un río con fines económicos aumenta con el transcurso del tiempo, pero sólo hasta el límite de sostenibilidad.

En el diagrama, los usos humanos del agua (H) pueden aumentar con el tiempo, pero sólo hasta el límite de sostenibilidad. En ese punto, las nuevas demandas de agua se deben satisfacer mediante la conservación, la mejora en la productividad hídrica y la reasignación de los recursos hídricos entre los usuarios. Al limitar el impacto humano y asignar suficiente agua al mantenimiento del ecosistema (E), la sociedad obtiene beneficios óptimos de sistemas de cuenca y estuario sanos de manera sostenible.



En el corazón de cada esfuerzo para aplicar los principios de manejo de ecosistemas a los problemas de la asignación del agua dulce se encuentra el concepto de “límite de sostenibilidad” (Postel y Richter, 2003). Como se describe gráficamente en el recuadro 7, esto requiere definir el punto fundamental de un sistema de asignación de agua dulce como el agua necesaria para sostener los bienes y servicios generados por un ecosistema de río y estuario sano. En vez de asignar al ecosistema lo que sobra después de satisfacer una variedad de necesidades humanas, el método del “límite de sostenibilidad” requiere que la asignación al ecosistema sea el primer paso y el más esencial. Para ello, es fundamental reconocer que esta asignación para asegurar la salud del ecosistema se define de manera que tenga en cuenta tanto las variaciones estacionales como los ciclos de largo plazo de abundancia relativa y escasez relativa que caracterizan los flujos de agua dulce en todas las cuencas.

El mejor ejemplo del principio de “límite de sostenibilidad” es la Ley Nacional de Agua de 1998 de Sudáfrica. Este hito en la legislación se basa en la doctrina del fideicomiso público que tiene su base en la ley romana. La doctrina del fideicomiso público establece que los gobiernos poseen en fideicomiso ciertos derechos, incluido el acceso a recursos como el aire, el mar y el agua dulce. Los gobiernos tienen el deber de proteger estos derechos por el bien común. La legislación sudafricana integra los principios del fideicomiso público con la necesidad de conservar los flujos naturales de los ríos. La ley establece una asignación de recursos hídricos conocida como la Reserva, que consiste en dos partes. La primera es una asignación no negocia-

ble que cubre las necesidades de agua básicas de todos los sudafricanos para cocinar, beber, sanidad y otros fines esenciales. Esta necesidad humana básica se ha definido como un mínimo de 25 litros de agua de calidad adecuada, por persona por día. La segunda parte de la Reserva es una asignación de agua para mantener la función del ecosistema. La Ley Nacional de Agua establece que “la cantidad, calidad y confiabilidad del agua necesarias para mantener las funciones ecológicas de las cuales dependen los seres humanos debe ser conservada para que el uso humano del agua no comprometa, de manera individual o acumulativa, la sostenibilidad a largo plazo de los ecosistemas acuáticos y asociados”. Esta segunda parte de la Reserva se establece para proteger los ríos, humedales, estuarios y aguas subterráneas. Todos los otros usos del agua deben ser autorizados y podrán concederse sólo después de que se hayan cumplido las asignaciones de la Reserva. El agua asignada a los dos componentes de la Reserva tiene prioridad sobre todos los otros usos y sólo esta agua está garantizada como derecho.

La legislación sudafricana presenta varios principios importantes. El primero es que la reserva combina la satisfacción de las necesidades básicas humanas y del ecosistema como la meta principal y la primera prioridad. Un segundo principio es que un método de manejo del ecosistema requiere que tanto el agua de superficie como las aguas subterráneas sean tratadas como elementos de un mismo sistema. El tercer principio es que la asignación de la Reserva toma en cuenta las fluctuaciones estacionales de los flujos y las variaciones a plazo más largo causadas por períodos de escasez relativa del agua y períodos de

## RECUADRO 8: EL SISTEMA DE LIBERACIÓN DE AGUA “3-ZONAS” DE TEXAS

Las regiones áridas con poblaciones costeras extensas son unas de las primeras en hacer frente al problema de la alteración de la afluencia de agua dulce. En la década de 1950, el Estado de Texas sufrió una sequía tan severa que muchos ríos se secaron. Cuando se cortó el agua dulce de los estuarios a lo largo del Golfo de México se produjeron varios cambios dramáticos que causaron la muerte de peces, la pérdida de cangrejos azules y la disminución radical de las poblaciones de camarones blancos (Copeland, 1966; Hoese, 1967). Por consiguiente, se aprobó una ley en 1957 que exigía que los planes hídricos tomaran en consideración el efecto del desarrollo corriente arriba sobre las bahías, estuarios y ensenadas del Golfo de México. Esto inspiró una serie de evaluaciones en todos los estuarios de Texas, que fueron resumidas por el Departamento de Recursos Hídricos de Texas (1982). Posteriormente, estos informes fueron la base de una metodología para determinar las necesidades de agua dulce de los estuarios de Texas (Longley, 1994). La meta era satisfacer las necesidades de agua dulce de las especies acuáticas comerciales y recreativas importantes (Powell *et al.*, 2002).

Se elaboraron las normas con disposiciones que varían los volúmenes de las afluencias bajo regímenes climáticos diferentes y establecen metas de flujo diferentes para años secos y húmedos. Las metas de un mínimo pasaje de agua que gobiernan las operaciones de los embalses se definen mediante la división del embalse detrás de cada dique en tres zonas.

Los requisitos de pasaje de la zona 1 se aplican cuando el nivel del agua en el embalse es mayor que el 80% de su capacidad de almacenaje. Cuando el flujo se encuentra en la zona 1, “se pasa” (libera) suficiente cantidad de agua de manera que la afluencia sea igual a las medianas mensuales (calculadas tomando valores de los flujos del río medidos históricamente, y corregidos teniendo en cuenta las transferencias y las pérdidas estimadas de la cuenca corriente arriba).

Los requisitos de la zona 2 se aplican cuando se desarrollan condiciones secas y el nivel de agua del embalse disminuye a cantidades entre el 50% y el 80% de la capacidad de almacenaje. En estas condiciones, el pasaje de agua se reduce al percentil 25 de la afluencia mensual.

Los requisitos de la zona 3 se aplican cuando se desarrollan condiciones de sequía y el nivel de agua del embalse cae debajo del 50% de su capacidad de almacenaje. Los pasajes se reducen, entonces, a una cantidad equivalente a una de las dos posibilidades siguientes: la cantidad de flujo necesario para mantener corriente abajo los estándares predeterminados de calidad del agua establecidos o un umbral de flujo continuo determinado por los organismos responsables del manejo del agua.

Cualquiera sea la zona, los flujos del pasaje de agua tienen la finalidad de proteger los derechos a los recursos hídricos corriente abajo y satisfacer las necesidades ambientales de las bahías y los estuarios corriente abajo. La Junta de Desarrollo del Agua de Texas monitorea y recopila datos hidrográficos sobre la afluencia del río y la bahía a fin de calcular los flujos a la costa y el Departamento de Parques y Vida Silvestre de Texas cuenta con un extenso programa de monitoreo de peces en todas las bahías de ese estado. Estos datos se usan en evaluaciones periódicas que son utilizadas en la revisión de los objetivos de afluencia.

abundancia relativa. Un cuarto principio es que todos los otros usos se asignan mediante un sistema de permisos (licencias). Finalmente, la ley sudafricana asegura que los derechos de las personas en el nivel más bajo del sistema —incluidas aquellas que viven en la zona del estuario— no se ven comprometidos por las actividades de quienes viven en otras partes de la cuenca.

El Estado de Texas (Estados Unidos) ofrece un ejemplo de un sistema de asignación de recursos hídricos que encara los flujos de agua dulce en una región árida en la cual la competencia por el agua dulce disponible es intensa y llega a condiciones de crisis durante los periodos de sequía. La costa de Texas abarca varias lagunas y estuarios de río que proporcionan un hábitat importante a poblaciones valiosas de camarones café, blancos y rosados que mantienen una pesquería económicamente valiosa. El Estado de Texas adoptó una política específica diseñada para proteger los “flujos beneficiosos” de agua dulce a los estuarios. Tales flujos se definen como “el agua dulce necesaria para soportar los regímenes de salinidad, nutrientes y carga de sedimentos adecuados para mantener en el sistema receptor de bahía y estuario un medio ambiente ecológicamente sano necesario para el mantenimiento de la productividad de las especies de peces o crustáceos para pesquería deportiva o comercial que son

económicamente importantes y ecológicamente característicos de la vida del estuario del cual dependen estos peces y crustáceos” (Science Advisory Committee to the Texas State Legislature, 2004). La legislación de Texas es un ejemplo excelente de reglamentos que especifican cómo se puede asignar el agua cuando escasea en periodos de sequía (véase el **recuadro 8**).

Cada estado o nación debe adecuar los principios del MIRH a sus necesidades particulares, historia y sistemas legales e institucionales existentes. Otro método fue adoptado por el Estado de California (Estados Unidos), donde la competencia por el agua dulce ha sido intensa durante muchas décadas y un conjunto complejo de leyes gobierna la distribución de su suministro entre los agricultores y las ciudades. Las cualidades de la Bahía de San Francisco están protegidas por reglamentos que estipulan la ubicación de un gradiente de salinidad específico. La afluencia de agua dulce al estuario está regulada con el fin de asegurar que, durante la estación seca, la posición de este gradiente no se mueva tierra adentro desde los lugares designados. Se ha demostrado que es necesario el nivel de salinidad requerido (la isohalina de 2 ups — unidad práctica de salinidad) para la protección de fitoplancton, camarones y larvas de peces atractivos.

## RECUADRO 9: EL PRINCIPIO PRECAUTORIO

El “principio precautorio” es un concepto que se originó en la década de 1980 en Europa. Si bien algunas aplicaciones son controvertidas, la idea central es que se debe adoptar un método cauteloso en situaciones que presentan amenazas serias o irreversibles a la salud humana, a las sociedades humanas o al medio ambiente. Se deben sopesar cuidadosamente los probables beneficios de la acción frente al costo posible de la inacción, a fin de adoptar un plan de acción responsable frente a la incertidumbre. Los elementos

más importantes de este principio son: el establecimiento de un mínimo nivel de prueba necesario para justificar las acciones encaminadas a reducir los riesgos, la investigación y el monitoreo para la detección temprana de los riesgos, la promoción de prácticas ambientalmente sanas, la reducción de los riesgos antes de obtener evidencia completa de los daños y el estímulo de enfoques cooperativos entre los interesados con el fin de resolver problemas comunes. En términos de los esfuerzos del MIRH, el principio

precautorio propone actuar para evitar posibles impactos perjudiciales de los cambios en los flujos de agua dulce, y no usar la falta de certeza científica como un motivo para posponer medidas eficaces en función de los costos para prevenir la destrucción y el deterioro, especialmente donde existen amenazas de daños serios o irreversibles. El principio precautorio es todavía un tema controvertido y no se lo acepta universalmente.

En Australia, donde la competencia por el agua dulce también es intensa, el Marco de Reforma Hídrica firmado por los Gobernadores de Estado en 1994 reconoce la necesidad de avanzar hacia el uso sostenible del agua y una mayor protección de los ecosistemas. La meta que se debe lograr mediante la aplicación de un conjunto de veinte principios es “mantener y donde sea necesario restaurar los procesos ecológicos, hábitats y biodiversidad en los ecosistemas dependientes del agua” (Postel y Richter, 2003). En lugares donde las asignaciones ambientales de los recursos hídricos no son suficientes para prevenir un daño ecológico significativo, se ha impuesto un máximo a las extracciones de agua de esa cuenca fluvial. El Programa Nacional de Protección de Estuarios de Australia requiere que se complete una lista con los procesos ecológicos importantes afectados por el flujo de agua dulce a un estuario y luego se evalúen los impactos previstos del cambio mediante una fase de dos etapas de evaluación e investigación detalladas.

### Proponer una estructura institucional para la implementación de la política del MIRH

Tan importante como el desarrollo de una base legal para el MIRH es el diseño de una estructura institucional por medio de la cual implementarlo. La asignación de responsabilidades para el manejo del agua dulce, las cuencas y los estuarios y la capacidad de las instituciones involucradas varían tanto de región a región y de país a país que no hay un único modelo para la estructura de un programa de manejo integrado de cuenca y estuario. Sin embargo, hay tres principios importantes que deben guiar este importante componente del diseño del MIRH. El primero es combinar el alcance y la complejidad de la agenda con la capacidad de las instituciones que serán responsables por la implementación. La capacidad institucional para ejercer con éxito el manejo basado en ecosistemas escasea en todas partes — y mucho más en los países en desarrollo. Es más probable que

un proceso de MIRH tenga éxito si se lo aplica gradualmente y se “desarrolla” esta capacidad dentro de las instituciones responsables y sus grupos de apoyo. El segundo principio es que los arreglos institucionales deben diseñarse como un sistema descentralizado en el cual la autoridad y la responsabilidad se delegan a los niveles más bajos de un sistema “anidado” internamente coherente. El tercer principio que debe guiar los esfuerzos del MIRH es el principio precautorio (véase el **recuadro 9**).

### Obtener los fondos necesarios para la implementación sostenible

En los países en desarrollo, puede ser relativamente fácil obtener financiamiento de donantes internacionales y otras fuentes para “proyectos” a corto plazo que pueden ayudar a analizar un conjunto de problemas y planificar un curso de acción. Obtener fondos para la implementación de un conjunto de reglas y procedimientos que han sido adoptados formalmente por un gobierno es completamente diferente. Se considera que esta fase es responsabilidad nacional y que debe ser financiada típicamente mediante asignaciones presupuestarias nacionales a las instituciones involucradas o mediante préstamos de bancos internacionales. En muchos países, los fondos necesarios para implementar un programa —que puede incluir un programa de permisos, visitas de campo, monitoreo y aplicación de la ley— son escasos o no existen. Estas restricciones presupuestarias pueden constituir una limitación central a la capacidad institucional. Los sistemas de manejo con base en el mercado pueden contribuir a la generación de ingresos provenientes de usuarios del agua que tienen permisos para retirar volúmenes específicos de agua para usos específicos que se pueden cumplir sin cruzar el “límite de sostenibilidad”.

# VIII. DE LA PLANIFICACIÓN A LA IMPLEMENTACIÓN: PASOS 4 Y 5

**E**l manejo basado en ecosistemas es complejo y requiere compromisos a largo plazo con procesos en los cuales se deben equilibrar y acomodar múltiples intereses. Muchas iniciativas no logran hacer una transición exitosa de la planificación a la implementación, aun cuando han sobrevivido los rigores del paso 3 y obtenido el apoyo para los principios y procesos del MIRH. Es útil evaluar en qué grado se han cumplido las siguientes cuatro categorías de precondiciones de la implementación (Olsen, 2003):

1. Se han seleccionado *metas* que definen qué está tratando de lograr el programa. Idealmente, estas metas deben ser inequívocas, específicas, limitadas en tiempo y cuantitativas — deben describir cuánto y para cuándo. Las metas deben apelar a los valores de la sociedad así como reflejar una comprensión sólida del ecosistema y de los procesos institucionales que se deben orquestar para lograrlas.
2. Deben existir *grupos de apoyo* que comprendan y apoyen activamente las metas del programa. Los grupos de apoyo son esenciales a nivel local dentro de los grupos que se verán más afectados por la implementación del programa. Si no existe este apoyo, la tarea de imponer la implementación de nuevas políticas y procedimientos para tomar decisiones en una sociedad poco dispuesta o no informada será muy difícil o imposible. Los grupos de apoyo también son esenciales a niveles más altos en la jerarquía de gobierno — típicamente a nivel de estado (provincia) y/o nacional.
3. El *compromiso formal* del gobierno le otorga a la(s) institución(es) responsable(s) la autoridad y los recursos necesarios para implementar el proceso de MIRH a lo largo del tiempo.
4. Es esencial la *capacidad institucional* si se desea implementar con éxito un método de gobernabilidad adaptativo, basado en ecosistemas, a largo plazo. Muy a menudo la escala y el alcance de iniciativas que cuentan con apoyo internacional sobrepasan la capacidad de las instituciones encargadas de la implementación y el mantenimiento de un programa. Esto es contraproducente, malgasta recursos y genera frustración y cinismo.

## PASO 4: IMPLEMENTAR DE MANERA ADAPTATIVA EL PROGRAMA DE MIRH

El esfuerzo completo culmina en el paso 4 con la implementación sostenida de un proceso de manejo integrado de la cuenca al estuario que protege los VEC y las actividades humanas que éstos apoyan. Dado que todos los sistemas vivos evolucionan y cambian con el transcurso del tiempo, la implementación de un plan de acción no puede ser

un proceso estático o rutinario. La fase de implementación deberá adaptarse a nuevos problemas, nuevos conocimientos y otros cambios en el contexto dentro del cual operan el sistema y su manejo.

La clave para comprender los desafíos de la implementación de una nueva política y, de ese modo, trabajar para influenciar la trayectoria de los cambios sociales y ambientales de un ecosistema es reconocer que esto requiere cambios en el comportamiento de los grupos y las instituciones clave. En general, el éxito incluye evidencia de:

- Nuevas formas de acción colaborativa entre organizaciones gubernamentales y no gubernamentales.
- Cambios en el comportamiento de los usuarios de los recursos.
- Cambios en los modelos de inversión.

## Promover cambios en el comportamiento dentro de instituciones del gobierno y de ONG

Los compromisos adquiridos en el paso 3 para aplicar las nuevas reglas y procedimientos que gobiernen la afluencia de agua dulce y, en algunos casos, implementar un plan de acción que encare la asignación del agua dulce relacionada y los problemas de uso generalmente requieren por lo menos dos formas de cambios de comportamiento en los organismos gubernamentales responsables y las ONG asociadas. El primero es nuevas formas de colaboración entre instituciones responsables por el estuario con instituciones responsables por el manejo del agua dulce en la cuenca. El segundo es reunir los recursos necesarios para implementar “en el campo” las nuevas reglas y procedimientos que afectan a los usuarios del agua dulce y del estuario. Los compromisos para realizar los cambios necesarios negociados y formalizados en el paso 3 son sólo compromisos “en papel”. En el paso 4 deben volverse una realidad operativa. Puede suceder que los acuerdos negociados en el paso 3 hayan redistribuido la autoridad y los recursos de modo que afecte el funcionamiento interno de las organizaciones con funciones en la implementación del programa, a veces de manera que no se había anticipado. Estos cambios pueden ser bienvenidos o resistidos.

Por ejemplo, las formas necesarias de colaboración entre organismos puede adoptar la forma de una revisión conjunta de las solicitudes de permisos para retirar agua dulce o descargar desechos. Puede suceder que en el paso 3 se haya creado un consejo o junta de alto nivel entre organismos con responsabilidad para tomar decisiones durante períodos de sequía, para la construcción de represas nuevas o la reasignación del agua dulce entre grupos de usuarios. El éxito de tales innovaciones dentro de instituciones de gobierno y sus socios de la sociedad civil dependerá del liderazgo de individuos clave y de la buena

voluntad y de la aptitud del personal en diferentes niveles de los organismos para ajustarse a los nuevos procedimientos y para invertir en las nuevas relaciones con sus contrapartes en otros organismos. El refrán “el diablo está en los detalles” capta, a menudo, las dificultades de una organización para ajustar su funcionamiento a fin de hacer que la acción colaborativa tenga un éxito sostenido.

En el paso 4, la capacidad de las instituciones responsables por el manejo de la afluencia de agua dulce será evaluada, en última instancia, por su habilidad para hacer cumplir los nuevos procedimientos y reglamentos y para poner en práctica las acciones negociadas en el paso 3. En el manejo que vincula las cuencas y los estuarios, las políticas y los procedimientos que hacen frente a los problemas de la afluencia típicamente se expresarán en reglas que gobiernen:

- Los retiros y las asignaciones de las aguas de superficie y subterráneas para uso humano.
- La descarga de aguas residuales y otras sustancias que causan impacto en la calidad del agua.
- Los procedimientos del funcionamiento de los embalses que influyen en los flujos de base y los pulsos estacionales.
- El manejo de las cuencas y la planificación del uso del suelo.
- Los planes de emergencia para casos de sequía.

Puede ser necesario manejar estas cinco variables de manera coordinada dado que las interconexiones entre ellas determinarán los impactos en el ecosistema. Asegurar el cumplimiento de las reglas en estas cuestiones es mucho más que dar órdenes y controlar. Requiere educar a los grupos de usuarios cuyo comportamiento estará regulado por sobre las reglas y las razones por las cuales éstas existen, desarrollar una reputación de justicia, resistencia a la corrupción y capacidad en la resolución de conflictos. En muchos países en desarrollo, los oficiales encargados de hacer cumplir las reglas reciben salarios bajos, equipo deficiente y capacitación insuficiente. En el paso 4 se deben superar estas debilidades. Una organización que tiene buena capacidad y experiencia en el análisis de los problemas y la planificación asociados con los pasos 1 a 3, puede no disponer de capacidades similares en la implementación de un programa. En otros casos, los miembros de una organización responsable por la planificación y la elaboración de políticas tienen escaso contacto con los responsables de la implementación del programa. Todas estas cuestiones hacen que la transición a la implementación de una política o plan de acción sea una etapa de desafío para la institución.

Es importante reconocer que las reglas formales que se escriben y que están sujetas a un proceso formalizado pueden, en la práctica, ser menos importantes que las reglas informales que han evolucionado con el tiempo y que se cumplen por consenso común entre los afectados. Estas reglas informales pueden ser la fuente de transacciones corruptas y esto puede agregar capas



adicionales de complejidad cuando se intenta implementar procedimientos para el MIRH basados en la transparencia y la consulta con los afectados, incluidos los pobres. Por otra parte, las reglas informales, tales como las asociadas al manejo de la propiedad común, u otras leyes creadas por las costumbres o tradiciones relacionadas con los derechos a los recursos pueden servir como una influencia positiva y de apoyo a la asignación sostenible y equitativa de los recursos hídricos para la afluencia a los estuarios. Estos regímenes deben ser identificados y comprendidos en los pasos 1 al 3 y su incorporación exitosa en la manera en la cual se implementa el programa puede ser la clave del éxito en el paso 4.

### Promover cambios en el comportamiento de los usuarios de los recursos

Los cambios en el comportamiento y las actitudes dentro de los organismos gubernamentales y las ONG pueden parecer pequeños comparados con los desafíos que presenta la implementación de nuevas reglas y procedimientos diseñados para alterar el comportamiento de quienes usan el agua dulce: agricultores, usuarios de agua urbanos y domésticos, responsables del control de la liberación del agua de las represas y pescadores que quizás deban cambiar sus prácticas en el estuario. Los compromisos para realizar tales cambios también existen sólo en papel hasta que se efectúa el proceso de implementación.

El énfasis puesto en la consulta y la participación activa de los interesados en los pasos 1 a 3 está anclado en la toma de conciencia de que la implementación exitosa de cualquier conjunto de reglas y procedimientos que afecte a un recurso tan crítico como el agua dulce requerirá el apoyo de quienes serán afectados. La credibilidad y el impacto final del programa dependerán en gran parte del grado de cumplimiento voluntario de las reglas. Si, por ejemplo, un número significativo de

agricultores en la cuenca retiran agua ilegalmente para regar sus cultivos, si se ignoran las restricciones sobre el consumo de agua durante períodos de sequía, si se ignoran o transgreden los reglamentos sobre la descarga de contaminantes, entonces se considerará que toda la planificación y los acuerdos formales del paso 3 no tienen sentido. La investigación sobre temas de cumplimiento de las normas (Sutinen y Kuperan, 1994; Hanna, 1995) ha demostrado que generalmente la coerción y la amenaza de sanciones no son los factores que más influyen en el cumplimiento de las decisiones por parte de los usuarios de los recursos. Los usuarios del agua dulce tenderán a cumplir con los reglamentos cuando los vean como una respuesta legítima y equitativa a un problema reconocido. El programa también debe ganarse una buena reputación por ser eficaz si desea mantener el respeto de quienes son afectados por sus políticas y acciones.

### Promover cambios en las inversiones financieras

La implementación de la iniciativa de manejo de la afluencia de agua dulce puede necesitar dos cambios en los modelos existentes de la inversión financiera. Primero, puede ser necesario reconsiderar el modelo establecido de inversión en la infraestructura (por ejemplo, represas, proyectos de desvío del agua, expansión urbana) —modelos que aumentan la demanda de agua y afectan su asignación— si se desean restaurar o mantener los flujos adecuados al estuario, según los define el “límite de sostenibilidad”. El segundo cambio requiere que se asegure el flujo de fondos necesario a las instituciones responsables de la implementación si se desea que éstas ejecuten eficazmente el programa a largo plazo. A menudo, la fase de implementación requiere inversiones constantes en el desarrollo de la capacidad institucional.

Las fuerzas del mercado, cada vez más constituidas por mercados que operan a escala mundial, son frecuentemente la causa dominante de los cambios en el uso del suelo, en la demanda creciente de agua dulce y en las consecuentes presiones sobre las cualidades de los estuarios. La implementación exitosa de un programa o un plan para sostener la afluencia de agua dulce a un estuario puede, por lo tanto, necesitar el desvío de inversiones financieras realizadas en la agricultura, la generación de energía y el desarrollo urbano. Estos cambios pueden encontrar una oposición muy fuerte por parte de quienes anticipan ganancias económicas provenientes de tales inversiones.

Tradicionalmente se percibe al financiamiento de la implementación de un programa como responsabilidad del gobierno. Hay cuatro mecanismos básicos mediante los cuales los gobiernos recaudan ingresos para implementar un programa: impuestos, cargos al usuario, endeudamiento (bonos y préstamos) y donaciones. En particular, en los países en desarrollo más pobres, los presupuestos nacionales se encuentran bajo enormes presiones. Las necesidades de defensa, atención de la salud, educación y respuesta a un desastre natural pueden alterar las prioridades nacionales y reasignar fondos prometidos a la

implementación de las políticas o del plan de acción formalmente acordado en el paso 3. El clima económico, tanto en el país como internacionalmente, puede cambiar significativamente a lo largo de los muchos años que un programa de manejo que vincula las cuencas y los estuarios necesita ser implementado si se desea que tenga éxito en el logro de sus metas a largo plazo. Tales cambios pueden plantear desafíos constantes a quienes trabajan para mantener un programa de MIRH.

### Ocuparse del manejo adaptativo

El monitoreo focalizado, continuo y minucioso es un elemento central de la práctica del manejo adaptativo. Este tipo de monitoreo se ubica en cuatro categorías amplias. La primera, como se examina en el paso 2, es el monitoreo de *los flujos* del agua dulce en sitios seleccionados de la cuenca y en puntos cercanos a las principales descargas al estuario. El monitoreo continuo es lo mejor dado que algunos pulsos importantes son de corta duración y es fácil que no se registren. Segundo, dependiendo de los problemas identificados en la fase de análisis, el monitoreo de los flujos puede complementarse con un monitoreo regular de la *calidad del agua* mediante la combinación de mediciones en puntos de descarga importantes (por ejemplo, una mina o una planta industrial) y mediciones periódicas de sustancias que causan preocupación en el río, las aguas subterráneas o el estuario. Un tercer foco de monitoreo debe estar centrado en la abundancia y distribución de los VEC que el reglamento de afluencia ha designado como elementos de conservación o restauración. Finalmente, debe haber algo de monitoreo de determinadas medidas del desempeño del programa en términos de los *comportamientos* que expresan más directamente la implementación de las reglas y los procedimientos del MIRH. Éstas pueden incluir datos sobre el procesamiento de permisos, acciones realizadas para hacer cumplir las reglas y, muy importante, cumplimiento voluntario de las políticas del programa.

Dado que los ecosistemas a escala de cuenca y estuario son sistemas vivientes que se encuentran en un constante proceso de cambio, las actividades de monitoreo deben estar vinculadas a investigaciones adicionales que puedan ayudar a interpretar los datos recolectados y que sugieran ajustes a considerar para aumentar o mantener la eficiencia y el impacto del programa. La implementación de las nuevas reglas que gobiernan la asignación de los recursos hídricos y el monitoreo de los cambios asociados en el sistema invariablemente producirán sorpresas y sugerirán nuevas perspectivas e ideas. En un proceso de manejo adaptativo se aceptan con entusiasmo estas perspectivas e ideas, que pueden formar la base de una cultura que promueva el aprendizaje. Al igual que en el paso 2, en un comienzo es mejor probar las nuevas técnicas de manejo a escala piloto y aplicarlas a todo el sistema sólo cuando se han comprobado su factibilidad y eficacia.



## PASO 5: EVALUAR EL PROGRAMA Y APRENDER DE LOS RESULTADOS

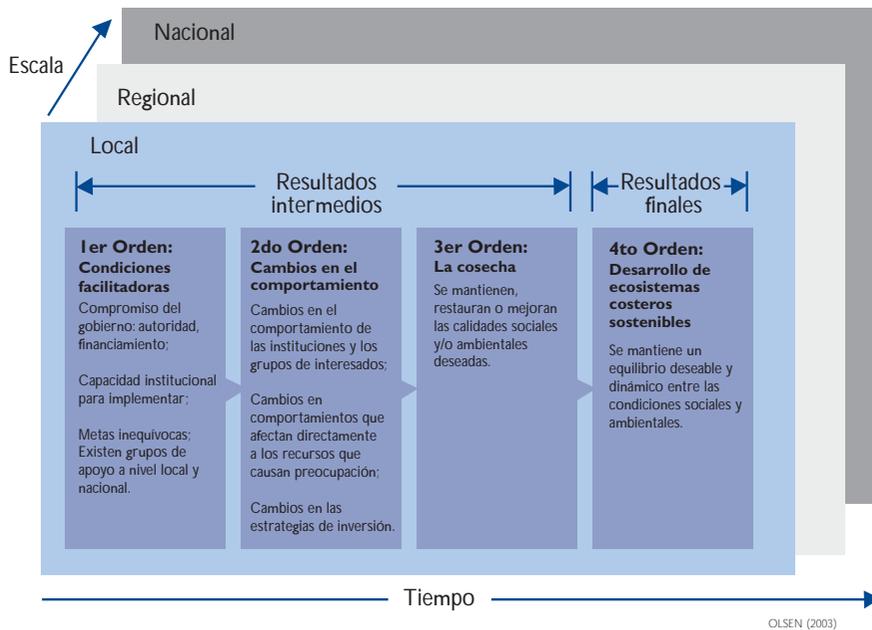
Hay docenas de enfoques y metodologías tanto para la autoevaluación como para las evaluaciones externas. Estos métodos varían mucho de acuerdo a sus propósitos, su rigurosidad y la validez y capacidad persuasiva de las conclusiones que ofrecen. Estos numerosos métodos pueden dividirse en dos amplias categorías (Lowry *et al.*, 1999b).

- Las *evaluaciones de procesos o desempeño* están diseñadas para evaluar la calidad de la ejecución del programa y el grado en que cumple el mandato y las responsabilidades establecidas en el paso 3 y/o los compromisos adquiridos con una institución que lo financia. Aquí se centra la atención en la responsabilidad y el control de calidad del programa, según fue diseñado. No se intentará determinar si las suposiciones subyacentes al diseño del proyecto están bien fundamentadas o si es probable que conduzca a los resultados deseados.
- La *evaluación de los resultados* mide los impactos del programa sobre el medio ambiente —y en particular los VEC— y las condiciones sociales y las actividades humanas que preocupan al programa. Una evaluación de los resultados examina las tendencias y los indicadores de relevancia directa al programa e intenta estimar de manera objetiva las contribuciones relativas de las políticas y procesos del MIRH a los cambios sociales y ambientales observados. Los resultados relevantes pueden incluir expresiones tales como una disminución en la destrucción de hábitats importantes tales como los humedales de manglar o los arrecifes coralinos, cambios en las condiciones de los VEC y cambios en el comportamiento de los grupos objetivo.

La mayoría de los programas de manejo basados en ecosistemas enfatizan la evaluación del proceso, en particular en contextos de países en desarrollo. Esto es sensato dado que en la gran mayoría de los casos, el manejo basado en ecosistemas, según se expresa en programas de MIRC y MIRH, se desvía de los procesos tradicionales de planificación y de toma de decisiones por sectores. Por lo tanto, estas jóvenes iniciativas se preocupan más por identificar y priorizar los problemas a los cuales se debe hacer frente, realizar los estudios necesarios, desarrollar las capacidades y obtener apoyo político para las acciones y las reformas de política necesarias. En general, la evaluación del proceso encara *los resultados* que tales iniciativas han generado: la cantidad y calidad de sus informes, el número de personas capacitadas, el equipo y los servicios adquiridos, en qué grado se consultó a los interesados. Dado que a menudo tales programas se ven beneficiados por inversiones financieras realizadas por instituciones nacionales e internacionales, las evaluaciones están diseñadas para determinar la eficacia y eficiencia de la ejecución de un programa y el grado en el cual se han cumplido los compromisos adquiridos con los financiadores. Con frecuencia, los resultados se consideran confidenciales y su difusión es limitada (Lowry *et al.*, 1999a, b).

A medida que las diversas expresiones del manejo basado en ecosistemas maduran, la necesidad de complementar los métodos de evaluación de los procesos de manejo descritos en esta Guía con métodos de evaluación de los resultados del manejo se vuelve cada vez más importante. Es necesario un marco unificador que pueda desagregar la meta principal de desarrollo sostenible en una secuencia de umbrales de éxito más tangibles. Un marco de este tipo fue desarrollado para evaluar los resultados de las inversiones en la restauración de la calidad del agua (USEPA, 1994) y ha sido adaptado al manejo de ecosistemas como complemento del ciclo de política (Olsen *et al.*, 1997; Olsen, 2003). Este marco (véase la **figura 9**)

**Figura 9**  
**Los cuatro órdenes de resultados en el manejo basado en ecosistemas**



proporciona el medio para estrechar el vínculo entre la planificación, la implementación y el logro de las metas sociales y ambientales.

El marco identifica tres órdenes de resultados en este proceso. El primer orden incluye los resultados de un proceso de planificación participativo exitoso, basado en los problemas que deben resolverse, descrito en los pasos 1 al 3. Estos resultados, según fueron descritos a comienzos de la sección VIII, crean las precondiciones para una implementación a escala completa del programa de manejo de un ecosistema. El segundo orden encara los resultados de la implementación del programa según los cambios en el comportamiento descritos en el paso 4. Sólo cuando estos cambios en el comportamiento han sido implementados con éxito durante varios años pueden esperarse respuestas perceptibles en el estuario y en los beneficios asociados a los usos humanos que dependen de estas cualidades. Estos son los resultados del tercer orden, que constituyen el cumplimiento de las metas del programa, según fueron establecidas en el paso 2. En un sentido operativo, la principal meta de las formas sostenibles del desarrollo de los recursos costeros es una “brújula” que apunta en la dirección del cambio deseado durante los años de esfuerzo que son necesarios para lograr las metas del tercer orden a escala de un ecosistema grande dominado por los seres humanos. Es importante reconocer que algunas expresiones de los resultados de primer, segundo y tercer orden se acumularán de manera conjunta dentro de un período determinado. Si bien existen relaciones causales entre los tres órdenes, no se los alcanza, ni se debe intentar alcanzarlos, en un orden estrictamente secuencial.

Un trabajo relacionado preparado para el Programa de Acción Mundial para la Protección del Medio Marino frente a las Actividades realizadas en Tierra ofrece conjuntos de indicadores asociados con los dos primeros órdenes, que pueden ser utilizados para evaluar el progreso en programas de manejo basados en ecosistemas (PNUMA/GPA, 2006).

En un programa que está practicando el manejo adaptativo, se deben complementar las evaluaciones periódicas externas realizadas por organizaciones internacionales en los contextos de países en desarrollo con autoevaluaciones frecuentes. Éstas las llevan a cabo los involucrados en la implementación del programa, tanto las organizaciones con un papel formal en el programa como representantes de los grupos de usuarios afectados por las acciones del programa. Estas autoevaluaciones deben recurrir a las cuatro formas de monitoreo descritas en la última sección del paso 4. Su finalidad es internalizar el proceso de aprendizaje dentro del programa y promover los ajustes que probablemente serán necesarios en términos de cómo se implementa el programa a medida que responde a su propia experiencia y a los cambios en el contexto social, político y ambiental dentro del cual opera.



## IX. CONCLUSIÓN

Los estuarios cumplen un papel crítico en el funcionamiento del planeta. Ya se encuentran bajo enormes presiones debido a la creciente intensidad de las actividades humanas en las regiones costeras de todo el mundo. Estas presiones se ven aún más ampliadas por la demanda cada vez mayor del abastecimiento limitado de agua dulce en el planeta, lo que causa una reducción, contaminación o eliminación de la afluencia a los estuarios. Sin embargo, el agua dulce es el elemento vital de todo estuario. Es la base de su funcionamiento singularmente complejo y de la extraordinaria riqueza de bienes y servicios que provee a la humanidad.

Hay una necesidad urgente de implementar métodos para integrar el manejo de los recursos hídricos que comiencen por reconocer la necesidad de asignar suficiente agua dulce al mantenimiento de ecosistemas sanos en los ríos y estuarios y luego efectúen las asignaciones para las necesidades humanas adicionales. Esta Guía describe paso a paso un proceso que

vincula una cuenca con su estuario y avanza de la definición de los problemas y la planificación hasta la obtención de un compromiso formal con las políticas y los procedimientos del MIRH y continúa con la implementación. Cada paso describe las acciones prioritarias que integran los mejores conocimientos científicos disponibles con un proceso de manejo participativo y transparente. A fin de tener éxito y generar beneficios sociales y ambientales a largo plazo, se debe implementar el método descrito en esta Guía durante muchas décadas. En tanto expresiones de un manejo adaptativo de los ecosistemas, los programas de MIRH deben adaptarse a las condiciones cambiantes y a su propia experiencia. Deben ser fuentes de nuevos conocimientos. En este tipo de esfuerzos a largo plazo, es importante reconocer públicamente los éxitos, en particular cuando los resultados positivos provienen de iniciativas locales y de la creatividad local en los intentos de resolución de problemas.

# X. REFERENCIAS

- Alber, M. (2002). A conceptual model of estuarine freshwater inflow management. *Estuaries*, 25(6), 1246-1261.
- Bhandari, B. B. (2003). *What is happening to our freshwater resources?* Extraído el 27 de octubre de 2005 de <http://www.iges.or.jp/en/phase2/ee/pdf/report7.pdf>.
- Butler, P. A. (1954). Summary of our knowledge of the oyster in the Gulf of Mexico. *U.S. Fish and Wildlife Service Fishery Bulletin*, 55, 479-489.
- Christensen, N., Bartuska, A. M., et al. (1996). The Report of the Ecological Society of America Committee on the Scientific Basis for Ecosystem Management. *Ecological Applications*, 6, 665-691.
- Comisión de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible. (1997). *Economic and Social Council Addendum 16 (E/CN.17/1997/2/ADD.16)*. Extraído el 25 de julio de 2006 de <http://www.un.org/esa/documents/ecosoc/cn17/1997/ecn171997-2add16.htm>.
- Comisión Mundial de Presas. (2000). *Dams and development: A new framework for decision-making*. Informe de la Comisión Mundial de Presas. Londres: Earthscan Publications Ltd.
- Copeland, B. J. (1966). Effects of decreased river flow on estuarine ecology. *Journal of Water Pollution Control Federation*, 38, 1831-1839.
- Cosser, P. R. (1997). *Nutrients in marine and estuarine environments* (State of the Environment Technical Paper Series, Estuaries and the Sea). Canberra, Australia: Ministerio de Medio Ambiente.
- Craig, J. F. (2005). *Large dams and freshwater fish biodiversity* (Revisión temática II.1 preparada como material de apoyo a la Comisión Mundial de Presas). Cape Town, Sudáfrica.
- Cross, R. D., y Williams, D. L. (1981). *Proceedings of the National Symposium on Freshwater Inflow to Estuaries*. Servicio de Pesca y Vida Silvestre de Estados Unidos, Oficina de Servicios Biológicos, Programa de Servicios Biológicos, Informe No. FWS/OBS-81/04.
- Crossland, C. J., Kremer, H. H., Lindeboom, H. J., Marshall Crossland, J. I., y Le Tissier, M. D. A. (Eds.). (2005). *Coastal fluxes in the anthropocene*. Berlín, Alemania: Springer-Verlag.
- Davis, R., y Hirji, R. (2003a). *Water resources and environment, World Bank technical notes C.1* No. 26320). Washington, D.C.: Banco Mundial.
- Davis, R., y Hirji, R. (2003b). *Water resources and environment, World Bank technical notes C.2* No. 26122). Washington, D.C.: Banco Mundial.
- Drinkwater, K. F., y Frank, K. T. (1994). Effects of river regulation and diversion on marine fish and invertebrates. *Aquatic Conservation: Freshwater and Marine Ecosystems*, 4(2), 135-151.
- Duke, N. C., Ball, M. C., y Ellison, J. C. (1998). Factors influencing in mangroves biodiversity and distributional gradients. *Global Ecology and Biogeography Letters*, 7, 27-47.
- Dyson, M., Bergkamp, G., y Scanlon, J. (Eds.). (2003). *Flow: The essential of environmental flows*. Gland, Suiza, y Cambridge, Reino Unido: IUCN.
- Elster, C., Perdomo, L., y Schnetter, M. (1999). Impact of ecological factors on the regeneration of mangroves in the Ciénaga de Santa Marta, Colombia. *Hydrobiologia*, 413, 35-46.
- GESAMP (Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). (1996). *The contributions of science to integrated coastal management. reports and studies no. 61*. Roma: FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación).
- Gunter, G., Christmas, J. Y., y Killebrew, R. (1964). Some relations of salinity to population distributions of motile estuarine organisms, with special reference to penaeid shrimp. *Ecology*, 45, 181-185.
- GWP (Alianza Mundial en favor del Agua). (2000). *Taking an integrated approach to improving water efficiency* (Resumen técnico del GWP 4). Comité Asesor Técnico de la Alianza Mundial en favor del Agua, Estocolmo.
- Hanna, S. (1995). *Efficiencies of user participation in natural resource management. in property rights and the environment—Social and ecological issues*. Washington, D.C.: Instituto Internacional de Economía Ecológica Beijer y Banco Mundial.
- Higano, J. (2004). Influence of environmental changes in the tidal flats on the filtration and respiration of bivalve mollusks. *Bulletin of Fisheries Research Agency, Supplement*, 1, 33-40.
- Hoese, H. D. (1967). Effects of higher than normal salinities on salt marshes. *Contributions to Marine Science*, 12, 249-261.
- Horton, T., y Eichbaum, W. M. 1992. *Turning the tide: Saving the Chesapeake Bay*. Washington D.C.: Island Press.
- Ittekkot, V., Humborg, C., y Schaefer, P. (2000). Hydrological alterations and marine biogeochemistry: A silicate issue? *Bioscience*, 50(9), 776-782.
- Kaly, U. L., y Jones, G. P. (1998). Mangrove restoration: A potential tool for coastal management in tropical developing countries. *Ambio*, 27(8), 656-661.
- Keck, R., Maurer, D., y Watling, L. (1973). Tidal stream development and its effect on the distribution of the American oyster. *Hydrobiologia*, 42, 369-379.
- Kimmerer, W. J. (2002). Physical, biological, and management responses to variable freshwater flow into the San Francisco estuary. *Estuaries*, 25(6B), 1275-1290.
- Lee, K. N. (1993). *Compass and gyroscope: Integrating science and politics for the environment*. Washington, D.C.: Island Press.
- Longley, W. L. (Ed.). (1994). *Freshwater inflows to Texas bays and estuaries: Ecological relationships and methods for determination of needs*. Austin, Texas: Junta de Desarrollo del Agua de Texas y Departamento de Parques y Vida Silvestre de Texas.
- Lowry, K., Pallewatte, N., y Dainis, A. P. (1999a). Policy-relevant assessment of community-level coastal management projects in Sri Lanka. *Ocean and Coastal Management*, 42, 717-75.
- Lowry, K., Olsen, S., y Tobey, J. (1999b). Donor evaluations of ICM initiatives: What can be learned from them?—Definitions, achievements and lessons. *Ocean and Coastal Management*, 42(9), 767-789.
- Mann, K. H. (2000). *Ecology of coastal waters, with implications for management* (2<sup>da</sup> ed.). Boston: Blackwell Science.

- Mann, K. H., y Lazier, J. R. N. (1996). *Dynamics of marine ecosystems: Biological-physical interactions in oceans* (2<sup>da</sup> ed.). Malden, Massachusetts: Blackwell Scientific Publications.
- Montagna, P. A., Alber, M., Doering, P., y Connor, M. S. (2002). Freshwater inflow: Science, policy, management. *Estuaries* 25(6B), 1243-1245.
- Montagna, P. A., Li, J., y Street, G. T. (1996). *A conceptual ecosystem model of the Corpus Christi Bay National Estuary Program study area* (Corpus Christi Bay National Estuary Program Publication No. CCBNEP-08). Austin, Texas: Comisión de Conservación de Recursos Naturales de Texas.
- Montagna, P. A., y Kalke, R. D. (1992). The effect of freshwater inflow on meiofaunal and macrofaunal populations in the Guadalupe and Nueces estuaries, Texas. *Estuaries* 15(3), 307-326.
- Mueller, A. J., y Matthews, G. A. (1987). *Freshwater inflow needs of Matagorda bay system, with focus on penaeid shrimp* (NOAA Technical Memorandum No. NMFS-SEFC-189). Galveston, Texas: Servicio Nacional de Pesca Marina.
- Nixon, S. W. (2003). Replacing the Nile: Are anthropogenic nutrients providing the fertility once brought to the Mediterranean by a great river? *Ambio*, 32(1), 30-39.
- Nixon, S. W. (1988). Physical energy inputs and the comparative ecology of lake and marine ecosystems. *Limnology and Oceanography*, 33(4), 1005-1025.
- Nixon, S. W., Oviatt, C. A., Frithsen, J., y Sullivan, B. (1986). Nutrients and the productivity of estuarine and coastal marine ecosystems. *Journal Limnological Society of South Africa*, 12, 43-71.
- NOAA (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica). (2006). *National estuarine eutrophication assessment*. Extraído el 25 de julio de 2006 de <http://ian.umces.edu/nea>.
- Olsen, S. B. (2003). Frameworks and indicators for assessing progress in integrated coastal management initiatives. *Ocean and Coastal Management*, 46, 347-361.
- Olsen, S. B., Lowry, K., y Tobey, J. (1999). *A manual for assessing progress in coastal management* (Informe sobre Manejo Costero No. 2211). Narragansett, Rhode Island: Centro de Recursos Costeros de la Universidad de Rhode Island.
- Olsen, S. B., Tobey, J., y Kerr, M. (1997). A common framework for learning from ICM experience. *Ocean and Coastal Management*, 37(2), 155-174.
- O'Reilly, J. E., Evans-Zetlin, C. E., y Busch, D. A. (1987). Primary production. En R. H. Backus y D. W. Bourne (Eds.), *Georges bank* (pp. 220-233). Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Organización Mundial de la Salud. (2005). *Millennium ecosystem assessment*. Extraído el 22 de diciembre de 2005 de <http://www.maweb.org>.
- Peters, J. C. (1982). Effects of river and streamflow alteration on fishery resources. *Fisheries*, 7, 20-22.
- Pierson, W. L., Bishop, K., Van Senden, D., Horton, P. R., y Adamantidis, C. A. (2002). *Environmental water requirements to maintain estuarine processes* (Informe Técnico de la Iniciativa de Flujos Ambientales No. 3, WRL 00/11). Canberra, Australia: Environment Australia.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). (2006). *Programa de Acción Mundial para la Protección del Medio Marino frente a las Actividades Realizadas en Tierra*. Extraído el 25 de julio de 2006 de <http://www.pnuma.org/gpa/publicaciones/06GPA-PlanAccionEsp1995.pdf>.
- PNUMA/GPA (Programa de Acción Mundial para la Protección del Medio Marino frente a las Actividades Realizadas en Tierra). (2006). *Ecosystem-based management: Markers for assessing progress*. PNUMA/GPA, La Haya.
- Powell, G. L., Matsumoto, J., y Brock, D. A. (2002). Methods for determining minimum freshwater inflow needs of Texas bays and estuaries. *Estuaries*, 25(6), 1262-1274.
- Pritchard, D. W. (1967). What is an estuary: Physical viewpoint. En G. H. Lauff (Ed.), *Estuaries* (pp. 52-63). Washington, D.C.: American Association for the Advancement of Science.
- Rabalais, N. N., y Nixon, S. W. (2002). Preface: Nutrient over-enrichment of the coastal zone. *Estuaries*, 25(4B), 639.
- Richter, B. D., R. Mathews, D. L. Harrison, y R. Wigington. (2003). Ecologically sustainable water management: managing river flows for ecological integrity. *Ecological Applications*, 13, 206-224.
- Robertson, A. I., y Lee-Long, W. J. (1991). The influence of nutrient and sediment loads on tropical mangrove and seagrass ecosystems. En D. Yellowles (Ed.), *Land use patterns and nutrient loading of the Great Barrier Reef region* (pp. 197-208). Townsville: James Cook University.
- Ryder, R. A., Kerr, S., Loftus, K., y Regier, H. (1974). The morphoedaphic index, a fish yield estimator—review and evaluation. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 31(5), 663-688.
- Schlesinger, D. A., y Regier, H. A. (1982). Climatic and morphoedaphic indices of fish yields from natural lakes. *Transactions of the American Fisheries Society*, 111(2), 141-150.
- Schlesinger, W. H. (1997). *Biogeochemistry: An analysis of global change* (2<sup>da</sup> ed.). San Diego: Academic Press.
- Science Advisory Committee to the Texas State Legislature. (2004). *Final report on water for environmental flows*. Comisión de Estudios sobre el Agua para Flujos Ambientales.
- Slinger, J. K. (2000). *Decision support for the conservation and management of estuaries: Final report of the predictive capability sub-project of the co-ordinated research programme* (Informe de la Comisión de Investigación del Agua [WRC] No. 577/2/00). Pretoria, Sudáfrica: Comisión de Investigación del Agua.
- Stockwell, D. A. (1989). *Nitrogen processes study (NIPS), effect of freshwater inflow on the primary production of a texas coastal bay system* (Informe UTMSI al TWDB). Port Aransas, Texas: Universidad de Texas en Austin.
- Stone, R., y Palmer, R. (1973). *Effects of turbidity on the Bay Scallop*. Northeast Univ. Mar. Sci. Inst. Contrib. no. 38. 8 Pp.
- Sutinen, J. G., y Kuperan, K. (1994). *A socioeconomic theory of regulatory compliance in fisheries*. Trabajo presentado en el 7º Congreso del Instituto Internacional de Economía y Comercio de Pesca (IIFET), 18 al 21 de julio de 1994, Taipei, Taiwan.

## X. REFERENCIAS, continuación

Texas Department of Water Resources. (1982). *The influence of freshwater inflows upon the major bays and estuaries of the Texas Gulf coast, executive summary*. Publication LP-115. Austin, Texas.

UCC-Water (Centro de Colaboración del PNUMA sobre el Agua y el Medio Ambiente). (2006). *A Summary of IWRM Surveys—A contribution to the WWF4 Session on "IWRM National Plans"*. Extraído el 18 de marzo de 2006 de <http://www.ucc-water.org/iwrm05>.

USEPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos). (2005). *New tools to measure Chesapeake Bay health* (Publicación de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos No. EPA/600/F-04/203)

USEPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos). (1994). *Measuring progress of estuary programs* (Documento de la Oficina de Agua 842-B-94-008). Washington, D.C.

Vörösmarty, C. J. y Sahagian, D. (2000). Anthropogenic disturbance of the terrestrial water cycle. *Bioscience*, 50(9), 753-765.

Vörösmarty, C. J., Green, P., Salisbury, J., y Lammers, R. (2000). Global water resources: Vulnerability from climate change and population growth. *Science*, 289(5477), 284-288.

Vörösmarty, C. J., Sharma, K. P., Fekete, B. M., Copeland, A. H., Holden, J., y Marble, J., *et al.* (1997). The storage and aging of continental runoff in large reservoir systems of the world. *Ambio*, 26(4), 210-219.

Warner, A. (2005). *Yuna River hydrologic characterization*. University Park, Pennsylvania: The Nature Conservancy.

Yáñez-Arancibia, A., y Day, J. W. (2005). *Ecosystem functioning: The basis for sustainable management of Términos Lagoon, Campeche, Mexico*. Jalapa, Veracruz, México: Instituto de Ecología, A. C.

Zieman, J. C. (1975). Quantitative and dynamic aspects of the ecology of turtlegrass, *Thalassia testudinum*. En L. E. Cronin (Ed.), *Estuarine research*. Nueva York: Academic Press (pp. 541-562).

## XI. INFORMACIÓN ADICIONAL

Además de nuestra bibliografía, los lectores interesados pueden dirigirse a las siguientes publicaciones y sitios de Internet que proporcionan información adicional sobre algunos de los temas examinados en esta Guía.

### Flujos ambientales

**Los siguientes sitios de Internet presentan información adicional sobre flujos ambientales:**

The Nature Conservancy (TNC):

<http://www.nature.org/freshwaters> (en inglés).

Unión Mundial para la Conservación (IUCN): <http://www.waterandnature.org> (en inglés).

**Los siguientes informes presentan información adicional sobre flujos ambientales:**

Annear, T., Chisholm, I., Beecher, H., Locke, A., y otros 12 autores. (2002). *Instream Flows for Riverine Resource Stewardship*. Instream Flow Council, Cheyenne, Wyoming.

Dyson, M., Bergkamp, G., y Scanlon, J. (Eds.). Flow. *The Essentials of Environmental Flows* UICN, Gland, Suiza, y Cambridge, Reino Unido. Disponible del servicio de publicaciones de UICN, <http://www.iucn.org>, y de la Iniciativa del Agua y la Naturaleza de la UICN, <http://www.waterandnature.org>.

Richter, B. D., Baumgartner, J. V., Powell, J., y Braun, D. P. (1996). A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems. *Conservation Biology*, 10, 1163-1174.

**El siguiente es un informe de un curso sobre flujos ambientales (no sólo costeros) realizado en Tanzania, que subraya temas que ellos consideran importantes:**

Tanzania Ministry of Water and Livestock Development. (2003). *Building capacity to implement an environmental flow programme in Tanzania*. Programa de Cooperación sobre Recursos Hídricos del Banco Mundial y el Gobierno de los Países Bajos - "Environmental Flow Allocation Window", Iniciativa del Agua y la Naturaleza de la UICN, [http://www.waterandnature.org/pub/EF\\_Tanzania.pdf](http://www.waterandnature.org/pub/EF_Tanzania.pdf).

**Los siguientes informes proporcionan detalles sobre el manejo del agua en Texas:**

National Wildlife Federation, Environmental Defense y Lone Star Chapter of the Sierra Club. (2005). *Q & A for freshwater inflows*. Extraído el 21 de diciembre de 2005 de [http://www.texaswatermatters.org/pdfs/q\\_and\\_a.pdf](http://www.texaswatermatters.org/pdfs/q_and_a.pdf).

National Wildlife Federation, Environmental Defense y Lone Star Chapter of the Sierra Club. (2005). *Principles for an environmentally sound regional water plan*. Extraído el 21 de diciembre de 2005 de <http://www.texaswatermatters.org/pdfs/articles/nwfsb1principles.pdf>.

Texas Parks and Wildlife Department. (2005). *Freshwater inflows and estuaries*. Extraído el 21 de diciembre de 2005 de <http://www.tpwd.state.tx.us/landwater/water/conservation/coastal/freshwater>.

### Balances hídricos

Dunne, T., y Leopold, L. B. (1978). *Water in Environmental Planning*. Nueva York: W.H. Freeman y Company.

### El principio precautorio

Harremoes, P., Gee, D., MacGarvin, M., Stirling, A., Keys, J., y Wynne, B., *et al.* (2001). *Lecciones tardías de alertas tempranas: El principio de cautela, 1896-2000* (Informe sobre temas ambientales No. 22). Copenhague: Agencia Ambiental Europea. [http://reports.eea.eu.int/environmental\\_issue\\_report\\_2001\\_22/es](http://reports.eea.eu.int/environmental_issue_report_2001_22/es).

### Eutrofización

A continuación se presenta el sitio de Internet de la Evaluación Nacional de Eutrofización en los Estuarios (NEEA), que contiene una base de datos de 141 estuarios de Estados Unidos con imágenes satelitales, mapas (incluida información sobre las zonas de salinidad), ubicación, características físicas, población y uso del suelo, hidrología, clima, detalles oceánicos, cargas de sedimentos y nutrientes, una biblioteca de imágenes y un foro de discusiones. La NEEA hace hincapié en los efectos del enriquecimiento de nutrientes en los estuarios de Estados Unidos, y contiene un documento básico para la

## XI. INFORMACIÓN ADICIONAL, continuación

comparación del estado de eutrofización en los estuarios de Estados Unidos, utilizado en todos los niveles de manejo y desarrollo de políticas: <http://ian.umces.edu/nea> (en inglés).

Chesapeake Bay Foundation. (2003). *Fact Sheet: Water Pollution in the Chesapeake Bay*. Describe fuentes de nutrientes y contaminantes del agua y examina las consecuencias de las cargas de nutrientes sobre los niveles de oxígeno disuelto. [http://www.cbf.org/site/PageServer?pagename=resources\\_facts\\_water\\_pollution](http://www.cbf.org/site/PageServer?pagename=resources_facts_water_pollution).

### Datos y tendencias mundiales sobre el agua

UNESCO proporciona una versión en PDF sin costo, que se puede extraer de Internet, del Informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo del Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas (WWAP): *Agua para todos, Agua para la vida* (2003). El informe está dirigido a los responsables de tomar decisiones políticas y a los administradores de recursos, y presenta una amplia reseña de la situación de los recursos de agua dulce en el mundo. El documento reinicia con un capítulo que describe la situación del agua en todo el mundo. [http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/index\\_es.shtml](http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/index_es.shtml).

PNUMA ofrece una versión en línea de su publicación *Vital Water Graphics* (2003) en el sitio <http://www.unep.org/vitalwater> (en inglés). El objetivo de esta publicación es presentar un conjunto amplio de gráficos, mapas y otras ilustraciones que describen la situación de las aguas dulce y marina del mundo.

## XII. APÉNDICE

Las publicaciones listadas a continuación fueron producidas por el equipo del proyecto CRC-TNC. Están disponibles en el sitio de Internet del proyecto de CRC o se pueden solicitar copias a: Coastal Resources Center, Graduate School of Oceanography, University of Rhode Island Bay Campus, 220 South Ferry Road, Narragansett, RI 02882.

Tel.: 401-874-6224

Fax: 401-874-6920

Sitio de Internet: <http://www.crc.uri.edu>

### Antecedentes

Montagna, P. A. (2004). *A freshwater inflow methods guide*. Port Aransas, Texas: Instituto de Ciencias Marinas, Universidad de Texas en Austin.

Nixon, S. W., Olsen, S. B., Buckley, E., Fulweiler, R. (2004). *Lost to the Tide—The importance of freshwater flow to estuaries*. Narragansett, Rhode Island: Universidad de Rhode Island, Escuela de Posgrado en Oceanografía.

Volk, R. (2005). *Incorporating an IWRM approach into ICM*. Washington, D.C.: Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional.

### Los estuarios y la importancia de la afluencia de agua dulce

Nixon, S. W., Olsen, S. B., Buckley, E., Fulweiler, R. *Lost to the Tide—The importance of freshwater flow to Estuaries*.

El Programa Nacional de Estuarios de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) describe una variedad de desafíos que los ecosistemas estuarinos deben hacer frente, incluidos los contaminantes tóxicos, la degradación del hábitat, la carga de nutrientes (eutrofización) y las alteraciones de la afluencia de agua dulce. Este sitio también presenta varios métodos de manejo clave relevantes a estos desafíos.

<http://www.epa.gov/OWOW/estuaries/about3.htm>

(sitio en español: <http://www.epa.gov/owow/estuaries/spanish/nep.htm>)

### Clasificación y morfología de los estuarios

El Servicio Nacional de Océanos de NOAA proporciona una descripción útil y sencilla de la clasificación y morfología de los estuarios en el sitio <http://oceanservice.noaa.gov/education/kits/estuaries/welcome.html> (en inglés). Este texto en línea incluye también una descripción de los hábitats estuarinos, las amenazas que deben enfrentar y los esfuerzos para monitorear y proteger los estuarios en todo el país, descritos en lenguaje sencillo y accesible.

### República Dominicana

Herrera-Moreno, A. (2005). *Historical synthesis of biophysical information of Samana region, Dominican Republic*. Santo Domingo, República Dominicana: Centro para la Conservación y Ecodesarrollo de la Bahía de Samaná y su Entorno (CEBSE, Inc.).

Herrera-Moreno, A. (2005). *Síntesis de información biofísica histórica de la región de Samaná* (Borrador/documento en elaboración). Santo Domingo, República Dominicana: Centro para la Conservación y Ecodesarrollo de la Bahía de Samaná y su Entorno (CEBSE, Inc.).

Kramer, P. (2005). *Samana Bay rapid ecological assessment*. Presentado en la Reunión de Planificación de Cuencas de USAID (19 y 20 de mayo), Washington, DC.

Lamelas, P. (2004). *Workshop summary*: Actas del taller “La Influencia de los Flujos de Agua Dulce desde la Cuenca del Río Yuna en el Estuario de la Bahía de Samaná” organizado por CEBSE con interesados locales (2 de octubre), Santa Bárbara de Samaná, República Dominicana.

Lamelas, P. (2005). *Perfil socio económico de las comunidades de Sánchez, Sabana de la Mar y Agua Santa del Yuna*. Santo Domingo, República Dominicana: CEBSE, Inc.

## XII. APÉNDICE, continuación

### República Dominicana, continuación

Núñez, F. (2006). *Resumen del taller*. Socialización de Resultados de la Evaluación del Impacto de la Cuenca del Yuna en la Bahía de Samaná (17 y 18 de febrero), Hoyo del Pino, Bonaó.

Núñez, F. (2006). *Workshop summary*. Actas del taller "Socialización de Resultados de la Evaluación del Impacto de la Cuenca del Yuna en la Bahía de Samaná" (17 y 18 de febrero), Hoyo del Pino, Bonaó.

Olsen, S. B., Tobey, J., Núñez, F., Richter, B., Oczkowski, A., y Rubinoff, P. (2005). *Level one site profile: Samana Bay and the Yuna Watershed*. Narragansett, Rhode Island: Centro de Recursos Costeros, Universidad de Rhode Island.

Medina, J., Ortiz, A., y Núñez, F. (2005). Proyecto Cuenca del Río Yuna: Fase II. Santo Domingo, República Dominicana: The Nature Conservancy.

Tobey, J. (2004). *Human dimensions of the Yuna Watershed and Samana Bay estuary*. Presentado en el taller "La Influencia de los Flujos de Agua Dulce desde la Cuenca del Río Yuna en el Estuario de la Bahía de Samaná" (21 de septiembre), Santo Domingo, República Dominicana.

Tobey, J. (2004). *Impacts of altered freshwater flows to estuaries: Yuna river watershed and Samana Bay, Dominican Republic: Draft Profile*. Incluye: Ortiz, A. Appendix 1: Water budget of the Yuna river watershed. Narragansett, Rhode Island: Centro de Recursos Costeros de la Universidad de Rhode Island y The Nature Conservancy.

Tobey, J. (2004). *Workshop summary*. Actas de: The Influence of the Yuna Watershed on the Estuary of Samana Bay (21 de septiembre), Santo Domingo, República Dominicana.

Tobey, J., y Mateo, J. (2004). *Dimensiones sociales de la cuenca del Yuna y el estuario de la Bahía de Samaná*. La Influencia de los Flujos de Agua Dulce Desde la Cuenca del Río Yuna en el Estuario de la Bahía de Samaná (21 de septiembre), Santo Domingo, República Dominicana.

Tobey, J., y Mateo, J. (2004). *Resumen del taller*. La Influencia de los Flujos de Agua Dulce desde la Cuenca del Río Yuna en el Estuario de la Bahía de Samaná (21 de septiembre), Santo Domingo, República Dominicana.

Wang, J., y Schill, S. (2005). *Using field and satellite data to create a water balance for the Yuna River Watershed, Dominican Republic*. Santo Domingo, República Dominicana: The Nature Conservancy.

Warner, A. (2005). *Yuna River hydrologic characterization*. University Park, Pennsylvania: The Nature Conservancy.

### México

Cepeda, M. F., y Robadue, D. (2005). *Análisis de gobernanza en torno a los impactos derivados de cambios en flujos de agua dulce a Laguna de Términos*. Mérida, Yucatán, México: Pronatura Península de Yucatán, A. C.

Oczkowski, A. (2005). *Characterizing seasonal water flows in the Términos Lagoon*. Narragansett, Rhode Island: Centro de Recursos Costeros, Universidad de Rhode Island.

Olsen, S. B., Robadue, D., Oczkowski, A., Calderón, R., Bach, L., y Cepeda, M. F. (2005). *Level one site profile: Laguna de Términos and its watershed, Mexico*. Narragansett, Rhode Island: Centro de Recursos Costeros, Universidad de Rhode Island.

Olsen, S. B., Robadue, D., Oczkowski, A., Calderón, R., Bach, L., y Cepeda, M. F. (2006). *Resumen del perfil de primer nivel del sitio Laguna de Términos y su cuenca, México*. Narragansett, Rhode Island: Centro de Recursos Costeros, Universidad de Rhode Island.

Robadue, D., Oczkowski, A., Calderón, R., Bach, L., y Cepeda, M. F. (2004). *Characterization of the region of the Términos Lagoon: Campeche, Mexico: Draft for discussion*. Narragansett, RI: Coastal Resources Center, University of Rhode Island. PLUS Calderon, R. (2004). *Draft 1 site profile: The Laguna de Términos, México*. Corpus Christi, Texas: The Nature Conservancy.

Yáñez-Arancibia, A., y Day, J. W. (2005). *Ecosystem functioning: The basis for sustainable management of Términos Lagoon, Campeche, Mexico*. Jalapa, Veracruz, México: Instituto de Ecología, A. C.





Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional  
1300 Pennsylvania Avenue, NW  
Washington, DC 20523  
[www.usaid.gov](http://www.usaid.gov)