

# Aspectos ambientales de la gestión integrada de crecidas



Organización  
Meteorológica  
Mundial

Tiempo • Clima • Agua

SERIE POLÍTICAS DE GESTIÓN DE CRECIDAS



# Aspectos ambientales de la gestión integrada de crecidas

Ginebra, Suiza  
Agosto de 2006

PROGRAMA ASOCIADO DE GESTIÓN DE CRECIDAS

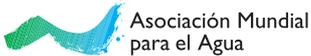
OMM-N° 1009



El Programa Asociado de Gestión de Crecientes, que se conoce por su sigla en inglés APFM, es una iniciativa conjunta de la Organización Meteorológica Mundial y de la Asociación Mundial para el Agua (GWP). El Programa fomenta el concepto de gestión integrada de crecidas, nuevo enfoque en materia de gestión de crecidas. Cuenta con respaldo financiero de los gobiernos de Japón y los Países Bajos.



La Organización Meteorológica Mundial (OMM) es un organismo especializado de las Naciones Unidas y, como tal, es el portavoz autorizado del sistema de las Naciones Unidas en cuestiones relacionadas con el tiempo, el clima y el agua. Coordina las actividades de los servicios meteorológicos e hidrológicos de 187 países y territorios.



La Asociación Mundial para el Agua (GWP) es una red internacional abierta a todas las organizaciones que tienen que ver con la gestión de los recursos hídricos. Se creó en 1996 con el objetivo de fomentar la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH).

---

Créditos de la portada:

OMM; abajo a la izquierda, Liang Changshen

---

Esta publicación forma parte de la serie Políticas de Gestión de Crecidas publicada en el marco del Programa Asociado de Gestión de Crecidas de la OMM y la GWP. La serie comprende publicaciones acerca de los diferentes aspectos de la política de la gestión de crecidas e incluye aspectos económicos, medioambientales, legales, institucionales y sociales. La serie cuenta con grupos de expertos que se reúnen para cada publicación, a fin de orientar y asesorar el proceso de preparación, y con un amplio proceso de revisión y consulta en el marco de conferencias y correspondencia directa con los principales profesionales del sector en el área de la política del desarrollo y la gestión de los recursos naturales. Esta serie se publica en inglés, francés y español.

APFM Documento Técnico N° 3. Serie Políticas de Gestión de Crecidas  
© 2006, Organización Meteorológica Mundial

ISBN: 92-63-31009-2

#### NOTA

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial, juicio alguno sobre la condición jurídica de ninguno de los países o territorios, ciudades o zonas citados o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

# ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO .....	v
AGRADECIMIENTOS .....	xi
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Del control de crecidas a la gestión integrada de crecidas .....	1
1.2 Propósito y alcance de la publicación .....	2
2. DEFINICIÓN DEL CONTEXTO: EL MEDIO AMBIENTE Y EL DESARROLLO SOSTENIBLE .....	5
2.1 El desarrollo sostenible .....	5
2.2 El medio ambiente y los ecosistemas .....	6
2.3 Los servicios ecosistémicos .....	7
2.4 La degradación del medio ambiente y las necesidades de desarrollo .....	9
2.5 En resumen .....	11
3. COMPRENSIÓN DE LOS CONCEPTOS BÁSICOS DE LA MORFOLOGÍA Y ECOLOGÍA DE LOS RÍOS Y DE SUS PLANICIES DE INUNDACIÓN .....	15
3.1 Procesos fluviales y planicies de inundación .....	15
3.2 El régimen morfológico .....	18
3.3 La diversidad biológica .....	20
3.4 La conectividad morfológica y ecológica .....	23
3.5 En resumen .....	25
4. PROCESOS DE LAS CRECIDAS Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS: INTERRELACIONES .....	27
4.1 Los bosques .....	27
4.2 Los estanques y lagos .....	29
4.3 Los humedales .....	30
4.4 Los corredores fluviales .....	32
4.5 Los ecosistemas estuarinos y costeros .....	34
4.6 En resumen .....	37
5. LAS INTERVENCIONES DE LA GESTIÓN DE CRECIDAS Y LOS ECOSISTEMAS .....	41
5.1 Presas y embalses .....	41
5.2 Diques .....	45
5.3 Embalses de laminación y de retención .....	47
5.4 Canales de derivación y de desviación .....	48
5.5 La canalización .....	49
5.6 Medidas no estructurales .....	50
5.7 En resumen .....	53

6. INTEGRACIÓN DE LAS CUESTIONES MEDIOAMBIENTALES EN LOS PROCESOS DE TOMA DE DECISIONES .....	57
6.1 Los procesos de toma de decisiones .....	57
6.2 Comprensión y análisis científicos .....	59
6.3 La evaluación ambiental .....	60
6.4 Análisis económicos que tienen en cuenta el medio ambiente .....	62
6.5 La participación de las partes interesadas .....	63
6.6 El manejo adaptativo .....	64
6.7 La supervisión .....	65
6.8 Mecanismos de apoyo .....	66
6.9 En resumen .....	67
REFERENCIAS .....	69
GLOSARIO .....	73
RECUADROS	
Recuadro 1. Los humedales y el ciclo hidrológico .....	32
Recuadro 2. Gestión integrada de zonas costeras .....	36
Recuadro 3. Caudales ambientales .....	42
Recuadro 4. Directrices para la gestión de la descarga de crecidas .....	45
Recuadro 5. Procesos de evaluación ambiental estratégica .....	60
CUADROS	
Cuadro 1. Principios de la GIC y el enfoque ecosistémico .....	12
Cuadro 2. Ecosistemas y procesos de crecidas .....	38
Cuadro 3. Efectos de las medidas estructurales en los procesos de varios corredores fluviales y posibles medidas de atenuación .....	54
FIGURAS	
Figura 1. Vínculos entre los servicios ecosistémicos y el bienestar humano .....	7
Figura 2. El sistema fluvial .....	16
Figura 3. Organización de los componentes y procesos de la planicie de inundación como una jerarquía espacio-temporal .....	17
Figura 4. Formas del terreno y depósitos de una planicie de inundación fluvial con meandros .....	19
Figura 5. Boceto topográfico del "río colgado" cerca de Kaifeng .....	20
Figura 6. Diferentes componentes para establecer la diversidad biológica .....	21
Figura 7. Uso del hábitat para el desove de peces en el Alto Ródano .....	22
Figura 8. Dimensiones espaciales y temporales de un corredor fluvial .....	23
Figura 9. Canal de derivación y canal de desviación .....	48
Figura 10. Marco en el que se tiene en cuenta el medio ambiente para la toma de decisiones relativa a la gestión de crecidas .....	58
Figura 11. Enfoques de manejo adaptativo .....	64

## RESUMEN EJECUTIVO

La gestión integrada de crecidas (GIC) trata los problemas de la seguridad humana y el desarrollo sostenible desde la perspectiva de la gestión de crecidas, dentro del marco de la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH). Algunas de las causas fundamentales que hacen difícil integrar las preocupaciones cada vez mayores respecto a la degradación del medio ambiente en unas prácticas consolidadas de gestión de crecidas se derivan de la falta de comunicación que existe entre los grupos de las diversas disciplinas implicadas en la comprensión de las múltiples perspectivas del desarrollo sostenible. Esta publicación presenta varios enfoques de gestión integrada de crecidas, poniendo de relieve los aspectos medioambientales, y constituye un esfuerzo por reducir dicha falta de comunicación. Está dirigida principalmente a los responsables de la gestión de crecidas para ayudarlos a comprender la variedad de cuestiones medioambientales que incluye la gestión de crecidas. Al mismo tiempo, suministra información útil a los encargados de formular políticas, a los grupos relacionados con la protección del medio ambiente, a las ONG y a las comunidades, para ayudarlos a evaluar los riesgos de las crecidas en relación con las preocupaciones medioambientales y el desarrollo sostenible.

No hay un criterio universal para establecer prácticas de gestión de crecidas que sean inocuas para el medio ambiente. Es crucial adoptar prácticas que se adapten a las circunstancias particulares de un entorno hidrológico, topográfico y socioeconómico en concreto y seguir un método racional y equilibrado al abordar las cuestiones medioambientales en el marco de la gestión de crecidas.

### Definición del contexto

Las planicies de inundación han sido, desde siempre, los lugares preferidos para la actividad socioeconómica como lo demuestran las altas densidades de asentamientos humanos que allí se suelen encontrar. La gestión de crecidas cumple una función importante al proteger de posibles inundaciones a las personas que viven en las planicies de inundación y sus actividades socioeconómicas. Sin embargo, desgraciadamente las estrategias, que en buena parte dependen de soluciones estructurales (por ejemplo, presas y embalses, diques, canales de derivación de avenidas, etc.), alteran el entorno natural del río, lo que resulta en una pérdida de hábitats, de diversidad biológica y de productividad del ecosistema. La necesidad de alcanzar un desarrollo sostenible ha resaltado la importancia de buscar soluciones a las repercusiones negativas de las medidas de control de crecidas y de protección del medio ambiente y ha conducido a un cambio de orientación al pasar del control de crecidas a la gestión de crecidas.

La degradación del medio ambiente puede llegar a amenazar la seguridad humana, sobre todo la vida, los medios de subsistencia y la seguridad alimentaria y sanitaria. Los ecosistemas como los bosques, los humedales y los lagos son de gran provecho para el ser humano. Entre otras cosas, nos proporcionan alimentos, suministran agua potable, purifican el agua, regulan los regímenes fluviales y preservan el patrimonio cultural. Los ecosistemas naturales tienen una gran capacidad de recuperación pero, al mismo tiempo, es difícil restaurarlos cuando han sido destruidos. Por consiguiente, la cuestión clave en el desarrollo sostenible, en general, y en la gestión de los recursos hídricos, en particular, consiste en afianzar la capacidad de los ecosistemas para amortiguar los continuos trastornos que experimentan para que así continúen proporcionando los servicios necesarios. Tener en cuenta los efectos medioambientales en las actividades de gestión de crecidas es, por lo tanto, importante dentro del contexto del desarrollo sostenible y de la seguridad humana.

En muchas partes del mundo, las demandas extremas de recursos naturales debidas al crecimiento de la población han obligado a las personas a ubicarse junto con sus posesiones más cerca de los ríos. Además, las medidas de control de crecidas y de protección frente a éstas han estimulado a la población a utilizar de manera excesiva las áreas recientemente protegidas, incrementando así los riesgos de crecidas y las pérdidas que éstas pueden causar. Al mismo tiempo, diversas actividades para el desarrollo y la mejora de las condiciones de vida, de los medios de subsistencia y de la seguridad humana están provocando la degradación del medio ambiente y del ecosistema. Las políticas de gestión de crecidas y sus prácticas tienen que ser vistas dentro del contexto global de tales actividades. Por consiguiente, es sumamente importante equilibrar las necesidades fundamentales de desarrollo, los riesgos de crecidas, la vulnerabilidad social y económica y el desarrollo sostenible con relación a la preservación de los ecosistemas.

### **Evaluación de las opciones de gestión de crecidas sobre la base del conocimiento científico**

Los ríos, en condiciones naturales, se desplazan continuamente de un lado a otro a través del cinturón de la planicie de inundación y cambian la configuración del terreno. Los regímenes de flujo y de sedimentos, al entrar en contacto con los materiales del lecho y de los márgenes del río así como con la vegetación fluvial, crean unas características fluviales y destruyen otras, de modo que crean una variedad de hábitats para diferentes comunidades bióticas. La morfología de los ríos y la diversidad y densidad de hábitats se encuentran en un estado de equilibrio dinámico. La inundación estacional de la planicie es esencial para mantener un corredor fluvial complejo (que comprende el cauce del río y su correspondiente planicie de inundación). La inundación no sólo permite a los organismos acuáticos moverse dentro o fuera del cauce principal, sino que también ocasiona cambios morfológicos, crea nuevos hábitats, deposita limo y materia orgánica fértil, mantiene los humedales, renueva los estanques de la planicie de inundación y almacena temporalmente el agua en la misma, lo que reduce los riesgos de inundaciones río abajo. La conectividad ecológica y morfológica entre las dimensiones longitudinal (las cuencas aportadoras aguas arriba y los tramos del corredor aguas abajo), lateral (entre el río y su planicie de inundación) y vertical (la superficie con las zonas subsuperficiales) debe mantenerse gracias a una calidad y variabilidad estacional de los flujos de agua adecuada.

Los procesos fluviales también influyen en gran medida en los procesos que tienen lugar en los estuarios y deltas ya que los ríos representan para ellos las fuentes principales de agua dulce, sedimentos y nutrientes. Los cambios morfológicos en los deltas de los ríos son el resultado de la combinación de fuerzas fluviales y marinas en los alrededores de la boca del río. Las presas y obras de desviación pueden llegar a alterar el régimen fluvial y, por consiguiente, el suministro de sedimentos a las áreas costeras, influyendo de ese modo en los procesos morfológicos y ecológicos que allí suceden. La protección de los ecosistemas costeros estriba, por lo tanto, en la sinergia entre la gestión integrada de los recursos hídricos, la gestión integrada de crecidas, como parte de ésta, y la gestión integrada de zonas costeras (GIZC).

Las obras estructurales para el control de crecidas y protección frente a éstas, por ejemplo, presas y embalses, diques o canalizaciones, pueden alterar los regímenes de flujo, modificar la forma del río o separar los cauces de sus planicies de inundación. De esa manera, tienden a dificultar los procesos ecológicos y morfológicos naturales y a simplificar demasiado el corredor fluvial, lo que resulta en un ecosistema homogéneo en el espacio, que no puede proporcionar características de hábitat variadas para que exista una diversa gama de especies. Por lo tanto, es importante mantener la estructura y función de los ecosistemas fluviales porque la mayoría de los servicios ecosistémicos suministrados por los corredores fluviales dependen de ellas y se pierden cuando se simplifican los ríos.

La necesidad de preservar los caudales ambientales con su consabida variabilidad del régimen de flujo y de sedimentos tiene que tenerse en cuenta de manera apropiada en las etapas de diseño y ejecución de las obras de control de crecidas y de protección frente a las mismas, en un esfuerzo por lograr un equilibrio dinámico bajo nuevos regímenes de flujo y de sedimentos. Esto ayuda a mantener la salud del medio ambiente. Las medidas no estructurales, como la reglamentación del uso de la tierra, la predicción y alerta de crecidas o el uso de ecosistemas naturales, cumplen una función importante al limitar los efectos negativos de las crecidas en el medio ambiente y, por consiguiente, deben ser consideradas activamente como opciones fundamentales y como medidas tanto independientes como complementarias.

## **Consideración de las cuestiones medioambientales en los procesos de toma de decisiones**

En los procesos de toma de decisiones relativos a la gestión de crecidas existen diversos tipos de limitaciones físicas, técnicas, económicas y políticas. Los valores sociales, la percepción de los riesgos y el equilibrio entre el desarrollo y la preservación del medio ambiente difieren entre las diversas partes interesadas, pero deben tomarse en cuenta. Para minimizar la subjetividad en la toma de decisiones, es necesario establecer un marco que tenga en cuenta las cuestiones medioambientales siguiendo un enfoque triple que consista en evitar, reducir y atenuar los efectos negativos en el medio ambiente sin comprometer los objetivos de la gestión de crecidas. Ese marco ayudará a minimizar los efectos negativos de las intervenciones de la gestión de crecidas que limitan la productividad natural, la salud del ecosistema y sus servicios.

### *Comprensión y análisis científicos*

El conocimiento científico de los conceptos básicos acerca de la morfología y la ecología de los ríos y sus planicies de inundación es fundamental para comprender los procesos del ecosistema que tienen lugar en la cuenca de un río y los efectos provocados por las medidas de gestión de crecidas en los ecosistemas. El diseño, la ejecución y el funcionamiento de nuevos proyectos respetuosos con el medio ambiente, así como la atenuación de los efectos negativos de las obras existentes mediante un mejor funcionamiento y restauración, sólo pueden realizarse si se comprenden esos conceptos científicos. La gestión integrada de crecidas requiere un enfoque multidisciplinar de la gestión de crecidas que promueva un diálogo entre los profesionales de diversas disciplinas con perspectivas diferentes a fin de examinar las percepciones y metas comunes.

### *Evaluación ambiental*

La evaluación ambiental es una herramienta para identificar cuál será el examen más completo necesario para tomar decisiones que pueden tener efectos negativos significativos para el medio ambiente. La evaluación ambiental se aplica a varios niveles de la toma de decisiones, que van desde la formulación de políticas y la planificación hasta el diseño y ejecución del proyecto. Para una evaluación ambiental efectiva, es importante empezar en el nivel estratégico y facilitar un diálogo entre las autoridades medioambientales y de desarrollo, así como los representantes públicos con conocimiento de causa. El intercambio y el uso de información, con datos fáciles de comprender, facilitan la comunicación entre las partes interesadas y los expertos, cumplen una función esencial al garantizar una colaboración estrecha entre los interesados y ayudan a mantener la transparencia del proceso de toma de decisiones.

### *Análisis económicos que tienen en cuenta el medio ambiente*

El análisis económico que tiene en cuenta consideraciones medioambientales cumple una función clave en situaciones de compromiso y de conflicto. El análisis de criterios múltiples es útil para clasificar las opciones y preseleccionar un número limitado de éstas para su evaluación detallada posterior, por ejemplo, con el análisis costo-beneficio. El análisis de criterios múltiples puede utilizarse para permitir que las partes interesadas examinen la naturaleza de las opciones, determinen los factores fundamentales, descubran sus propias preferencias y simplifiquen el proceso de selección de las opciones más importantes. Puesto que la evaluación económica implica valores sociales, es apropiado llevar a cabo un análisis económico que tenga en cuenta el medio ambiente mediante la consulta y estrecha participación del público afectado por los proyectos.

### *Participación de las partes interesadas*

La participación genuina de los principales interesados está en el centro de los procesos de toma de decisiones en todas las etapas de la gestión de crecidas. El propósito principal de la participación de las partes interesadas es garantizar la aplicación de los principios de la gestión integrada de crecidas en la que las partes interesadas participan al identificar, dar forma, desarrollar, validar de manera lógica y llevar a cabo los planes y proyectos, así como al valorar, supervisar y evaluar sus efectos. La consulta y la participación pública también son esenciales para llevar a cabo una evaluación ambiental y un análisis económico que tengan en cuenta el medio ambiente. Al establecer un diálogo y obtener respuestas de las comunidades implicadas, éstas pueden influir en el proceso de toma de decisiones ya que plantearán problemas que deberán ser considerados en las diferentes etapas.

### *Manejo adaptativo*

Aunque la comprensión de la morfología y ecología del río es la clave para lograr la gestión integrada de crecidas, el conocimiento científico sobre las condiciones existentes de los ecosistemas es, sin embargo, fragmentario y no se entienden en su totalidad los efectos de las intervenciones humanas en los ecosistemas. Para responder a esta falta de certeza científica, se recomienda la adopción de los principios de precaución. El manejo adaptativo enfoca estas incertidumbres científicas a través de la supervisión y la evaluación continuas de las estrategias aplicadas, incorporando nuevos conocimientos en cuanto estén disponibles y, si es necesario, modificando los enfoques.

### *Supervisión*

Se ha admitido la importancia de la supervisión desde varias perspectivas, comenzando por la supervisión previamente planificada de varios procesos naturales con el fin de proporcionar los elementos básicos para la evaluación de recursos, riesgos y opciones de desarrollo. En lo que respecta a la planificación del desarrollo, la supervisión se centra en evaluar los efectos de la adopción de las medidas tal como se indica en la evaluación ambiental a nivel estratégico. Durante y tras la aplicación, la supervisión es importante en lo que respecta al proyecto para evaluar si la medida de gestión de crecidas en realidad ha podido alcanzar los objetivos deseados. Las lecciones aprendidas a través de la supervisión y la evaluación pueden mejorar la metodología que se aplicará en el diseño de planes y proyectos futuros.

### *Mecanismos de apoyo*

La mayoría de los países carece de organizaciones que sean capaces de adoptar enfoques integrados y de la inversión para apoyar un aprendizaje organizacional efectivo y una colaboración entre organizaciones. La ausencia de diálogo entre los diferentes sectores profesionales y entre los expertos y el público en general complica aún más el proceso de aplicación de ese marco. Las leyes pueden proteger y afianzar los derechos e intereses del medio ambiente que de otro modo no podrían influir en la toma de decisiones. Es necesario un cambio de conducta entre las diferentes instituciones y organizaciones, además de la creación de capacidad a varios niveles, para asentar instituciones capaces de instaurar ese tipo de marco, apoyándose en mecanismos legales.



## AGRADECIMIENTOS

Esta publicación ha sido redactada en el marco del Programa Asociado de Gestión de Crecientes (APFM) en consulta con un amplio grupo de expertos de varias disciplinas. En este sentido, la presente publicación no hubiera sido posible sin la colaboración de un gran número de personas.

Han llevado a cabo la recopilación de esta publicación:

- Avinash C. Tyagi, Organización Meteorológica Mundial (OMM).
- Makoto Hyodo, IDEA Consultants, Inc., Japón (actualmente en la Unidad de soporte técnico del APFM, OMM).
- Ania Grobicki, consultora independiente, Francia.

Un grupo de expertos, constituido para proporcionar orientación y experiencia en la preparación de esta publicación, se reunió en septiembre de 2005 en Ginebra y siguió colaborando posteriormente por correo electrónico. El Grupo debatió e identificó los problemas medioambientales pertinentes para la gestión de crecidas que se tratan en la publicación y ofreció aportes inestimables. Los miembros de este grupo se nombran a continuación:

Claudio Meier (Universidad de Concepción, Chile; actualmente en la Universidad de Montana, EE.UU.), Colin Creighton (CSIRO, Australia), Fabrice Renaud (UNU-EHS, Alemania), Maria-Franca Norese (Politecnico di Torino, Italia), Mike Acreman (CEH, Wallingford, Reino Unido), Mogens Dyhr-Nielsen (Centro de Colaboración del PNUMA sobre el Agua y el Medio Ambiente, Dinamarca), Ognjen Bonacci (Universidad de Split, Croacia), Peter Goodwin (Universidad de Idaho, EE.UU.), Videh Upadhyay (abogado, Corte Suprema de India).

La publicación se presentó en una reunión especial sobre la gestión integrada de crecidas organizada por la OMM y la Comisión de conservación del río Amarillo (YRCC), durante las sesiones del segundo Foro internacional sobre el río Amarillo que tuvieron lugar en Zhengzhou (China) en octubre de 2005. Las contribuciones y debates que tuvieron lugar durante dicha reunión ayudaron a enriquecer la presente publicación. El borrador de la misma se envió a varios expertos y se publicó en el sitio web. Gracias a ello, se recibieron valiosos comentarios de un variado grupo de personas, entre las que cabe destacar a las siguientes:

Christopher George (IAHR, España), Francesca Bernardini (UNECE, Suiza), Futoshi Nakamura (Universidad de Hokkaido, Japón), Ger Bergkamp (IUCN, Suiza), Jacques Ganoulis (Universidad Aristóteles de Salónica, Grecia), Keigo Nakamura (PWRI, Japón), Kevin Coulton (Watershed Concepts, EE.UU.), Soontak Lee (Universidad de Yeungnam, República de Corea), Toshiharu Kojiri (Universidad de Kyoto, Japón), Rainer Enderlein (UNECE, Suiza), Rajib Shaw (Universidad de Kyoto, Japón), Valerio Vendegna (Universidad de Pavia, Italia), Yukihiro Shimatani (Universidad de Kyushu, Japón) y miembros de la Sociedad internacional de hidrología y medio ambiente (República de Corea).

Además, la publicación fue objeto de un examen por homólogos llevado a cabo por Paolo Burlando (Instituto Federal Suizo de Tecnología de Zurich, Suiza) desde una perspectiva hidrológica y Klement Tockner (Instituto Federal Suizo de Ciencia y Tecnología Acuática, Suiza) desde una perspectiva ecológica.

La publicación se ha basado en los trabajos de muchas organizaciones y expertos como se verá en la bibliografía mencionada. Y, por último, no podemos olvidar dar las gracias a los miembros del Departamento de Hidrología y Recursos Hídricos de la OMM y a los miembros de la Unidad de apoyo técnico del Programa Asociado de Gestión de Crecientes (APFM) por las conversaciones libres y francas a propósito del tema que nos ocupa y por plantear diversas perspectivas.

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, las planicies de inundación han sido el lugar preferido para el desarrollo socioeconómico debido a su potencial de desarrollo, como lo pone de manifiesto la muy elevada densidad demográfica de los asentamientos humanos que se ubican a orillas de los ríos en todo el mundo<sup>1\*</sup>, por ejemplo, Bangladesh<sup>2</sup> y Japón<sup>3</sup>. La sociedad moderna hace un uso extremo de todos estos recursos naturales. En las economías desarrolladas, en las que el uso comercial y residencial de planicies de inundación ha contribuido a su éxito económico, las mejoras en la gestión de crecidas han empujado a los individuos a mudarse junto con sus bienes más cerca de los ríos, aumentando así los riesgos de inundaciones y las pérdidas consiguientes. Está demostrado que a escala mundial están aumentando las pérdidas económicas causadas por las crecidas<sup>4</sup>. Esto, en parte, es un reflejo del rápido crecimiento de la población, de la expansión del crecimiento y desarrollo económicos (por ejemplo, la urbanización) y del aumento de las inversiones en infraestructuras, junto a incertidumbres tales como la variabilidad del clima y el cambio climático. Sin embargo, todo plan de reducción de riesgos basado en restricciones a la ocupación de planicies de inundación limita la posibilidad de aprovechar estas zonas para el desarrollo socioeconómico<sup>5</sup>.

### 1.1 Del control de crecidas a la gestión integrada de crecidas

La gestión de crecidas y de planicies de inundación desempeña una función importante en la protección de las personas y el desarrollo socioeconómico. Hasta hace poco, el control de crecidas y la protección contra éstas se basaba en la ingeniería y otorgaba poca o ninguna consideración a las repercusiones sociales, culturales y medioambientales de la estrategia adoptada y a las cuestiones económicas a largo plazo. Se apoyaban mayormente en soluciones estructurales (por ejemplo, diques, canales de derivación, presas y embalses, etc.) que desgraciadamente han cambiado los regímenes fluviales, han modificado la forma de los ríos o han separado los cauces de sus planicies de inundación respectivas, lo que se traduce en pérdidas de hábitats, de diversidad biológica y de productividad. Durante la última mitad del siglo XX, el control de crecidas y la protección contra las mismas ha ido evolucionando lentamente desde el énfasis que antes recaía en las infraestructuras hacia la incorporación de medidas no estructurales complementarias como la predicción de crecidas y la reglamentación del uso de la tierra.

Los efectos negativos de algunas de las medidas estructurales y la preocupación creciente por el desarrollo sostenible han puesto de relieve la necesidad de afrontar las consecuencias negativas en el medio ambiente del control de crecidas y de las medidas de protección contra éstas. Durante los dos últimos decenios, el aumento de la preocupación medioambiental para conseguir un desarrollo sostenible ha facilitado la transición del "control de crecidas" a la "gestión de crecidas". Actualmente se sabe que las crecidas son un fenómeno natural que determina el régimen natural de un río y que cualquier intervención de tipo estructural conlleva efectos sobre el entorno natural, lo que puede causar la degradación del medio ambiente y mermar los servicios proporcionados por los ecosistemas.

La necesidad de un cambio de orientación que consiste en el paso del control de crecidas a la gestión de crecidas está recogido en el concepto de *gestión integrada de crecidas* (GIC): proceso que fomenta un enfoque integrado en materia de gestión de crecidas. La gestión integrada de crecidas tiene como finalidad

---

\* Los superíndices corresponden al número de las notas que se presentan a partir de la página 69.

maximizar los beneficios netos de las planicies de inundación y minimizar la pérdida de vidas causada por las inundaciones. Los elementos esenciales de la gestión integrada de crecidas son:

- adoptar un enfoque centrado en la cuenca para la gestión de crecidas;
- introducir un enfoque multidisciplinar en la gestión de crecidas;
- reducir la vulnerabilidad y los riesgos debidos a las inundaciones;
- fomentar la participación de la comunidad; y
- preservar los ecosistemas.

La gestión integrada de crecidas toma en cuenta las cuestiones relacionadas con la seguridad humana y el desarrollo sostenible desde la perspectiva de la gestión de crecidas en el marco de la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH). En ese sentido, se suma a la gestión integrada de zonas costeras (GIZC) ya que los tramos inferiores del estuario de un río y la zona costera forman parte integrante de la cuenca del río. Sin embargo, a pesar de la amplia aceptación que ha recibido el enfoque integrado para la gestión de los recursos hídricos como concepto, todavía existen ciertas limitaciones a la hora de adoptar un enfoque integrado para la gestión de crecidas. En la práctica, la gestión de crecidas sigue siendo en gran medida un proceso monodisciplinar y monofuncional.

## 1.2 Propósito y alcance de la publicación

El desarrollo sostenible se enfoca desde perspectivas diferentes según el grupo disciplinar que lo aborda, ya sea el de los científicos medioambientales, los ecólogos, los gestores de crecidas o los hidrólogos. Algunas de las causas fundamentales que hacen difícil integrar la preocupación creciente respecto a la degradación del medio ambiente en unas prácticas racionales de gestión de crecidas estriban en la ausencia de diálogo y en la necesidad de comprender perspectivas de desarrollo sostenible variables. Hay diferencias en la terminología utilizada por las diversas disciplinas y una falta de reconocimiento de las cuestiones planteadas por los diferentes grupos. La comunicación y la comprensión efectiva entre las diferentes partes interesadas y los expertos son, por consiguiente, de suma importancia. Esta publicación es una tentativa de fomentar la comunicación.

La presente publicación está dirigida principalmente a gestores de crecidas, con el propósito de ayudarlos a comprender la variedad de las cuestiones medioambientales relacionadas con la gestión de crecidas. Al mismo tiempo, proporciona información útil a los responsables de formular políticas, los grupos medioambientales, las ONG y las comunidades, para permitirles comprender los riesgos de crecidas en relación con las preocupaciones medioambientales y el desarrollo sostenible. Está dirigida a mejorar la comunicación y comprensión entre las diferentes disciplinas, los interesados y los expertos. Por esta razón, se evitan detalles demasiado técnicos. Los hechos aquí presentados están basados en el conocimiento científico existente y documentado.

De todos es sabido que no existen soluciones universales que aporten prácticas de gestión de crecidas inocuas para el medio ambiente. Resulta crucial adoptar prácticas que se adapten a las circunstancias particulares de un entorno hidroclimático, topográfico y socioeconómico específico dentro de una cuenca. Por consiguiente, esta publicación no se presenta como una norma o manual que prescriba procedimientos o pasos. Más bien, pretende proporcionar una manera racional y equilibrada de tratar las cuestiones del medio ambiente en la gestión de crecidas. Esta publicación se centra en las cuestiones medioambientales directamente relacionadas con la gestión de crecidas, aunque hay que reconocer que la contaminación también

degrada la calidad del agua y la salud de los ecosistemas fluviales. Las cuestiones relacionadas con la contaminación del agua forman parte de la gestión integrada de los recursos hídricos de la que la gestión integrada de crecidas es un subconjunto.

La presente publicación estudia la forma en que las consideraciones medioambientales pueden incorporarse de manera apropiada en las prácticas de gestión de crecidas y aborda cuestiones relacionadas con los aspectos siguientes:

- mantener el equilibrio entre las necesidades de desarrollo y los riesgos de crecidas en relación con el desarrollo sostenible;
- comprender los conceptos hidrológicos, morfológicos y ecológicos pertinentes para los procesos que tienen lugar en las planicies de inundación;
- identificar los efectos medioambientales de las medidas de gestión de crecidas;
- resolver situaciones y objetivos contradictorios llegando a un compromiso entre las partes interesadas;
- adoptar enfoques de gestión de crecidas respetuosos con el medio ambiente; y
- vivir y trabajar con la naturaleza.

El Capítulo 2 describe la importancia del desarrollo sostenible y de mantener un equilibrio entre el desarrollo económico, la protección del medio ambiente y la seguridad humana. En este sentido, describe la relación fundamental que existe entre las necesidades de desarrollo y la degradación del medio ambiente. La ecohidrología/ecohidráulica, ciencias que estudian las interacciones entre la hidrología o la hidráulica y los ecosistemas acuáticos, y la morfología de los ríos, que estudia las formas del terreno fluvial, proporcionan elementos importantes para la gestión integrada de crecidas. Así pues, el Capítulo 3 describe conceptos básicos de la morfología y la ecología de los ríos y la manera en que éstas están determinadas por los regímenes fluviales: ésta es la clave para comprender las repercusiones de las medidas de gestión de crecidas y para aplicar diseños favorables al medio ambiente en los nuevos proyectos. El Capítulo 4 trata de la función que desempeña el ecosistema en la regulación del ciclo hidrológico y de su potencial y límites como opción complementaria a la gestión de crecidas. El Capítulo 5 describe algunas de las consecuencias en el medio ambiente de las medidas estructurales de la gestión de crecidas, sobre todo por lo que se refiere al régimen de flujo, el transporte de sedimentos, la calidad del agua y la biodiversidad. Además examina las posibles opciones para evitar, reducir o atenuar las consecuencias negativas.

El Capítulo 6 sitúa las preocupaciones medioambientales en el centro de los procesos de toma de decisiones. En él se describe la manera en que las consideraciones medioambientales pueden incorporarse apropiadamente en la toma de decisiones en lo que respecta a las políticas, la planificación de cuencas y el diseño de proyectos mediante un marco que contenga elementos pertinentes para adoptar un enfoque que tenga en cuenta el medio ambiente dentro de la gestión integrada de crecidas. Dadas las incertidumbres en la comprensión científica de las cuestiones relativas al medio ambiente, se estudian enfoques de manejo adaptativo que se apoyen en la supervisión y en la evaluación y, por último, se identifican las necesidades para que esto sea posible.



## 2. DEFINICIÓN DEL CONTEXTO: EL MEDIO AMBIENTE Y EL DESARROLLO SOSTENIBLE

Los ecosistemas proporcionan beneficios enormes a los seres humanos. La seguridad y el bienestar humano están estrechamente relacionados con la preservación de los ecosistemas y la prevención contra la degradación del medio ambiente. La inventiva humana se encuentra ante un dilema entre las necesidades de desarrollo y la degradación del medio ambiente. En este capítulo se abordan las cuestiones relativas al desarrollo sostenible, a los servicios ecosistémicos en el proceso de desarrollo, a la seguridad humana y a las necesidades de desarrollo relacionadas con esta última, desde la perspectiva de la gestión de crecidas.

### 2.1 El desarrollo sostenible

#### *Hacia el desarrollo sostenible*

El concepto de *desarrollo sostenible* ha estado en el centro del debate sobre el medio ambiente y el desarrollo desde la Conferencia sobre el Medio Humano que tuvo lugar en Estocolmo en 1972<sup>6</sup>. El desarrollo sostenible es el desarrollo “que entraña la satisfacción de las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades”<sup>7</sup>. Al mismo tiempo, el derecho al desarrollo es un “derecho universal e inalienable y [...] parte integrante de los derechos humanos fundamentales”<sup>8</sup>. Se ha comprobado que el desarrollo y la protección del medio ambiente son interdependientes<sup>9</sup>. El desarrollo humano está estrechamente relacionado con nuestros entornos y recursos naturales, que incluyen el agua, la tierra, la agricultura y los bosques. En los países en desarrollo, en particular, el medio de subsistencia de millones de personas depende directamente de estos recursos naturales ya que allí las alternativas para el crecimiento económico y el progreso son a menudo limitadas.

En el pasado, gran parte del desarrollo se consiguió a expensas de los recursos naturales, lo que ha repercutido en los ecosistemas naturales y en sus funciones ecológicas. Se está tomando cada vez mayor conciencia de que las necesidades de desarrollo presentes y futuras deben satisfacerse a la par que la protección del medio ambiente. El Plan de Aplicación<sup>10</sup> acordado durante la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible admite que las actividades humanas tienen efectos cada vez mayores en la integridad de los ecosistemas, que proporcionan recursos y servicios esenciales para el bienestar y las actividades económicas. Es evidente que ese tipo de enfoque no es sostenible a largo plazo. Lo que se necesita es un cambio en nuestra percepción de la manera en que nos relacionamos con nuestro entorno natural y de la influencia que esto podría tener en el futuro sobre la calidad de vida. Así pues, para invertir la tendencia actual de degradación de los recursos naturales cuanto antes, es necesario aplicar estrategias de desarrollo que protejan los ecosistemas, por medio de la gestión integrada de la tierra, el agua y los recursos biológicos, fortaleciendo al mismo tiempo la capacidad local, regional y nacional. Estos principios han sido aceptados ampliamente en la gestión de los recursos hídricos mediante un cambio de orientación en la manera de concebir la gestión integrada de los recursos hídricos.

#### *El desarrollo sostenible, la seguridad humana y el medio ambiente*

La seguridad humana, que abarca la seguridad física de los individuos y de las comunidades, así como la seguridad económica, alimentaria, de la salud, medioambiental y política, está incluida en el concepto de desarrollo sostenible. La seguridad medioambiental supone un medio ambiente saludable en contraposición con las amenazas a las que éste se enfrenta, cuando los recursos se administran mal y se degradan. La

relación entre la seguridad humana y el medio ambiente es más marcada en las zonas en las que la dependencia humana al acceso a los recursos naturales es mayor. Cuando estos recursos se ven amenazados debido a los cambios experimentados en el medio ambiente, la seguridad humana también se ve amenazada. Como resultado, las personas no tienen más remedio que mudarse de las zonas rurales a tierras marginales o asentamientos urbanos, iniciando de esta manera otro ciclo de desarrollo insostenible y de inseguridad.

Desde la perspectiva de la gestión de crecidas, la degradación del medio ambiente puede llegar a amenazar la seguridad humana de muchas maneras diferentes. En primer lugar, puede aumentar la magnitud y la frecuencia de los peligros de crecidas. En segundo lugar, cuando afecta a otros aspectos de la seguridad humana como el económico y el alimentario (por ejemplo, con la degradación de la tierra, que afecta a la productividad agrícola) y el de la salud (por ejemplo, con la contaminación del agua), aumenta la vulnerabilidad de aquéllos expuestos a esos peligros. La consideración adecuada de los efectos medioambientales en el marco de las actividades de gestión de crecidas es, por lo tanto, importante dentro del contexto del desarrollo sostenible y la seguridad humana.

## 2.2 El medio ambiente y los ecosistemas

El medio ambiente puede definirse como el conjunto de entornos en que se desenvuelve un organismo. Esto incluye el aire, el agua, la tierra, los recursos naturales, la flora, la fauna, los seres humanos y sus interrelaciones. El clima, la ubicación física y los regímenes fluviales resultantes, dentro de diversos ecosistemas, junto con las actividades humanas que se añaden a éstos, determinan el medio ambiente de una planicie de inundación. Las actividades humanas tienen efectos profundos sobre los diferentes ecosistemas que componen el medio ambiente.

Un ecosistema es una estructura dinámica de comunidades vegetales, animales y microorganismos y su entorno inanimado, que interactúan como una unidad funcional<sup>11</sup>. Los ecosistemas, como los bosques, humedales y lagos, comprenden todos los organismos que se encuentran en la zona junto a su medio físico, o abiótico<sup>12</sup>, y sus interacciones. Un ecosistema tiene una estructura u organización dada por la interacción de los diferentes componentes biológicos y no biológicos. Cuanto mayor sea el número de elementos del sistema que conforman un ecosistema y las interacciones entre ellos, mejor se podrá compensar cualquier trastorno dentro del ecosistema. Por lo tanto, los ecosistemas son flexibles (capaces de volver a su estado original después de un trastorno) pero, al mismo tiempo, difíciles de recrear si son destruidos.

Los procesos ecológicos hacen que el planeta sea apto para la vida al proporcionar alimentos, aire para respirar, medicinas y mucho de lo que se suele llamar "calidad de vida". La inmensa diversidad biológica, química y física de la Tierra forma los componentes básicos de los ecosistemas<sup>13</sup>. La cuestión fundamental en el desarrollo sostenible, en general, y el desarrollo de los recursos hídricos, en particular, consiste pues en garantizar la capacidad de los sistemas para absorber los cambios continuos sin perder su capacidad de proporcionar un suministro continuo de bienes y servicios ecológicos<sup>14</sup>. Por consiguiente, es muy importante comprender y proteger los ecosistemas complejos como bosques, humedales y ríos, no sólo sus estructuras sino también su funcionamiento.

En lo que respecta a la gestión, las estrategias de desarrollo que consideran la necesidad de preservar el funcionamiento de los ecosistemas se denominan "enfoques ecosistémicos". En estos enfoques, un recurso, una actividad o un conjunto de bienes y servicios medioambientales en particular no puede ser considerado separadamente de los demás. Así pues, "el enfoque ecosistémico es una estrategia para la gestión integrada

de la tierra, del agua y de los recursos vivos que fomenta la conservación y el uso sostenible en forma equitativa”<sup>15</sup>. Los enfoques ecosistémicos son aplicables a todas las escalas, de la local a la mundial. Las planicies de inundación constituyen la mejor opción para el sustento de la población, particularmente en los países en desarrollo, en los que la reducción de la pobreza y el desarrollo socioeconómico dependen en gran medida del aprovechamiento de los recursos naturales. Por consiguiente, el desarrollo sostenible debe satisfacer las necesidades de desarrollo manteniendo al mismo tiempo, en el mayor grado posible, el medio natural de los corredores fluviales. La gestión integrada de crecidas, entre cuyos objetivos está la protección del medio ambiente, abarca los doce principios del enfoque ecosistémico<sup>16</sup>. El Cuadro 1 ofrece una visión global de estos principios y de su relación con los principios de la gestión integrada de crecidas.

## 2.3 Los servicios ecosistémicos

### Servicios ecosistémicos para las personas

La Evaluación Ecosistémica del Milenio describe los servicios ecosistémicos como “los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas”<sup>17</sup>. Éstos incluyen el abastecimiento, la regulación y los servicios culturales que afectan directamente a las personas, así como los servicios de apoyo necesarios para mantener otros servicios. Muchos de estos servicios están estrechamente vinculados (véase la Figura 1).

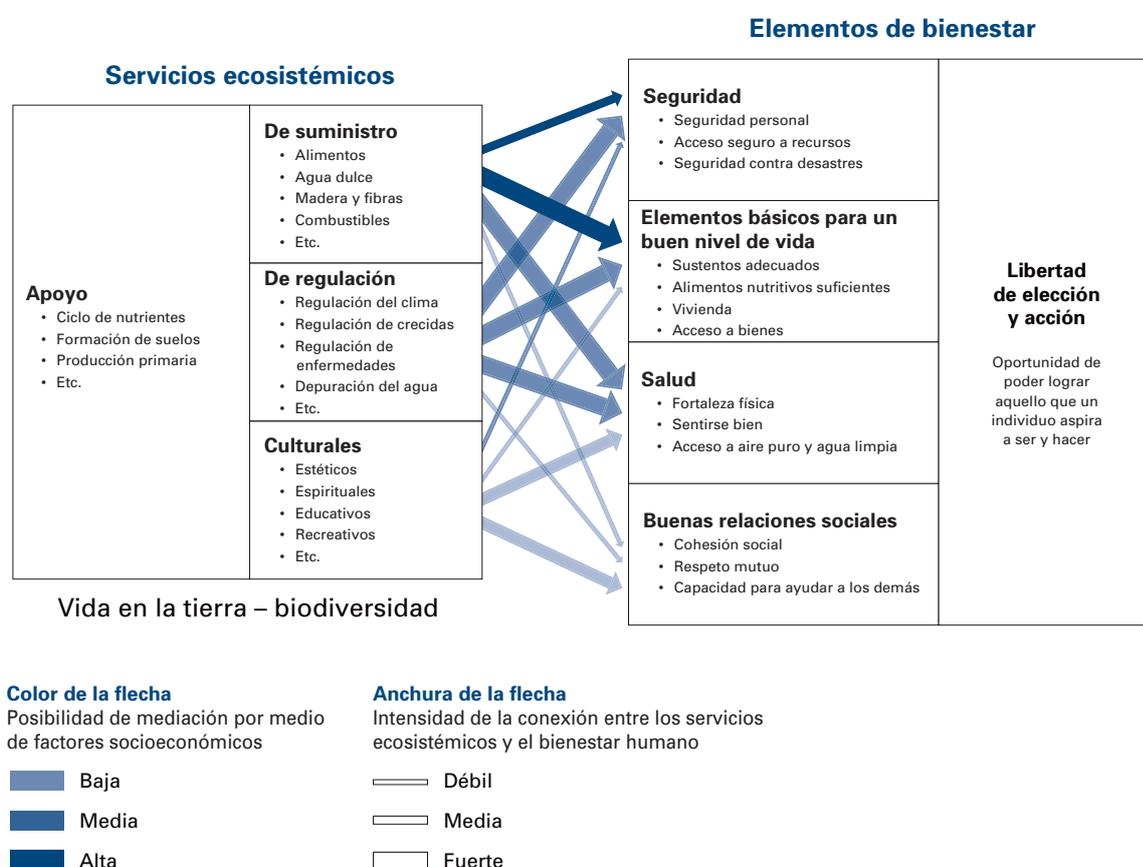


Figura 1. Vínculos entre los servicios ecosistémicos y el bienestar humano

Fuente: Evaluación Ecosistémica del Milenio, 2005

Los **servicios de abastecimiento** son los productos obtenidos de los ecosistemas como es el caso de los alimentos, fibras, combustibles, recursos genéticos, productos bioquímicos, medicinas naturales, productos farmacéuticos y recursos ornamentales. El suministro de agua potable es uno de los servicios de abastecimiento más importantes de los ecosistemas, como lo son la gran variedad de organismos diferentes que se encuentran en el agua dulce y que se utilizan como alimento y fibra.

Los **servicios de regulación** son procesos del ecosistema que regulan la calidad del aire, el clima, las enfermedades, las plagas, la polinización, la erosión, etc. Los ecosistemas pueden ayudar a filtrar y descomponer residuos orgánicos introducidos en las aguas interiores y en los ecosistemas costeros y marinos prestando servicios de purificación del agua y de tratamiento de residuos. Además pueden asimilar los compuestos y eliminar su toxicidad a través de procesos en el suelo y en el subsuelo. Los ecosistemas regulan el flujo de agua en cuanto a la periodicidad y la magnitud de la escorrentía y de la recarga de acuíferos. Si no se conservan los ecosistemas de una manera adecuada, se alterarán sus funciones, de modo que disminuirán sus servicios y cambiarán sus reacciones con respecto a los regímenes fluviales. Estas reacciones se ven influidas considerablemente, sobre todo por las alteraciones en la capacidad de almacenamiento de agua. Algunos ecosistemas costeros, como los manglares y arrecifes de coral, regulan la intensidad de los peligros naturales, reduciendo el daño causado por huracanes o mareas de tempestad.

Los **servicios culturales** son los beneficios no materiales que las personas obtienen de los ecosistemas a través del enriquecimiento espiritual; el desarrollo cognitivo —reflexión, recreación, inspiración y experiencias estéticas—; las relaciones sociales; y los valores patrimoniales en lo referente a la educación y a la cultura.

Los **servicios de apoyo** son necesarios para la producción de todos los demás servicios ecosistémicos y difieren de los servicios de abastecimiento, de los de regulación y de los culturales en que sus efectos en las personas son a menudo indirectos u ocurren durante un período muy largo de tiempo. Algunos de estos servicios, como la regulación de la erosión, se pueden clasificar como servicios de apoyo y de regulación, dependiendo de la escala de tiempo y de la inmediatez de su efecto sobre las personas. Los servicios de apoyo incluyen la formación del suelo, la fotosíntesis, la producción primaria y el reciclado de nutrientes. El agua se recicla a través de los ecosistemas, transportando nutrientes y energía; brindando un componente medioambiental esencial para todos los organismos vivos; y cumpliendo una función crucial en la mayoría de los procesos ecológicos.

### ***Los servicios ecosistémicos y el entorno natural***

A lo largo de la historia, el ser humano se ha beneficiado en gran medida de ecosistemas en perfecto estado pero también ha tenido que trabajar para protegerse de una serie de condiciones medioambientales naturales que distan mucho de ser benignas. Sin embargo, para muchas personas el adjetivo “natural” ha venido a significar “limpio y seguro”, sobre todo en los países desarrollados. El entorno natural se puede dividir en dos tipos, prístino o silvestre, es decir, que no ha sido alterado por las actividades humanas, o modificado según las necesidades humanas a fin de permitir una mejor calidad de vida y el bienestar económico. Para comprender la sostenibilidad del medio ambiente y la posibilidad de mantenerlo en su forma prístina y silvestre, debe analizarse desde la perspectiva de la seguridad humana. Esto permitirá obtener los servicios ecosistémicos sin costo y tratar el problema de una manera equilibrada. Por consiguiente, cuando se habla de servicios ecosistémicos, el adjetivo “natural” significa “cuidado” y no se refiere a la naturaleza en su forma silvestre. Algunos de los servicios de salud suministrados por los ecosistemas son buenos ejemplos de la ambigüedad que se presenta a través de la dicotomía clásica entre “natural” y “cuidado”<sup>18</sup>.

Desde la perspectiva de la seguridad humana, algunos de los peligros naturales en el entorno silvestre, prístino, pueden ser:

- calor, frío, lluvia, nieve, viento y desastres naturales conexos;
- la búsqueda constante de cantidades suficientes de alimentos, agua y refugio;
- las infecciones causadas por insectos y parásitos que se propagan de persona a persona o de los animales a las personas, a través del aire, los alimentos o el agua;
- el polvo, la humedad, el humo de la madera, el polen y otros elementos peligrosos presentes en la atmósfera; y
- las lesiones por caídas, incendios y ataques de animales.

Aunque el medio ambiente en su condición prístina conlleva peligros naturales, es obvio que los ecosistemas nos ofrecen beneficios enormes, como se señaló anteriormente. Por consiguiente, es importante conservar el equilibrio preservando el medio ambiente de manera oportuna para que los humanos puedan protegerse de los peligros naturales inducidos por su condición prístina y, al mismo tiempo, puedan aumentarse al máximo los servicios ecosistémicos. Este equilibrio es la clave para intentar conseguir la sostenibilidad del medio ambiente.

## 2.4 La degradación del medio ambiente y las necesidades de desarrollo

Uno de los objetivos principales de la gestión integrada de crecidas es la preservación del medio ambiente. Sin embargo, las políticas de gestión de crecidas no se diseñan de manera aislada. Por ser parte del desarrollo sostenible global, tienen que ser incorporadas de manera apropiada en el contexto del desarrollo. Por consiguiente, es importante entender correctamente las diversas causas que determinan el desarrollo así como la degradación del medio ambiente.

### ***Causas de la degradación del medio ambiente***

Las causas de la degradación del medio ambiente difieren de un país a otro según sus características socioeconómicas. Sin embargo, en general, pueden atribuirse a la pobreza y el consumismo, el desarrollo agrícola, la industrialización, la urbanización, el transporte, el turismo y el crecimiento de la población. A través de la historia, esas causas se manifiestan, irónicamente, en las actividades diseñadas para mejorar los medios de subsistencia de la población y su bienestar económico.

**La pobreza y el consumismo.** La pobreza es el mayor contaminante. Para preservar el entorno natural, se debe afrontar el problema de la pobreza. Los vínculos de la reacción entre la pobreza y el medio ambiente son sumamente complejos<sup>19</sup>. La desigualdad patente en las sociedades modernas puede fomentar un comportamiento insostenible porque los pobres dependen de los recursos naturales más que los ricos y no tienen perspectivas reales de acceder a otros tipos de recursos. Los ricos, en cambio, con su comportamiento consumista sacan un provecho excesivo de los recursos naturales. Estos efectos se resienten a nivel mundial. A su vez, la merma de los recursos naturales y la degradación de los entornos pueden acelerar el proceso de empobrecimiento, al privar a los pobres de los recursos naturales.

**El desarrollo agrícola.** A falta de otras opciones de subsistencia, la agricultura es la actividad principal en muchas regiones del mundo. Por su propia naturaleza, la agricultura es una intrusión en el entorno natural y una perturbación del mismo, ya que las actividades humanas sustituyen los ecosistemas naturales (por ejemplo, las



OMM

### Inundación urbana en Bangladesh

planicies de inundación, bosques o humedales) por entornos artificiales. Las repercusiones directas del desarrollo agrícola en el medio ambiente surgen de prácticas de cultivo que contribuyen a la erosión del suelo, la pérdida de fertilidad, la salinización de la tierra, la alcalización, el anegamiento, la contaminación por pesticidas y el consiguiente deterioro de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.

**La industrialización.** Desde los albores de la industrialización y hasta hace poco, la mayoría de las tecnologías industriales ha adquirido una gran deuda con el medio ambiente sobre todo a través del uso intensivo de recursos y energía y a través del aporte de desechos tóxicos (contaminación). Esto se refleja en el agotamiento de los recursos naturales (combustibles fósiles, minerales, madera, etc.), en la contaminación del agua, el aire y la tierra y en la degradación generalizada de los ecosistemas naturales. Las grandes cantidades de desechos industriales y peligrosos, creados por la industria química, han agravado el problema de la gestión de desechos con implicaciones serias para la salud del medio ambiente.

**La urbanización.** La industrialización ha conducido a su vez a la urbanización generalizada. Esta situación se ha exacerbado debido a la falta de oportunidades de empleo remunerado en las áreas rurales, cuyo resultado ha sido una migración cada vez mayor de los pobres a las ciudades y metrópolis, dando lugar a la aparición de megaciudades y barriadas urbanas de crecimiento descontrolado. La expansión rápida y no planificada de las ciudades en los países en desarrollo ha tenido como consecuencia la degradación del medio urbano y ha hecho cada vez mayor la brecha entre la demanda y el suministro de servicios infraestructurales como la energía, la vivienda, el transporte, las comunicaciones, la educación, el suministro de agua potable,

la disposición de sistemas de alcantarillado y los servicios públicos recreativos. Esto produce cambios indeseables en el uso de la tierra, un deterioro creciente de la calidad del aire y del agua y la generación de desechos; todo esto contribuye a la degradación del medio urbano.

**El transporte.** El establecimiento de sistemas de transporte requiere la construcción y el mantenimiento de diques para carreteras y vías férreas, canales de navegación fluvial, puertos, etc. Para conservar los cauces de los ríos aptos a la navegación es necesario modificar el régimen fluvial. Los puentes ferroviarios y de carreteras que atraviesan ríos obstruyen los procesos hidráulicos naturales, si no se diseñan correctamente. Además, los sistemas de transporte tienen una gran variedad de efectos en el medio ambiente, como la contaminación atmosférica, el ruido del tráfico de las carreteras y los derrames de hidrocarburos procedentes de embarcaciones marítimas.

**El turismo.** En muchos países el turismo es crucial para el desarrollo económico. Sin embargo, debido a la contaminación y a la eliminación de residuos sólidos en los sistemas de agua naturales, se ejerce una presión creciente sobre la flora y la fauna a medida que sus hábitats se degradan a causa de las actividades turísticas, particularmente en los ecosistemas costeros y las islas pequeñas. Ya sea de manera intencional o no, los turistas y el turismo pueden causar grandes daños a los ecosistemas básicos<sup>20</sup>.

**El crecimiento de la población.** El crecimiento de la población puede acelerar todos los efectos de degradación medioambiental mencionados hasta ahora. Ocasiona un consumo acelerado de recursos limitados, la generación de contaminantes, un incremento de la presión sobre las tierras, etc. Las densidades de población en aumento en las zonas de planicies de inundación hacen necesaria una enorme inversión en infraestructuras para proteger de las inundaciones a las personas, sus medios de subsistencia y sus bienes. Las obras realizadas para la gestión de las crecidas y de los recursos hídricos, como presas y embalses, vertederos y diques, se construyen para satisfacer estas necesidades. Sin embargo, si esas medidas no se diseñan apropiadamente, pueden tener importantes repercusiones para el medio ambiente.

## 2.5 En resumen

Debe tomarse conciencia de que, dentro de los sistemas fluviales, la inundación es la manera natural del sistema de descargar el agua que surge de los fenómenos ocasionales de gran precipitación<sup>21</sup>. Esto no acarrea ningún problema hasta que las personas deciden usar las planicies de inundación naturales para las actividades socioeconómicas y se dan cuenta de que se necesita protección contra la inundación. Así surge el dilema de protegerse contra un peligro natural para el beneficio de las personas que han escogido vivir y trabajar en las zonas de las planicies de inundación<sup>22</sup>. Sin embargo, la atenuación de los desastres que consiste en restringir la ocupación de las planicies de inundación limita el potencial de uso de esas áreas para el desarrollo socioeconómico<sup>23</sup>. La mayoría de las medidas de reducción de la pobreza para el desarrollo y mejora de los medios de subsistencia y de seguridad humana, por ejemplo, la industrialización, la agricultura, el control de crecidas y las obras de protección, son causas de degradación del medio ambiente y del ecosistema. En consecuencia, las políticas y prácticas de gestión de crecidas tienen que considerarse dentro del contexto global de las causas de la degradación del medio ambiente. Por lo tanto, es de suma importancia sopesar las necesidades de desarrollo: los riesgos de crecidas, su relación con la vulnerabilidad social y económica y el desarrollo sostenible con respecto a la preservación de los ecosistemas.

En el Capítulo 4 se abordará la interrelación de los ecosistemas con los regímenes fluviales. En el Capítulo 5 se tratarán los efectos de las medidas de la gestión de crecidas en el medio ambiente.

**Cuadro 1. Principios de la GIC y el enfoque ecosistémico**

Enfoque ecosistémico	Gestión integrada de crecidas	Posibles consecuencias de no adoptar la GIC
Los objetivos de la gestión de recursos son una cuestión de opciones sociales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se basa en los principios de la gestión de riesgos.</li> <li>• Se ocupa de fortalecer la capacidad de recuperación en las sociedades vulnerables.</li> <li>• El análisis económico se basa en el análisis de criterios múltiples que analiza los valores sociales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede aumentar la vulnerabilidad y exposición a las crecidas en las comunidades locales.</li> </ul>
La gestión debería descentralizarse del proceso de gestión al nivel más bajo posible.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se basa en la importancia de un enfoque participativo.</li> <li>• Combinación racional de planteamientos ascendentes y descendentes.</li> <li>• Integración de sinergias institucionales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los intereses legítimos importantes probablemente serán excluidos del proceso de toma de decisiones de la gestión de las crecidas y de los recursos hídricos, lo que provoca efectos negativos en algunos sectores de la economía y de la sociedad.</li> </ul>
Los gestores del ecosistema deben tener en cuenta los efectos (reales o potenciales) de sus actividades en los ecosistemas adyacentes y en otros ecosistemas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Su objetivo es mejorar el funcionamiento de una cuenca fluvial en su conjunto.</li> <li>• Considera las ganancias, pérdidas y certezas que surgen de los cambios en las interacciones entre el medio acuático y terrestre.</li> <li>• Equilibra las necesidades de desarrollo con las pérdidas ocasionadas por las inundaciones y las necesidades del medio ambiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La consideración inadecuada del medio ambiente puede llevar a su degradación, lo que podría tener efectos negativos en la economía y la sociedad.</li> </ul>
Puesto que las ganancias potenciales de la gestión son evidentes, por lo general es necesario comprender y gestionar el ecosistema en un contexto económico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adopta una combinación óptima de estrategias conformes a factores como el clima, las características de la cuenca y las condiciones socioeconómicas.</li> <li>• Trata de mejorar al máximo el uso eficaz de las planicies de inundación minimizando la pérdida de vidas atribuible a las inundaciones.</li> <li>• Adopta la evaluación del ecosistema por medio del análisis costo-beneficio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El cambio en el uso de la tierra y los ecosistemas puede alterar el régimen natural de los ríos, lo cual puede conducir a la pérdida de oportunidades potenciales para el uso sostenible de los recursos hídricos.</li> </ul>
La salvaguarda de la estructura y función del ecosistema para mantener los servicios ecosistémicos debe ser una prioridad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Su objetivo es obtener la sostenibilidad del medio ambiente y conservar los servicios ecosistémicos fluviales y la biodiversidad.</li> <li>• Se ocupa de las preocupaciones por la seguridad humana y de las pérdidas debidas a las inundaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La pérdida de sostenibilidad medioambiental y de integridad ecológica causada por la gestión inadecuada de las crecidas reduce los servicios que los ecosistemas podrían prestar a la sociedad.</li> </ul>
Los ecosistemas deben gestionarse dentro de los límites de su funcionamiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se ocupa de llegar a un compromiso entre los intereses que compiten en una cuenca de manera que se aumenten al máximo los beneficios y se mantenga la sostenibilidad del medio ambiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A menos que el funcionamiento del ecosistema se gestione apropiadamente, se perderán las oportunidades de reducir los costos de las inundaciones así como de obtener los beneficios que aportan los ecosistemas.</li> </ul>
El enfoque ecosistémico debe asumirse a través de escalas espaciales y temporales apropiadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La cuenca del río o la captación de aguas en su totalidad es la unidad de planificación.</li> <li>• El ciclo de agua se trata en su totalidad (incluidos los fenómenos extremos).</li> <li>• Trabaja con medidas y objetivos tanto a corto como a largo plazo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las decisiones de un sector para la gestión del agua sin vincular el conocimiento de otras disciplinas y la participación de los interesados podrían afectar negativamente al uso sostenible de las planicies de inundación, incluidos los servicios ecosistémicos.</li> </ul>
Dadas las escalas temporales variables y los efectos de retardo que caracterizan a los procesos del ecosistema, deben fijarse objetivos para la gestión del ecosistema a largo plazo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planifica los usos a largo plazo de las planicies de inundación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es probable que enfoques <i>ad hoc</i> encaminados a obtener beneficios a corto plazo se traduzcan en ineficacia futura y en mayores efectos negativos en la economía.</li> </ul>
Los cambios son inevitables y, por consiguiente, la gestión debe tener capacidad de adaptación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adopta un enfoque multidimensional, con una combinación de opciones apropiadas para las condiciones existentes.</li> <li>• El manejo adaptativo evalúa los efectos a intervalos regulares.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un enfoque limitado que se ocupe sólo de los hechos científicos no sabrá enfrentar la incertidumbre, lo que puede conducir a un grave deterioro medioambiental en el futuro.</li> </ul>
El enfoque ecosistémico debe buscar el equilibrio apropiado y la integración entre la conservación y el uso de la diversidad biológica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equilibra los riesgos de inundaciones y la preservación de los servicios ecosistémicos para sustentar los medios de subsistencia de la población.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ignorar las consideraciones del medio ambiente puede tener efectos negativos en los medios de subsistencia, con graves efectos en la salud.</li> <li>• Dar poca importancia a los riesgos de crecidas puede aumentar las pérdidas económicas y humanas.</li> </ul>

**Cuadro 1. Principios de la GIC y el enfoque ecosistémico (continuación)**

Enfoque ecosistémico	Gestión integrada de crecidas	Posibles consecuencias de no adoptar la GIC
<p>El enfoque ecosistémico debe considerar todas las formas de información pertinentes, incluidos los conocimientos, innovaciones y prácticas científicos, autóctonos y locales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocimientos sobre hidrología e ingeniería; conocimientos social, legal, económico y medioambiental, datos e información; conocimiento autóctono de recursos, adaptabilidades, vulnerabilidades y riesgos.</li> <li>• Mecanismos para la cooperación entre los gestores de crecidas con vínculos transectoriales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El escaso conocimiento del ciclo hidrológico y de su interacción con los ecosistemas puede aumentar las vulnerabilidades en el uso de los recursos hídricos y los riesgos de inundación.</li> </ul>
<p>El enfoque ecosistémico debe incorporar todos los sectores pertinentes de la sociedad y las disciplinas científicas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Busca la adopción de un enfoque multidisciplinar en la cuenca del río con un amplio número de actores procedentes de las diversas comunidades y grupos de interés.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El enfoque monodisciplinar no puede prever las consecuencias negativas de acciones particulares y, por eso, puede terminar simplemente en el traslado de los riesgos en lugar de reducirlos.</li> </ul>



### 3. COMPRENSIÓN DE LOS CONCEPTOS BÁSICOS DE LA MORFOLOGÍA Y ECOLOGÍA DE LOS RÍOS Y DE SUS PLANICIES DE INUNDACIÓN

El conocimiento de los conceptos básicos sobre la morfología (relieve del terreno) y la ecología (distribución de los organismos y de los procesos ecosistémicos) de los ríos y sus planicies de inundación respectivas y de la manera en que el régimen fluvial determina los procesos morfológicos y ecológicos es fundamental para adoptar un enfoque integrado de la gestión de crecidas. Es necesario comprender los efectos medioambientales de las medidas de la gestión de crecidas y explorar posibles planes que sean respetuosos con el medio ambiente para llevar a cabo nuevos proyectos o para atenuar los efectos negativos de las obras anteriores. Este capítulo describe los conceptos básicos de la morfología y la ecología de los ríos y de sus planicies de inundación para permitir la comprensión fácil de los procesos que determinan el comportamiento de los ríos así como de los ecosistemas asociados con las crecidas y las planicies de inundación. En el apartado siguiente se tratan esencialmente cuestiones relacionadas con los tramos medios e inferiores de los ríos aluviales, que muestran el desarrollo de las planicies de inundación y donde los procesos de las planicies de inundación de los ríos se disocian de las laderas de las colinas adyacentes. También se asume, para facilidad y comprensión, que no hay problemas de calidad del agua causados por la contaminación antrópica. La mayoría de los conceptos también son válidos para otros tipos de cauce menos comunes.

#### 3.1 Procesos fluviales y planicies de inundación

Las crecidas son provocadas generalmente por fenómenos de lluvias intensas o la fusión de la nieve (o una combinación de ambos) y, por esta razón, la crecida es un proceso natural. Los cauces del río se ajustan de manera natural para contener flujos de término medio. Por lo tanto, cada dos años, se espera que circulen



YIN HEXIAN

Meandros del río Amarillo, China

caudales más altos que excedan la capacidad del cauce, permitiendo que el agua se desborde por encima de los márgenes del río e inunde las tierras adyacentes. Asimismo, las inundaciones pueden ser el resultado de lluvias directas sobre la planicie de inundación o de la elevación de los niveles de aguas subterráneas. Las inundaciones no son más que una parte de la variación natural de los procesos hidrológicos. Cumplen una función esencial a la hora de determinar el nivel de productividad y de diversidad biológica de las planicies de inundación y contribuyen, entre otras cosas, a la fertilidad del suelo, la formación y renovación del hábitat y el intercambio de nutrientes y organismos.

### Procesos fluviales

Los cursos de agua de las cabeceras y de los tramos superiores, que pueden ser denominados *valles de tierras altas*, suelen tener vínculos estrechos con las laderas de las colinas adyacentes. En cambio, los tramos medios e inferiores suelen desarrollar planicies de inundación y, por consiguiente, están desconectados de las laderas de sus colinas<sup>24</sup>. En estos tramos, los procesos que determinan las formas del terreno fluvial son en gran medida dependientes de la cuenca de drenaje aguas arriba donde se genera el agua y el sedimento que fluye a través de la cuenca.

En una escala temporal más larga, la geología y el clima son los factores independientes que concurren en una cuenca fluvial en particular. La temperatura local y los regímenes de lluvia erosionan las rocas expuestas, determinando las propiedades del suelo y el tipo de vegetación que puede crecer a través de la cuenca (véase la Figura 2). Todas estas variables juntas, al actuar a través de la red hidrográfica, determinan los regímenes de descarga, sedimentos y detritos de madera en la desembocadura de la cuenca de drenaje.

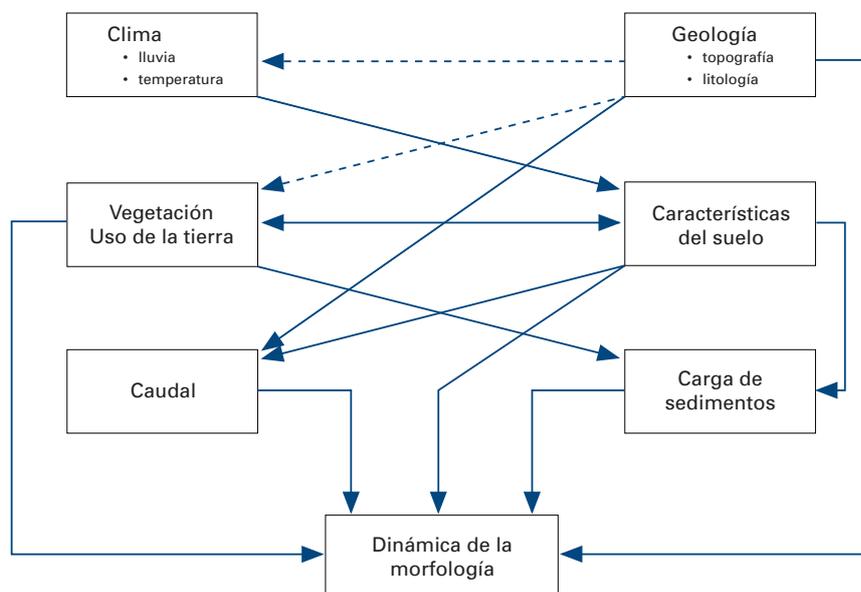


Figura 2. El sistema fluvial

Fuente: Morisawa, M.E. y R. Vemuri (1975), *Multi-objective planning and environmental evaluation of water resources systems*, Final report, Project C-6065, Washington, D.C., Office of Water Research, Departamento de Interior de los Estados Unidos de América.

## Planicies de inundación

Es importante comprender el significado del término *planicie de inundación* y, para ello, es útil referirse a la Figura 3, "Organización de los componentes y procesos de la planicie de inundación como una jerarquía espacio-temporal". La región A representa la planicie de inundación que se inunda todos los años y se extiende hasta un kilómetro en el caso de ríos grandes. Las barras de sedimentos y los meandros antiguos forman la parte esencial de la región, que se caracteriza típicamente por una vegetación herbácea y por especies pioneras de árboles. Los ecólogos fluviales tienden a definir las planicies de inundación como "zonas inundadas periódicamente (por lo general anualmente) por el desbordamiento lateral de ríos o lagos, o por la precipitación directa o incluso por una elevación en los niveles de agua subterránea"<sup>25</sup>, y hacen hincapié en las reacciones de la biota frente al entorno físico y químico resultante.

La región B se refiere a la sucesión de las planicies de inundación primaria y secundaria, asociada con una frecuencia media de inundaciones y que se extiende aproximadamente unos diez kilómetros. Está formada por diques naturales y lagos oxbow y se caracteriza por bosques pioneros. Sin embargo, estas unidades geomórficas y de vegetación se extienden a las regiones C y D. La región C está asociada con inundaciones de alta magnitud y baja frecuencia, y puede extenderse decenas de miles de kilómetros en los sistemas de

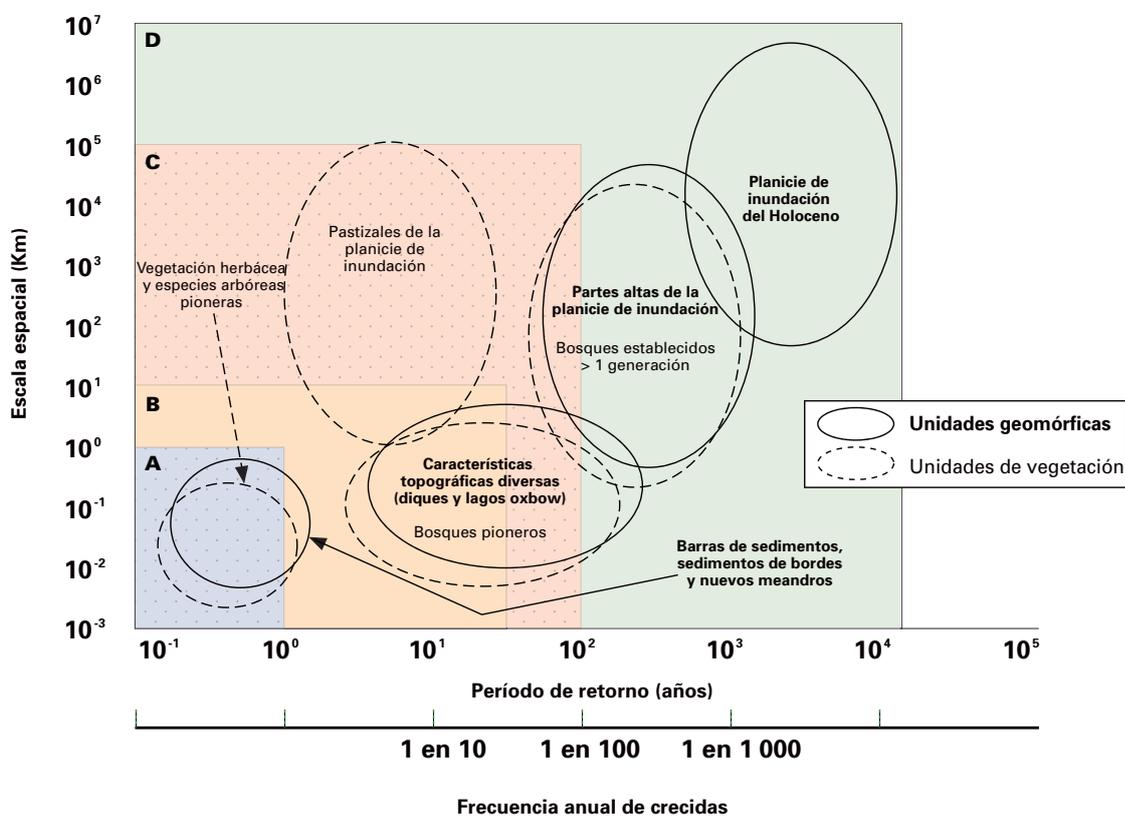


Figura 3. Organización de los componentes y procesos de la planicie de inundación como una jerarquía espacio-temporal

Fuentes: Tockner, K. y J.A. Stanford (2002), "Riverine flood plains: present state and future trends", *Environmental Conservation*, 29 (3): 308-330. Hughes, F.M.R. (1997), "Flood plain biogeomorphology", *Progress in Physical Geography*, Vol. 21, 4: 501-529.

grandes ríos. Los ingenieros hidrólogos, más preocupados por las consecuencias económicas de las inundaciones, usan una definición normativa basada en la hidráulica, a saber, “la zona en ambos márgenes de un río inundada por un fenómeno de crecida con un período de retorno de 100 años”<sup>26</sup>.

La región D está asociada con el cambio del clima y del nivel hídrico de base y está influida por la relajación postglacial de los aportes hidrológicos y de sedimentos a las planicies de inundación. Los geomorfólogos fluviales, por su parte, definen una planicie de inundación como un “terreno aluvial en gran parte horizontal, adyacente al cauce de un río, separado de él por los márgenes, construido por el sedimento del río en el presente clima y régimen fluvial, y desbordado durante fenómenos de flujo moderados”<sup>27</sup>.

Las planicies de inundación son ecosistemas muy heterogéneos. Aunque generalmente es llana, la microtopografía de la planicie de inundación presenta un conjunto complejo de cauces pequeños, depresiones, remansos, montículos y crestas. Las depresiones dentro de las planicies de inundación constituyen humedales particularmente importantes para la biodiversidad como apoyo a los medios de subsistencia (la producción agrícola, pesquera y pecuaria). Estos humedales de las depresiones a menudo están conectados al río por pequeños cauces que transportan agua de crecida junto con sus sedimentos finos y nutrientes correspondientes, y permiten la migración de peces que desovan y se reproducen en la planicie de inundación. Estos humedales pueden retener el agua de crecida después de que el nivel del río haya descendido. Como el nivel de agua desciende lentamente, se practica una agricultura en tierras de aluvión. Algunas depresiones sustentan ecosistemas particularmente importantes como los bosques de las planicies de inundación, que proporcionan hábitats para grandes poblaciones de aves.

En esta publicación, el término *corredor fluvial* se usa para indicar el área que comprende el cauce fluvial y su planicie de inundación correspondiente. La extensión de una planicie de inundación se define por sus características geomórficas y de vegetación específicas (como se indicó en los párrafos precedentes) y por los objetivos de gestión de la misma. En este sentido, el corredor fluvial tiene límites laterales semipermeables con el ecosistema terrestre adyacente y con el sistema subyacente de aguas subterráneas.

### 3.2 El régimen morfológico

La mayor parte de los sistemas fluviales tienen un lecho rocoso no aluvial y tramos lateralmente restringidos en sus cabeceras, así como en lugares específicos a lo largo de su curso. Donde no están restringidos lateralmente por las paredes del valle, todos los ríos aluviales forman barras de sedimento y una planicie de inundación. Para una ladera del valle en concreto, el paisaje del río está determinado por las interacciones entre el régimen hidrológico (el modelo de variabilidad del caudal), la carga y calibre del sedimento, el régimen de detritos leñosos gruesos, los materiales del lecho y de los márgenes y la vegetación de la planicie de inundación. Por consiguiente, el agua, el sedimento y los detritos leñosos grandes que entran en una cuenca aluvial interactúan entre sí y con los materiales y la vegetación del cauce, modificando el límite móvil del sedimento a través de la erosión y la deposición y creando una variedad de modelos o tipos de cauce. Según la fuerza o energía de la corriente (que está en función de la descarga, la anchura y la pendiente del cauce), el tamaño del sedimento y los efectos de la vegetación fluvial, un cauce aluvial y su planicie de inundación correspondiente seguirán modelos diferentes: con meandros, con anastomosis, de flujo sencillo, sinuoso, errante o trezado. Hay relaciones evidentes entre el tipo o modelo de río y algunos indicios ecológicos importantes de la salud del ecosistema, como la complejidad del hábitat y la biodiversidad. El ecosistema de un corredor fluvial abarca mucho más que sólo el área mojada del cauce principal. También incluye todos los cauces secundarios, las barras de sedimento, las islas fluviales y la planicie de inundación propiamente dicha.

Los ríos de modelos y tipos diferentes cambian inevitablemente de curso de manera gradual y crean sus planicies de inundación mediante mecanismos diferentes. Sin embargo, los mecanismos específicos y la velocidad de formación de la planicie de inundación pueden variar considerablemente. Por ejemplo, los ríos con meandros migran lateralmente erosionando el material de la planicie de inundación ya existente en el lado exterior de las curvas y depositando al mismo tiempo el sedimento en la barra de sedimento formada en el lado interno. Este proceso se conoce como *acreción lateral*. Los ríos errantes con lecho de grava, en cambio, crean barras de sedimento en el medio del cauce, que pueden ser colonizadas por la vegetación. Durante los caudales máximos, la vegetación atrapa el sedimento fino, levantando así el nivel de la barra por acreción vertical, hasta convertirse en una isla permanente que más tarde pasa a formar parte de la planicie de inundación cuando el río abandona uno de sus cauces laterales adyacentes. Desde un punto de vista morfológico, puede considerarse por lo tanto que un río está en un estado de equilibrio dinámico: la configuración de las formas del terreno está cambiando continuamente, pero la composición general permanece igual (concepto de *hábitat de cambio constante*). La Figura 4 muestra el tipo de corredor de río aluvial, en este caso para una corriente de curso con meandros. De esta manera, los procesos fluviales de erosión y sedimentación, producidos por la inundación, el transporte de sedimentos, la deposición leñosa y el crecimiento de la vegetación, modifican continuamente el corredor fluvial en su totalidad, aunque de lejos, el paisaje podría parecer inalterado.

En condiciones naturales, o debido a los cambios en el uso de la tierra producidos por las actividades humanas, las tasas de erosión en algunas cuencas de drenaje ocasionan el depósito de sedimento en un río más allá de su capacidad de transportarlo aguas abajo. Como resultado, estos sistemas fluviales son inherentemente inestables y elevan el nivel de sus lechos continuamente en un proceso conocido como *agradación* o *aluvionamiento*. Las planicies de inundación resultantes, que en algunos casos son grandes conos aluviales, pueden ser muy anchas y los cambios frecuentes del cauce podrían cubrir lateralmente grandes distancias. En casos extremos, estos ríos son conocidos como "ríos colgados". Si se construyen diques, para evitar las inundaciones y las cortas laterales, las agradaciones continúan dentro del cauce reducido, elevando así el nivel

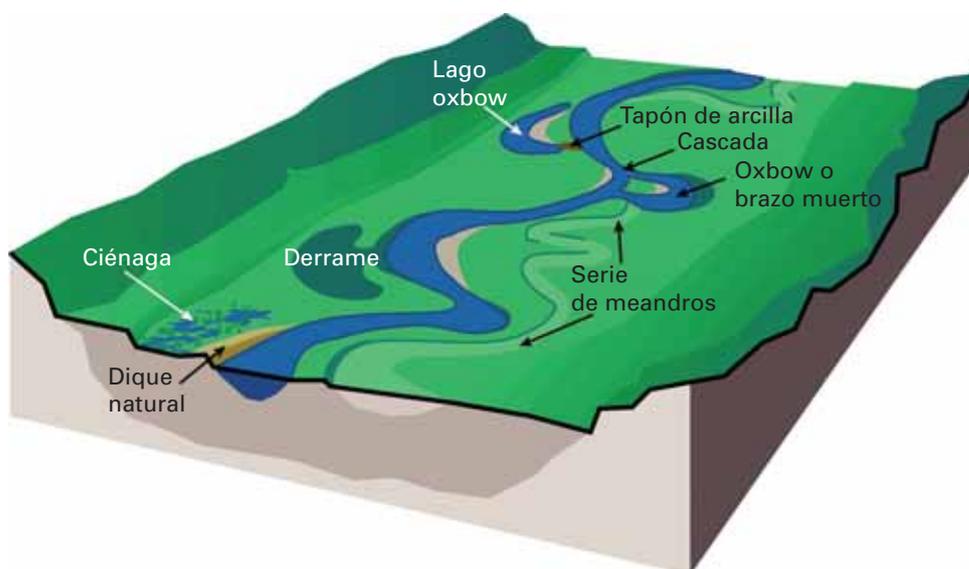


Figura 4. Formas del terreno y depósitos de una planicie de inundación fluvial con meandros

Fuente: Federal Interagency Stream Restoration Working Group (1998) (revisado en 2001), "Stream Corridor Restoration: Principles, Processes and Practices", Parte 652 del *National Engineering Handbook*, USDA-National Resources Conservation Service, EE.UU.

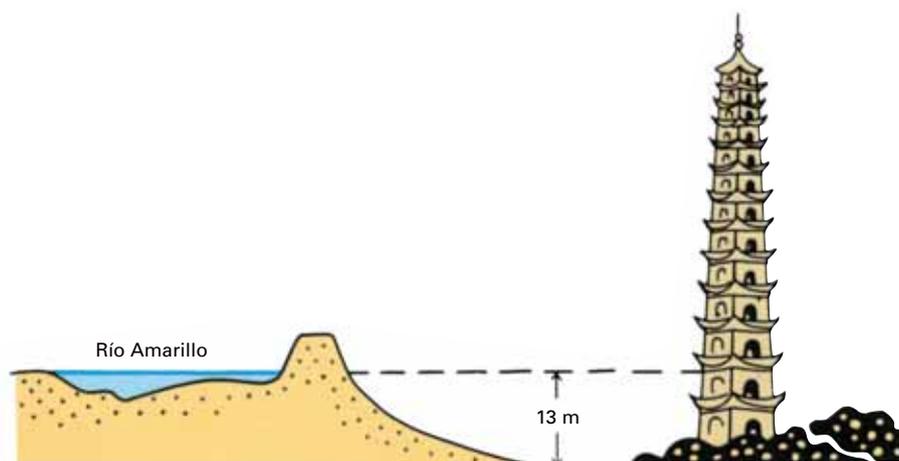


Figura 5. Boceto topográfico del “río colgado” cerca de Kaifeng

Fuente: Li, G. (2003), “Ponderation and Practice of the Yellow River Control”, *Yellow River Conservancy Press*, Zhengzhou, pág. 271.

del lecho a alturas superiores a las planicies de inundación circundantes (véase la Figura 5). La gestión ambiental y de crecidas en este tipo de ríos representa obviamente un auténtico desafío.

No obstante, la construcción de presas, la protección de los suelos y la reforestación, que disminuyen la carga de sedimentos, o aquellos cambios que producen un aumento del caudal de crecida, también pueden alterar el equilibrio del río pero de la manera opuesta: el exceso de la capacidad de transporte puede resultar en un descenso del lecho del cauce, un proceso llamado *degradación*. La degradación severa tiene como resultado la disminución del riesgo local de inundaciones, pero el material del lecho exportado puede causar agradaciones río abajo. La degradación también causa cambios medioambientales graves a lo largo de un corredor fluvial como, por ejemplo, la pérdida de vegetación fluvial debida a la disminución de la capa freática.

### 3.3 La diversidad biológica

Los ecosistemas saludables y heterogéneos proporcionan importantes productos y servicios en los que se asientan muchos aspectos importantes del desarrollo económico y social. La mayoría de los servicios proporcionados por los ecosistemas fluviales son el resultado de la actividad biológica de los diversos conjuntos de organismos que se encuentran dentro de esos sistemas. Por consiguiente, la importancia de conservar la diversidad biológica (también llamada biodiversidad) va más allá de la simple protección de las especies amenazadas y de los humedales. Es necesario conocer en profundidad la manera en que los ecosistemas acuáticos y terrestres funcionan e interactúan, en particular con respecto a las intervenciones de la gestión de crecidas.

Para que los organismos sobrevivan, deben cumplirse las condiciones siguientes:

- agua de calidad adecuada: una serie de variables físicas y químicas diferentes como el oxígeno disuelto, el pH, la temperatura, etc. deben estar dentro de los límites aceptables y no debe haber contaminación excesiva;
- disponibilidad de la cantidad y variabilidad apropiada de agua, para sustentar los procesos biológicos naturales; y
- disponibilidad de hábitats físicos diversos.

Además, está ampliamente aceptado que la biodiversidad y la productividad fluvial se ven determinadas en gran parte por variables físicas relativas a los regímenes de caudal, de sedimento y de temperatura. Para sobrevivir, crecer y reproducirse, los organismos necesitan comida y un lugar para vivir —un hábitat— dentro del medio físico que ocupan. Estas necesidades no sólo son específicas para cada especie sino que en las diferentes etapas de la vida de una especie en particular (por ejemplo, un huevo, un alevín y un adulto de trucha común) ésta puede tener necesidades dietéticas y de hábitat muy diferentes, por lo que un determinado entorno debe satisfacer todas ellas si se quiere que esa especie continúe existiendo allí.

Los hábitats de los corredores fluviales naturales son muy diversos. La diversidad en una cuenca depende de cómo cambia el hábitat en el espacio y en el tiempo.

La **heterogeneidad espacial** depende de si el hábitat se encuentra: en agua profunda o poco profunda; en áreas soleadas o sombreadas; en barro llano, arena o grava; con o sin vegetación acuática; en corriente rápida o lenta; en agua clara o turbia; en ríos grandes o pequeños; en un arroyo de primavera o en el cauce principal, etc.

La **variabilidad temporal** proviene de: la alternancia de condiciones de caudal bajas y altas (por ejemplo, las crecidas); los cambios estacionales entre el agua templada y fría; los cauces simples o múltiples contraídos y extendidos en la planicie de inundación, etc.

Ello explica por qué los entornos heterogéneos y complejos tienen la capacidad de conservar una mayor variedad de organismos que los entornos uniformes. En general, cuanto mayor sea la complejidad del hábitat en un corredor fluvial, mayor es la biodiversidad que puede tener. La Figura 6 muestra los diferentes componentes que sustentan la biodiversidad. Los hábitats cambiantes, creados por los trastornos, son componentes esenciales de un ecosistema fluvial saludable.

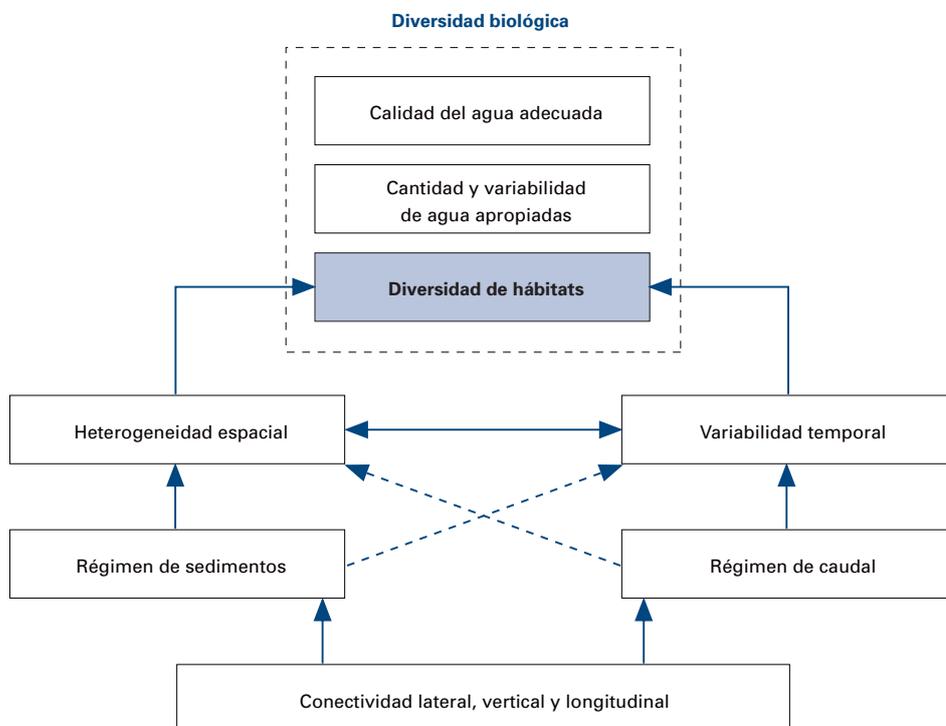


Figura 6. Diferentes componentes para establecer la diversidad biológica

En los sistemas fluviales de alta energía caracterizados por fuertes pendientes y/o altas crecidas respecto a la carga y calibre del sedimento, el modelo de perturbación, es decir, la tasa de creación y destrucción de hábitats, puede aplicarse demasiado rápido como para mantener una alta biodiversidad. Un ejemplo característico son los ríos trenzados con lechos de grava y arena en los que las barras y las islas tienen una proporción tan alta de producción que la mayor parte de las parcelas de tipo de hábitat en el cauce son relativamente recientes. Sin embargo, éstos ofrecen hábitats para tipos de fauna y flora muy específicos y a menudo muy amenazados, en lo que se refiere a las fases pioneras. En cambio, un río de baja energía con meandros, que migra lateralmente a una velocidad lenta, podría tener una gran proporción de su planicie de inundación con vegetación madura, con poca existencia de parcelas jóvenes. Este sistema también será demasiado homogéneo para sustentar una amplia biodiversidad. De hecho, se ha demostrado que la biodiversidad aumenta al máximo en los ecosistemas con una tasa de renovación intermedia<sup>28</sup>. En otras palabras, demasiado cambio —que obliga a reajustar continuamente el sistema— o muy poco cambio —que permite que domine un tipo de hábitat— se traduce en una diversidad disminuida.

La mayoría de las especies tiene necesidades diferentes durante sus ciclos de vida, pero también en diferentes momentos del día o del año. Esto significa que los organismos deben ser capaces de moverse entre las diferentes parcelas de tipos de hábitat. Estos movimientos pueden ocurrir una vez en la vida, atravesando largas distancias, como es el caso de algunas especies de salmón que migran del océano a las cabeceras de los ríos, o pueden ocurrir a diario, por ejemplo, cuando un ente cambia entre la posición en que se alimenta y la posición en que descansa. El movimiento puede tener lugar a lo largo del eje del río o transversalmente, como ocurre con algunas especies de peces que usan los hábitats laterales para desovar y que posteriormente regresan al cauce principal. Muchas especies tienen distribuciones espaciales irregulares, con pocos individuos por población. El movimiento entre las parcelas de tipos de hábitat requiere una conectividad lateral y longitudinal intacta entre ellas, para que las especies puedan preservar sus procesos ecológicos.

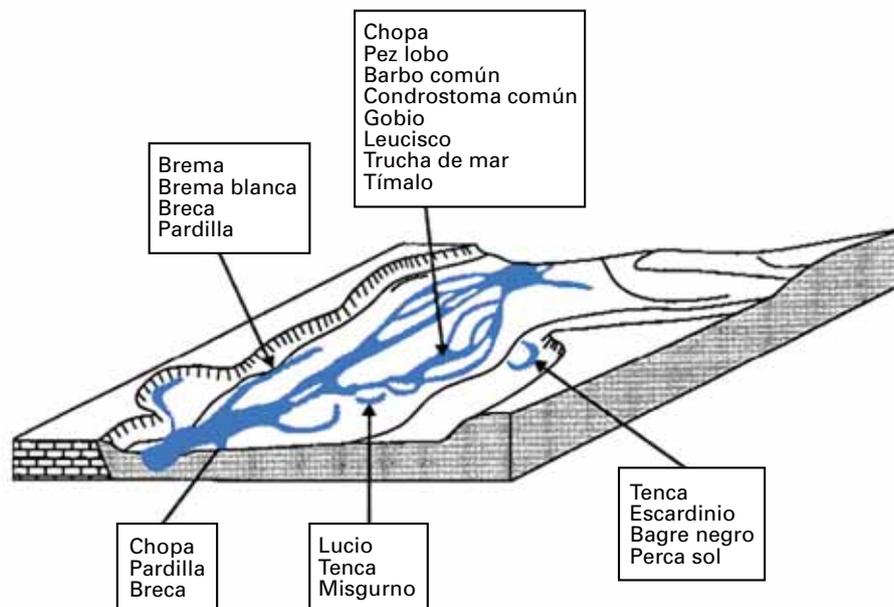


Figura 7. Uso del hábitat para el desove de peces en el Alto Ródano

Fuente: Roux, A.L. y G.H. Copp (1996), "Fish populations in rivers". Capítulo 8 en: G.E. Petts y C. Amoros (eds.) *Fluvial Hydrosystems*, Londres, Chapman & Hall, págs. 167–183.

Los esquemas tradicionales de control de crecidas tienden a simplificar demasiado el corredor fluvial, lo que resulta en un ecosistema homogéneo en el espacio que no puede ofrecer características variadas de hábitats para una diversa gama de especies. Por ejemplo, el tramo de la cuenca aluvial que se muestra en la Figura 7 presenta una variedad de medios acuáticos, usados por una amplia gama de especies de peces para desovar. Si se canaliza un tramo de ese tipo para la navegación o para el control de crecidas concentrando el caudal en un solo cauce que corta los demás, se consigue un cauce profundo, uniformemente estrecho, de corriente única y con una heterogeneidad muy reducida. En los cauces laterales y la planicie de inundación se pierden muchos hábitats, lo que se traduce en una disminución brusca de la biodiversidad local y, en última instancia, regional.

### 3.4 La conectividad morfológica y ecológica

En el apartado 3.3 se hace hincapié en la importancia de mantener la conectividad, es decir, la medida en que un corredor o sistema fluvial son continuos en el espacio<sup>29</sup>. La conectividad entre varios hábitats es importante para satisfacer las necesidades de los organismos de cambiar de entorno y para mantener una serie de procesos físicos, biológicos y químicos que controlan la estructura y el funcionamiento del corredor fluvial.

A partir de estos conceptos, los corredores fluviales se consideran como sistemas tridimensionales que cambian en el tiempo (Figura 8). Desde una perspectiva longitudinal, la cuenca aportadora aguas arriba está unida a los tramos aguas abajo. Esta conexión se concibe principalmente como un flujo unidireccional lateral abajo de agua, sedimento, materia orgánica (por ejemplo, madera y hojas) y solutos. Sin embargo, muchos

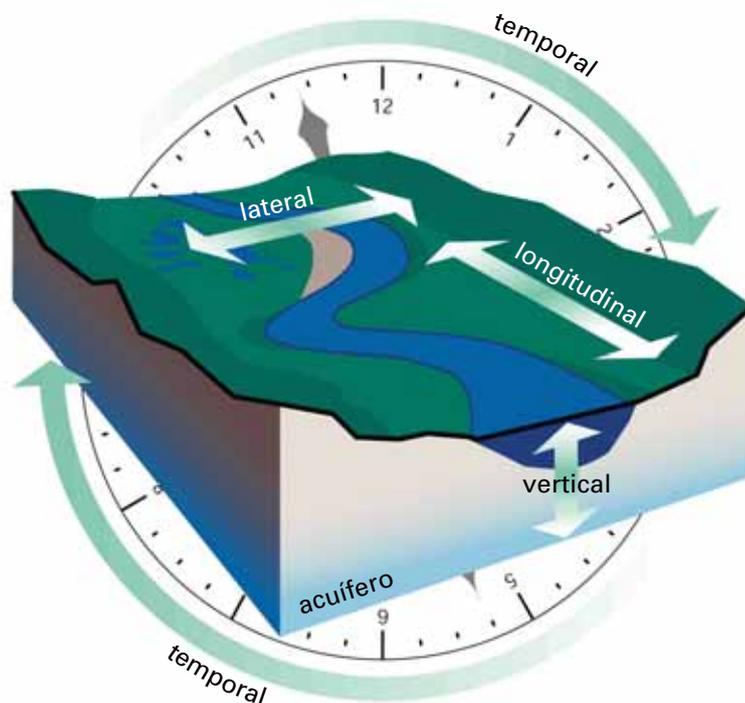


Figura 8. Dimensiones espaciales y temporales de un corredor fluvial

Fuente: Federal Interagency Stream Restoration Working Group (1998) (revisado en 2001), "Stream Corridor Restoration: Principles, Processes and Practices", Parte 652 del *National Engineering Handbook*, USDA-National Resources Conservation Service, EE.UU.

organismos acuáticos y terrestres usan el corredor fluvial para moverse tanto aguas arriba como aguas abajo. Las presas y diques, o la incidencia de tramos en los que cesa el flujo superficial, pueden interrumpir la conectividad en la dimensión longitudinal del río, impidiendo las migraciones o reteniendo los sedimentos y los detritos leñosos de gran tamaño, que tienen una importante función morfológica y ecológica. Es necesario señalar que algunos ríos son naturalmente intermitentes o efímeros. En ese caso, el drenaje de algunas zonas y la pérdida consiguiente de conectividad son perturbaciones naturales que controlan la estructura del ecosistema, junto con el régimen de crecidas.

Como ya se ha indicado anteriormente, la inundación estacional de la planicie es esencial para mantener las características del corredor fluvial. La regulación del caudal y la construcción de diques disminuye la conectividad lateral, lo que restringe el movimiento de organismos y los flujos de alimentos, sedimentos, limo orgánico, etc., entre el cauce y su planicie de inundación. Por ejemplo, consideremos el caso de las aguas superficiales que se desbordan hacia la planicie de inundación durante un período de caudal máximo, es decir, de crecidas que se desbordan del cauce principal y se extienden sobre parte de la planicie de inundación. Puesto que los fenómenos de crecidas mayores son menos comunes, las zonas inmediatamente adyacentes al cauce principal se inundan con frecuencia, mientras que aquéllas más lejanas sólo se inundan temporalmente, una vez cada dos años, y tienen estructuras menos heterogéneas. La inundación no sólo permite a los organismos acuáticos moverse fuera o dentro del cauce principal, sino que también produce un cambio morfológico, crea nuevos hábitats, deposita parte de su carga de sedimento fino (incluido el limo orgánico fértil), preserva los humedales, renueva los estanques y almacena temporalmente el agua en las planicies de inundación, reduciendo las inundaciones aguas abajo, etc. Si se regularan los flujos en esas zonas, se debilitaría la conexión entre el cauce principal y la planicie de inundación y la mayoría de estos procesos se debilitaría.

La conectividad vertical está asociada con la conexión entre el sistema superficial y el sistema subyacente de agua subterránea aluvial, denominada *zona hiporreica*. Una conectividad vertical intacta, es decir, las interacciones entre el agua superficial y la subterránea, es importante porque los procesos microbianos subterráneos preservan la productividad del corredor fluvial y ayudan a mantener la calidad del agua. Asimismo, muchos humedales y estanques de la planicie de inundación, así como la mayoría de los árboles ribereños, dependen de las aguas subterráneas. Además, las corrientes ascendentes de agua subterránea proporcionan importantes refugios de agua fría para muchas especies.

La variedad de cuerpos de agua y la complejidad enorme de las trayectorias del caudal dentro de un corredor fluvial aluvial, con cauces principales y secundarios, depósitos de sedimentos de todo tipo de texturas y formas, estanques, humedales periféricos, etc., entre los cuales el agua fluye de manera perenne o accidental, en la superficie, subsuperficie o en el acuífero, bajo la sombra o expuesto a la radiación solar, etc., producen una gran variabilidad de regímenes de temperatura, superpuestos en el mosaico del hábitats físicos cambiantes. En otras palabras, es más probable que la morfología del río así como la disponibilidad de hábitats se encuentren en un estado de régimen o equilibrio dinámico, donde la configuración de las parcelas individuales cambia continuamente, pero la disponibilidad general de diferentes tipos de hábitats en una zona permanece más o menos igual. Este modelo conceptual del régimen de funcionamiento de un corredor fluvial es conocido como el *shifting habitat mosaic steady state concept* (concepto del mosaico de hábitats de cambio constante).

Por consiguiente, es fundamental comprender que la diversidad y conectividad del hábitat no están fijados en el espacio y en el tiempo, sino que la dinámica del río las crea y las destruye continuamente. Si no se permite el cambio a un corredor fluvial muy heterogéneo, por ejemplo, evitando que se produzcan crecidas

o separando la planicie de inundación del cauce principal por medio de diques, dejarán de aparecer nuevas parcelas de tipos de hábitats y el sistema se volverá homogéneo cuando los grupos de vegetación existentes maduren y sustituyan el paisaje fluvial originalmente heterogéneo.

### 3.5 En resumen

Los principios fundamentales relativos a la ecología de los ríos aluviales y a sus planicies de inundación pueden resumirse así:

- los ríos cambian continuamente, moviéndose a través de la zona de su planicie de inundación. Por consiguiente, los regímenes de caudal, sedimento y de trozos grandes de madera, que interactúan con los materiales del lecho y de los márgenes y con la vegetación fluvial, crean y destruyen las características fluviales;
- el mosaico dinámico y cambiante de las parcelas de hábitats del cauce y de la planicie de inundación es un atributo fundamental de los sistemas fluviales que proporciona espacio para muchas especies fluviales diferentes de plantas y animales que han evolucionado para prosperar en ese entorno dinámico y heterogéneo;
- para conservar los procesos ecológicos naturales, los hábitats fluviales requieren el cumplimiento simultáneo de tres condiciones medioambientales: agua de calidad adecuada; cantidad y variabilidad espacial y temporal de agua apropiadas; y existencia de hábitats físicos diversos;
- las conexiones a lo largo del corredor fluvial, en las direcciones longitudinal, lateral y vertical, son fundamentales para los organismos fluviales y el funcionamiento del ecosistema del río;
- un régimen de crecidas muy modificado (es decir, con cambios en la magnitud, periodicidad y frecuencia de las crecidas) puede tener efectos negativos en los ecosistemas. Es pertinente mantener la estructura y función de los ecosistemas fluviales porque la mayoría de los servicios ecosistémicos suministrados por los corredores fluviales dependen de éstos y se pierden cuando se simplifican los ríos.



## 4. PROCESOS DE LAS CRECIDAS Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS: INTERRELACIONES

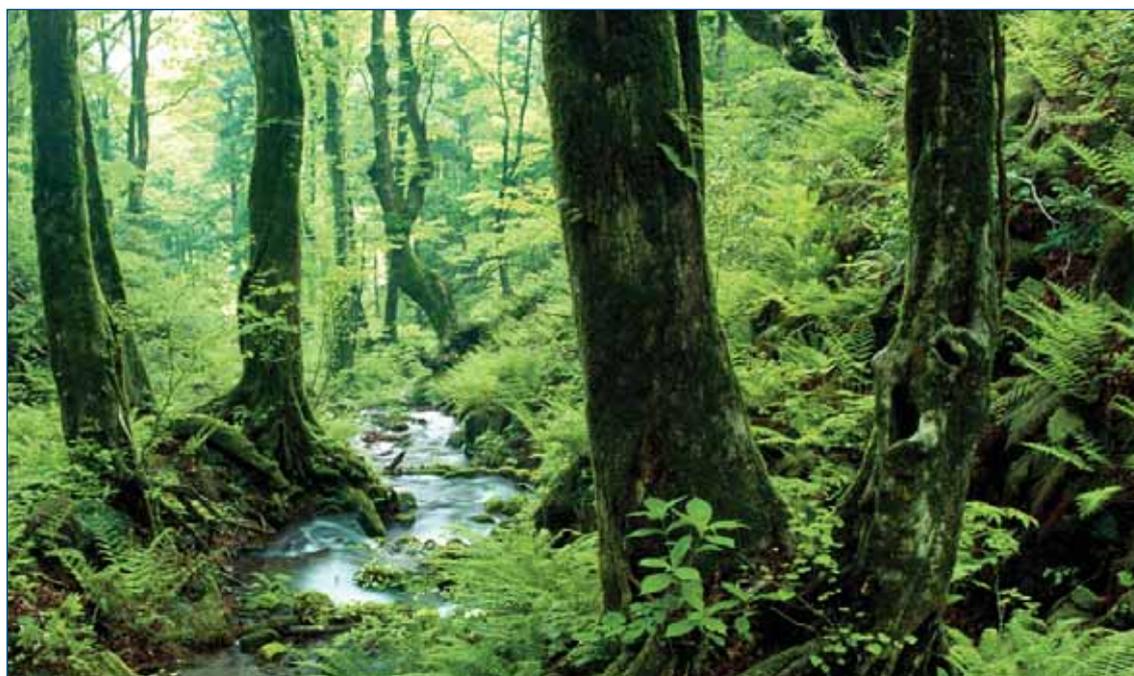
Los ecosistemas cumplen una función vital al determinar la respuesta hidrológica de una cuenca fluvial. Por lo tanto, es importante comprender los diversos procesos hidrológicos generadores de crecidas y la manera en que los ecosistemas interactúan con esos procesos para influir en el volumen, la magnitud y la periodicidad de los fenómenos de crecida. Así pues, en este capítulo se aborda la función desempeñada por varios ecosistemas (por ejemplo, los bosques, lagos y estanques, humedales, corredores fluviales, ecosistemas estuarinos y costeros) en los procesos hidrológicos y en la respuesta hidrológica, así como la manera en que estos sistemas interactúan con los fenómenos de crecidas. También estudia las posibilidades y las limitaciones de los ecosistemas en la atenuación de crecidas (véase el Cuadro 2 como resumen).

### 4.1 Los bosques

Los bosques son ecosistemas terrestres ligados a los procesos que tienen lugar en el suelo. La capacidad del suelo de sustentar la vegetación depende de sus características: físicas (materia orgánica, capacidad de retención de agua, densidad estructural y aparente); químicas (tipos de elementos minerales presentes); biológicas (diversidad y actividad de los microorganismos presentes); y del microclima local (temperatura, precipitación y demanda de evaporación).

#### ***Los bosques como fuente vital de energía para las personas y para los ecosistemas acuáticos***

Los bosques ribereños sirven de enlace entre los ecosistemas terrestres y acuáticos<sup>30</sup> y proporcionan hábitats variados y esenciales para las especies ribereñas locales. Un bosque continuo ofrece rutas de transporte a los animales arborícolas (animales que viven en los árboles). Los recursos forestales constituyen una contribución



0111

directa a los medios de subsistencia de la población y fortalecen la agricultura y el suministro de alimentos. Por lo tanto, constituyen una fuente importante de riqueza nacional<sup>31</sup>. Ayudan a mantener la calidad del agua filtrando los nutrientes y otros contaminantes de los flujos de agua subterránea y subsuperficial y reteniendo el sedimento de los flujos superficiales. Regulan el régimen térmico brindando sombra a los estanques de la planicie de inundación, a las ciénagas, a los arroyos de primavera y a los cauces del río. Suministran materia orgánica alóctona<sup>32</sup> al sistema acuático en forma de hojas, ramitas, detritos leñosos grandes, etc., que constituyen alimentos esenciales para los organismos acuáticos<sup>33</sup>. En las regiones tropicales, moderan el clima cálido severo y proporcionan gran cantidad de productos como madera, cultivos, frutos secos, pastos, etc.

### ***Los bosques y los procesos hidrológicos***

Los bosques desempeñan una función importante ya que determinan los procesos hidrológicos en la cuenca al estabilizar estacionalmente el caudal del río a través de su estructura compleja y al fomentar la infiltración y la evapotranspiración. A través de la infiltración, mantienen la recarga de las aguas subterráneas, que se va liberando lentamente durante un largo período. Bajo determinadas condiciones hidrológicas, pueden reducir el rendimiento hídrico total de la cuenca debido a una mayor evapotranspiración. Durante las sequías prolongadas, el caudal del río puede disminuir drásticamente. Estos efectos, sin embargo, no han sido todavía cuantificados ni siquiera a escala local debido a procesos sumamente complejos<sup>34</sup>. Los efectos reguladores de los bosques tienen ciertas limitaciones y dependen principalmente de la complejidad estructural, el tamaño y los tipos de bosque, además de la profundidad y estructura de la capa de los suelos y de las condiciones precedentes de humedad de los suelos en la cuenca. Sin embargo, los fenómenos de crecidas extremas, por lo que se refiere al caudal punta, no se ven influidos por la ausencia o presencia de cubierta forestal, ya que una precipitación continua puede saturar el suelo causando un incremento de la escorrentía superficial.

Los bosques ribereños interactúan con la hidráulica del flujo de modo que influyen en la morfología del corredor fluvial, fortalecen la resistencia de los márgenes a la erosión y estrechan y ahondan los cauces. En los tramos más bajos con planicies de inundación extensas, la fragosidad de la vegetación tiene como consecuencia profundidades aún mayores; el almacenamiento del exceso resultante ayuda a reducir la velocidad de la onda de crecida y atenúa el caudal punta en los tramos aguas abajo. La madera arrastrada por el agua y los leños flotantes pueden bloquear los canales de obras de drenaje transversal y causar obstáculos a los flujos de crecidas produciendo una elevación del nivel de agua río arriba y la posible ruptura de diques o el desbordamiento de los márgenes.

### ***Los bosques y el suministro de sedimentos al río***

Las raíces de los árboles cumplen una función importante ya que de ellas depende la estabilidad de las laderas. Aumentan la fuerza del suelo ayudándole a resistir la tensión, pero al mismo tiempo le imponen una carga mayor con su propio peso. Las presiones para convertir bosques y tierras de pastoreo en terrenos agrícolas, junto con la tala de árboles legal e ilegal, están afectando continuamente a la cubierta forestal. La ausencia de cubierta forestal no sólo contribuye a que se den corrimientos de tierras superficiales (por los cuales grandes áreas de tierra pierden parte de la capa fértil superior del suelo), sino también a la erosión en cárcavas, produciendo la degradación de la tierra y mayores descargas de sedimento de las cuencas. Sin embargo, los corrimientos de tierras profundas no están más influidos por la presencia o ausencia de cubierta forestal ya que dependen principalmente de factores geológicos, topográficos y climáticos<sup>35</sup>.

Como se ha mencionado anteriormente, no se han investigado todavía las interrelaciones entre los procesos hidrológicos y la dinámica de los bosques a escala de las grandes cuencas, debido principalmente a la

complejidad de los procesos que en ellas tienen lugar. Por consiguiente, hay una necesidad primordial de iniciar y fortalecer la supervisión ecohidrológica a largo plazo de la influencia de los bosques sobre los flujos de la estación seca, la atenuación de crecidas y la recarga de las aguas subterráneas en las grandes cuencas.

## 4.2 Los estanques y lagos

Los estanques y lagos son, por lo general, cuerpos de agua léntica<sup>36</sup>, es decir, ecosistemas de agua dulce estancada. El agua normalmente entra en estos cuerpos de agua a través de la precipitación directa, la escorrentía superficial afluyente y distribuida o los acuíferos poco profundos. El agua de los sistemas lénticos se pierde a través de la evaporación de la superficie de agua libre, la transpiración, la transmisión y el caudal efluente del desagüe del cauce. Los lagos oxbow, creados después de que un río con meandros corte y abandone un meandro, no son propiamente lénticos ya que se convierten en sistemas fluidos durante los períodos de altos caudales.

### **La diversidad biológica de lagos y estanques**

La diversidad biológica de los lagos y estanques depende de sus características físicas y de su estado de nutrición o de atrofia. La biodiversidad alcanza su nivel más alto cerca de las orillas poco profundas. Los nutrientes y los sedimentos entran en los lagos desde fuentes no localizadas. Las variaciones de temperatura dentro de estos cuerpos de agua, producidas principalmente por energía solar y eólica, son muy importantes en la definición de las características ecológicas de dichos cuerpos de agua. En los poco profundos y pequeños, aquí llamados *estanques*, la temperatura del agua es uniforme porque la luz del sol penetra fácilmente hasta el fondo. Las diferencias de temperatura del agua en los cuerpos de aguas profundas, aquí llamados *lagos*, forman capas térmicas ya que la energía calorífica no penetra hasta las profundidades y el agua más fría permanece cerca del fondo. La tensión del viento que actúa en la superficie del lago proporciona energía de mezcla que disminuye rápidamente con la profundidad. En los lagos conectados con sistemas fluviales, la ubicación



OMM

Lago Lemano sobre el río Ródano

y las características de los afluentes y de la salida del caudal también determinan la magnitud de la mezcla en el lago. El hecho de que un lago se mezcle o esté estratificado tiene una importancia fundamental para sus características ecológicas.

Los lagos y estanques proporcionan una variedad de servicios a los seres humanos, entre ellos, el suministro de agua potable, la pesca, la irrigación, la recreación y los medios de subsistencia (por ejemplo, la agricultura, la pesca, la producción pecuaria, etc.). Estos cuerpos de agua también brindan servicios vitales para el entorno natural como la asimilación de los nutrientes de las plantas, la retención de sedimentos y la recarga de las aguas subterráneas. Poseen una gran variedad de plantas y son el principal mecanismo de preservación de la vida de muchas especies de plantas y animales, así como de aves migratorias<sup>37</sup>.

### ***Los lagos y las crecidas***

La capacidad de los cuerpos de agua para almacenar agua los ayuda a atenuar las puntas de crecida. Un estanque o lago intercepta el flujo superficial y lo retiene hasta que su capacidad de almacenamiento llegue al máximo, antes de comenzar a desbordarse y contribuir de nuevo a la esorrentía. Cuando una onda de crecida entra en un lago, no se transmite directamente a su salida, sino que es absorbida en parte por el cuerpo de agua y hace que suba el nivel de ésta. Por consiguiente, cuando se alcanza el caudal efluente máximo, hay también un gran volumen de agua almacenada que sale con un tiempo de retraso que depende de las características de la salida, atenuando de ese modo las ondas de crecida y reduciendo su velocidad de transmisión aguas abajo. La función desempeñada por los estanques y lagos en la atenuación de las crecidas durante un fenómeno extremo de crecida depende del tipo de lago o estanque, su ubicación, el área de superficie, la forma del cuerpo de agua, sus condiciones anteriores y el comportamiento hidráulico de la salida.

## **4.3 Los humedales**

Los humedales se definen como zonas de pantanos, ciénagas, turberas bajas o de agua; tanto naturales como artificiales; permanentes o temporales; con agua estática o en movimiento; dulce, salobre o salina, incluidas las áreas de aguas marinas, cuando su profundidad en bajamar no exceda los seis metros<sup>38</sup>. Los humedales constituyen tierras de transición entre los sistemas totalmente terrestres y los totalmente acuáticos. Pueden tener un régimen de marea o no, o de agua lítica o léntica. Aunque los humedales marinos y costeros así como los lagos y estanques se definen aquí como humedales, no se abordan en este apartado sino por separado. La presencia de agua superficial y de vegetación de suelos húmedos son dos características esenciales para que un hábitat sea definido como humedal.

### ***Entornos geomórficos***

Los humedales en entornos geomórficos diferentes suelen tener fuentes principales de agua y períodos hídricos distintos, que influyen en los tipos de organismos que se adaptan a la vida allí. Algunos humedales aluviales están unidos a los cauces del río mientras que otros están aislados de éstos. Por ejemplo, los humedales situados en una depresión (es decir, que no tienen salida superficial) a menudo tienen importantes conexiones a través de las aguas subterráneas con otros humedales y cuerpos de agua. Algunos constituyen principalmente hábitats de anfibios porque la sequía estacional elimina los depredadores potenciales que son los peces. Otros entornos geomórficos comunes son los siguientes: los humedales fluviales o fluviales marginales, que incluyen parcelas de planicies de inundación aluviales y deltas fluviales, los humedales lacustres,



que se destacan porque ocupan franjas estrechas a orillas de lagos y embalses protegidos, y los humedales de las laderas, que se alimentan principalmente de aguas subterráneas que se descargan en las fallas del terreno. Cada uno de los entornos geomórficos sustenta humedales en climas que varían de árido a húmedo.

Los humedales suelen caracterizarse por una vegetación densa que se adapta a la inundación y desecamiento periódicos. La calidad del agua de los humedales está muy influida por el ecosistema acuático asociado, los suelos y el tipo y cantidad de vegetación. Las planicies húmedas que ocupan áreas de topografía llana están limitadas, sin embargo, a climas suficientemente húmedos como para mantener la vegetación y los suelos del humedal sin fuentes de agua subterránea o superficial. En algunos casos, se ha acumulado la materia orgánica suficiente para producir turberas, también conocidas como *planicies de suelo orgánico*. Los humedales están sometidos a una mayor presión de desarrollo y los que tienen entornos geomórficos similares están sujetos a los mismos tipos de alteraciones humanas<sup>39</sup>.

### ***La diversidad biológica de los humedales***

Algunos humedales, que están conectados estrechamente con el río a través de pequeños cauces, permiten el transporte y la retención de agua, del sedimento fino asociado y de los nutrientes producto de las crecidas. La alta tasa de retención de nutrientes en los humedales les permite producir grandes cantidades de biomasa, que forman la base de la red alimentaria acuática y terrestre. Los humedales son ecosistemas muy importantes, proporcionan hábitats fundamentales para muchas especies<sup>40</sup> y garantizan los medios de subsistencia. De ahí que la biodiversidad de los humedales por lo que se refiere a la variedad de especies que éstos sustentan pueda ser extremadamente alta. La inundación temporal tiene una importancia crucial para mantener el funcionamiento de los ecosistemas del humedal.

Los humedales sustentan especies acuáticas y terrestres y la presencia prolongada de agua crea condiciones favorables para las plantas especialmente adaptadas a éstos (hidrófitos). Los humedales son entornos acuáticos poco profundos y de movimiento lento o permanente. Al mismo tiempo ofrecen un hábitat favorable para muchas especies y, lo que es más importante, son zonas idóneas para la reproducción y el crecimiento de los peces y zonas de nidificación y criadero para las aves. Los humedales de la planicie de inundación tienen conexiones ecológicas que pueden extenderse a través de miles de kilómetros (aves migratorias, peces anádromos, etc.).

### Recuadro 1. Los humedales y el ciclo hidrológico

Un estudio efectuado en el Centro para la Ecología e Hidrología, en Wallingford (Reino Unido), basado en 439 afirmaciones publicadas sobre las funciones de la cantidad de agua de los humedales en 169 estudios a nivel mundial, llegó a las siguientes conclusiones:

- los humedales son importantes en la modificación del ciclo hidrológico;
- la mayoría de los humedales en las planicies de inundación reducen o retardan las crecidas, pero no siempre. En realidad, más de un tercio de los humedales de las cabeceras de los ríos aumentan las puntas de crecida;
- los humedales evaporan más agua que otros tipos de terreno y, por consiguiente, en dos tercios de los casos, reducen los promedios anuales de los flujos de los ríos;
- en dos tercios de los humedales, el flujo de agua en los tramos inferiores del río se reduce durante los períodos secos;
- algunos humedales de las planicies de inundación situadas en suelos arenosos al inundarse recargan las aguas subterráneas. Sin embargo, la mayoría de los humedales existe porque cubren suelos impermeables o rocas y hay poca interacción con las aguas subterráneas.

*Fuente:* Bullock, A. y M. Acreman (2003), "The role of wetlands in the hydrological cycle", *Hydrology and Earth System Sciences*, 7 (3): 358–389.

### Los humedales y el ciclo hidrológico

Los humedales ejercen una influencia significativa en el ciclo hidrológico (véase el Recuadro 1). Los procesos hidrológicos se ven influidos por la capacidad de almacenamiento de agua, la pérdida de transmisión de un humedal a un acuífero o la capacidad de recarga de las aguas subterráneas. La atenuación de las crecidas es una de las funciones más importantes del humedal. Este servicio de atenuación de crecidas tiene lugar principalmente en las grandes planicies de inundación situadas en los tramos inferiores de las cuencas fluviales, donde el desbordamiento del agua de las crecidas más allá de los márgenes se almacena en huecos y depresiones de cierta magnitud. Además, la onda de crecida se retarda y reduce debido a la resistencia ofrecida por la fragosidad de la vegetación del humedal, que a su vez retarda y reduce de ese modo las crecidas aguas abajo.

Puesto que los humedales abarcan una amplia gama de ecosistemas entre los que se encuentran pantanos, ciénagas, marismas y planicies de inundación, hay que destacar que no todos los humedales tienen el mismo grado de efectividad en la atenuación de crecidas. La importancia de los humedales en la reducción de inundaciones aguas abajo aumenta con la extensión del humedal, la magnitud de la crecida, la cercanía a un humedal aguas arriba y la falta de otras áreas de almacenamiento aguas arriba. Es evidente que la atenuación de crecidas sólo tiene lugar si el almacenamiento no está lleno en el momento en el que incide la crecida. En los humedales que están saturados, puede haber poca capacidad de almacenamiento para crecidas posteriores.

## 4.4 Los corredores fluviales

Los ríos son dinámicos: cambian de curso, cortándose en algunos lugares y rellenándose en otros, creando de ese modo nuevos cauces. Constantemente están creando y destruyendo hábitats fluviales. Un corredor fluvial, que abarca el cauce más la planicie de inundación y todo el relieve del terreno que éstos contienen, se percibe como un mosaico de formas del terreno en movimiento, en régimen de equilibrio o dinámico; que cambia constantemente pero siempre "tiene la misma apariencia". Éste necesita una continuidad en el régimen fluvial y de sedimentos. Varios componentes del régimen fluvial —la magnitud, la frecuencia, la duración, la periodicidad y la tasa de cambio de las condiciones hidrológicas— regulan los procesos ecológicos en los ecosistemas de agua corriente. Las crecidas son un componente esencial del régimen de flujo de cualquier

sistema fluvial ya que los flujos mayores son decisivos en los procesos de erosión y de deposición posterior. Es necesario que las inundaciones ocurran en la época correcta del año porque los ciclos de vida de las especies autóctonas se adaptan a ese tipo de regímenes fluviales naturales.

Diferentes especies (o etapas de la vida de una misma especie) necesitan una serie de hábitats creados por ese mosaico de formas del terreno en movimiento en diferentes etapas del ciclo de vida. Para que los ecosistemas fluviales naturales florezcan, un río necesita espacio para crear hábitats complejos. Se observa una diversidad más alta de formas del terreno y, por consiguiente, de hábitats en los ríos que pueden cambiar de curso libremente. Si los flujos se regulan y mantienen en valores uniformes y más bajos, debido a la generación de energía o a las medidas de control de crecidas, los ríos pierden hábitats de desove, produciendo una pérdida de integridad ecológica, es decir, un empobrecimiento de la biodiversidad y del funcionamiento ecológico del ecosistema fluvial.

En función de la distancia que separa a un ecosistema del cauce del río, el ecosistema forma parte o no del mosaico en movimiento, como se presenta en la Figura 4. Al colocar los diques, es necesario considerar las características específicas del corredor fluvial.

### ***Las planicies de inundación como válvulas de alivio de presión de las crecidas***

El caudal en los ríos confinados entre diques tiene más energía porque las velocidades que alcanza son más altas que si el río pudiera extenderse hacia la planicie de inundación. Esta energía de la corriente puede producir una erosión destructiva de los márgenes y cambios del cauce más graves que si el río pudiera desbordarse por encima de sus márgenes. La capacidad de un río de desbordarse hacia su planicie de inundación durante los fenómenos de avenidas evita la acumulación de esta energía destructiva de la corriente. En este sentido, las planicies de inundación sirven de "válvula de alivio de presión"<sup>41</sup> por así decirlo. Las planicies de inundación almacenan el agua derramada y atenúan las puntas de crecidas río abajo al tiempo que recargan las aguas subterráneas.



WWF, 2004

Llanuras de Kafue en el río del mismo nombre, Zambia

## ***La difusión de contaminantes***

Las crecidas pueden ocasionar problemas medioambientales y riesgos si no se toman las precauciones necesarias para minimizar la difusión de la contaminación debida a las inundaciones. Las aguas residuales descienden a los sótanos de manera que las que están sin tratar procedentes de las plantas de tratamiento ubicadas en áreas inundadas pueden causar peligros para la salud durante las inundaciones. El asunto es de gran preocupación en las áreas urbanas de los países en desarrollo en los que las aguas residuales sin tratar se colocan en sistemas de drenaje superficiales. Asimismo, las aguas de desecho contienen agentes patógenos microbianos, sólidos suspendidos, sustancias tóxicas, nutrientes, basura y otros agentes contaminantes y pueden contaminar las fuentes de agua potable.

Las aguas de crecida pueden esparcir sustancias químicas tanto industriales como domésticas. Se debe planificar minuciosamente la ubicación de las sustancias químicas peligrosas en función del conocimiento que se tiene de la planicie de inundación y de los mecanismos que articulan las inundaciones. Los depósitos o fábricas de sustancias químicas situadas en planicies de inundación pueden sufrir fugas o desperfectos en las instalaciones que pueden provocar de ese modo la difusión de estas sustancias químicas y derramamientos de aceite a través de las aguas de crecida. Esta contaminación puede tener repercusiones a largo plazo en la salud y en la habitabilidad del área inundada. Para limpiar una contaminación medioambiental semejante es necesario aunar esfuerzos, tiempo y recursos financieros. Durante el proceso de limpieza, la disposición de las sustancias químicas es una decisión importante que debe tomarse con gran cuidado ya que puede afectar a los ecosistemas receptores.

## **4.5 Los ecosistemas estuarinos y costeros**

### ***El estuario y los procesos deltaicos***

El caudal del río es la fuente principal de agua dulce, sedimentos, nutrientes y sílice para los estuarios. El nivel del caudal afluente determina la carga de sedimento que se arrastra hasta el estuario. Las crecidas arrastran



YIN HEXIAN

Región del delta del río Amarillo, China

proporcionalmente una mayor carga de sedimento que el caudal ordinario del río y son un factor determinante del régimen hidrológico de los ríos que a su vez cumplen una función importante en la configuración de la morfología del estuario<sup>42</sup>.

El río lleva el sedimento a la costa y lo deposita más allá de su desembocadura. Las corrientes de marea y las olas modelan los sedimentos recientemente depositados, modificando el contorno y la forma de la estructura resultante. El delta de un río surge de la interacción de fuerzas fluviales y marinas en las inmediaciones de la boca del río<sup>43</sup>. La evolución a largo plazo de una llanura deltaica está en función de la tasa de aporte de sedimento fluvial y de la tasa y configuración del remodelaje, del transporte y de la deposición del sedimento por los procesos marinos posteriores a la deposición inicial. Por consiguiente, el régimen de flujo en los sistemas fluviales influye en los procesos morfológicos de las zonas costeras. Las obras estructurales de control de crecidas, como las presas y las obras de desviación, alteran el régimen fluvial y el consiguiente suministro de sedimento a las zonas costeras, de modo que influyen en gran medida en los procesos morfológicos y ecológicos de estas zonas.

### ***Características de los ecosistemas costeros***

El flujo del agua transporta, a lo largo y a través de las tierras de toda la cuenca, nutrientes disueltos y suspendidos hasta el estuario aguas abajo. Las aguas dulces de la cuenca ricas en nutrientes se mezclan con las aguas altamente oxigenadas del océano, convirtiendo las zonas de estuarios y deltas en las regiones más productivas desde el punto de vista biológico del entorno marino. De ese modo, los hábitats costeros de agua dulce y salobre vienen determinados por el tipo de aporte de agua dulce al sistema —cantidad, calidad y periodicidad— y por la influencia diaria y estacional de las mareas, que produce cambios en la salinidad, temperatura, turbiedad y flujo de energía. Estos ecosistemas costeros incluyen manglares, bosques de playa y pantanos de turba (manglares y bosques inundables) que contienen una considerable diversidad biológica. Los ecosistemas costeros suministran recursos, hábitats, subsistencia y sustento valiosos a los habitantes de los bosques, brindando de ese modo los medios necesarios para mantener unidas estas comunidades. La importancia socioeconómica de estas zonas se hace todavía más evidente en las regiones más áridas de los países en desarrollo. Los reflujos y las inundaciones estacionales determinan el estilo de vida y las prácticas agrícolas de las comunidades que dependen de estos ecosistemas.

### ***Los ecosistemas costeros como amortiguadores contra las inundaciones***

Las áreas costeras bajas en los trópicos experimentan con frecuencia inundaciones costeras causadas por ciclones, mareas de tempestad y tsunamis, además de inundaciones de mareas. El agua salada penetra en los cursos de agua deltaicos y puede inundar las tierras bajas del delta. Los ecosistemas costeros protegen las tierras interiores de posibles inundaciones a lo largo de los estuarios y de las zonas costeras, gracias a su presencia física y a su capacidad de retener el agua y absorber la energía de las tormentas costeras. Por ejemplo, como se informó ampliamente durante el tsunami del Océano Índico (2004), las zonas extensas de mangle pueden reducir la pérdida de vidas y el daño causado por los tsunamis al recibir el primer choque del impacto y disipar la energía de la ola cuando atraviesa la zona del manglar. En cambio, las franjas estrechas de mangle, cuando éste se desarraiga o se parte por la mitad del tronco y es arrastrado tierra adentro, pueden causar daños materiales considerables y pérdidas humanas. A pesar de los muchos ejemplos existentes de la función positiva de los manglares y de otros bosques costeros en la atenuación de los efectos de tsunamis y otros desastres naturales, por desgracia aún no se dispone de información suficiente para determinar hasta qué punto y bajo qué circunstancias los manglares y los bosques costeros podrían proporcionar una atenuación efectiva contra los desastres naturales<sup>44</sup>.

## ***Sinergia entre los sistemas costeros y fluviales***

Como ya se ha señalado anteriormente, la morfodinámica y los ecosistemas costeros están influidos por el régimen de flujo de los sistemas fluviales. Muchos ecosistemas costeros están seriamente amenazados por las actividades de desarrollo hidráulico, entre ellas, los proyectos de gestión de crecidas y la posible elevación del nivel del mar debido al posible cambio climático. Esta “compresión de la costa” restringe gravemente el tamaño de los humedales costeros y, por consiguiente, su capacidad de adaptación<sup>45</sup>. En las áreas deltáticas, la distribución y el almacenamiento excesivos del agua disponible en los tramos superiores de las cuencas, sin tomar en cuenta las necesidades medioambientales de los procesos morfodinámicos de los deltas, de los ecosistemas costeros y de los manglares, amenazan la supervivencia de estos últimos. La protección de los ecosistemas costeros radica en la sinergia entre la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH), la gestión integrada de crecidas (GIC) como parte de ésta y la gestión integrada de zonas costeras (GIZC) (véase el Recuadro 2).

### **Recuadro 2. Gestión integrada de zonas costeras**

¿Qué es la GIZC?

La gestión integrada de zonas costeras (GIZC) es un proceso de planificación y de coordinación que se ocupa de la gestión del desarrollo y de los recursos costeros y que se centra en la zona de contacto entre la tierra y el agua.

Objetivos

El objetivo general de la GIZC es garantizar el uso sostenible de los recursos naturales costeros y el mantenimiento de la biodiversidad. Se considera que un desarrollo planificado que tenga en cuenta el medio ambiente aumenta la prosperidad económica y social de una comunidad costera a largo plazo. La productividad de las pesquerías, el incremento de los ingresos del turismo, la silvicultura sostenible del mangle y la protección contra la devastación debida a los peligros naturales son algunos de los beneficios prácticos de la GIZC.

Principios:

- la zona costera es un sistema de recursos único que requiere enfoques especiales de gestión y de planificación;
- el agua es la principal fuerza integradora en los sistemas de recursos costeros;
- es esencial que los usos de la tierra y del mar se planifiquen y administren en común;
- la orilla del mar es el punto de contacto entre los programas de la gestión costera;
- la delimitación de la gestión costera debe poder adaptarse y basarse en cuestiones específicas;
- la conservación de los recursos materiales comunes es de particular importancia en la gestión de los recursos costeros;
- la prevención de los daños de los peligros naturales y la conservación de los recursos naturales deben incorporarse en los programas de la GIZC;
- todas las instancias del gobierno dentro de un país deben participar en la gestión y planificación costera;
- el enfoque en materia de desarrollo en sincronía con la naturaleza es especialmente apropiado para las zonas costeras;
- en los programas de gestión de los recursos costeros se utilizan métodos específicos de evaluación del beneficio económico y social y la participación pública;
- la conservación para el uso sostenible es una meta importante de la gestión de los recursos costeros;
- la gestión de usos múltiples es apropiada para la mayoría de los sistemas de recursos costeros;
- la participación multisectorial es esencial para el uso sostenible de los recursos costeros;
- debe respetarse la gestión tradicional de los recursos;
- el método de evaluación de impacto ambiental es esencial para una gestión costera eficaz.

*Fuente:* Clark, J.R. (1992), *Gestión integrada de zonas costeras*, FAO Fisheries Technical Paper No. 327, FAO.

## 4.6 En resumen

- Los bosques cumplen una función importante ya que determinan los procesos hidrológicos en la cuenca al estabilizar estacionalmente los flujos del río. Sin embargo, los fenómenos de crecidas extremas, en cuanto al caudal máximo y al volumen total de escorrentía, no se ven influidos por la ausencia o presencia de cubierta forestal.
- Las raíces de los árboles desempeñan una función importante en la estabilidad de las pendientes del terreno. Debido a la pérdida de cubierta forestal pueden ocurrir desprendimientos de tierras superficiales que aportan volúmenes considerables de sedimento a los cauces de los ríos.
- Los estanques y lagos cumplen una función importante en la atenuación de las puntas de crecida y en el retraso de su incidencia, debido a su capacidad de almacenamiento de agua, que a su vez depende del tipo, la ubicación, el área de superficie, la forma del cuerpo de agua, sus condiciones precedentes y las características hidráulicas de su salida.
- Los humedales ejercen una influencia considerable en los procesos del ciclo hidrológico a través del almacenamiento de agua, la transferencia de agua a un acuífero o la recarga de las aguas subterráneas. No obstante, no todos los humedales atenúan las crecidas en la misma medida.
- Las diferentes especies de los corredores fluviales necesitan una variedad de hábitats que se producen dentro del mosaico de las formas del terreno en movimiento creado por los regímenes naturales de caudal y de sedimentos del río.
- Las inundaciones pueden esparcir los contaminantes y los diferentes productos químicos almacenados en la planicie de inundación a través de áreas más extensas afectando de ese modo a la salud humana y del ecosistema.
- Las crecidas son un componente importante del régimen de flujo de cualquier sistema fluvial. Son la fuente principal de agua dulce, sedimentos, nutrientes y sílice para los estuarios. De este modo, el régimen de flujo de los sistemas fluviales influye en los procesos morfológicos y ecológicos de las áreas costeras.
- Los sistemas fluviales influyen en las necesidades medioambientales de los procesos morfodinámicos de los sistemas costeros, deltas y ecosistemas costeros. Los ecosistemas costeros protegen contra la inundación tierra adentro a lo largo de los estuarios y de las áreas costeras, a través de su presencia física y su capacidad de retener el agua y absorber la energía de las tormentas costeras.

**Cuadro 2. Ecosistemas y procesos de crecidas**

	Tramos superiores	Tramos medios	Tramos inferiores	Estuarios y deltas
<b>Bosques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Regulan los procesos hidrológicos al aumentar la infiltración y la transpiración.</li> <li>+ El aumento de la infiltración reduce la escorrentía de las tormentas de duración corta y de baja intensidad.</li> <li>+ La estabilización del suelo ayuda a reducir los deslizamientos de tierra dependiendo de factores geográficos, topográficos y climáticos.</li> <li>+ Proporcionan regulación térmica a las aguas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Los bosques a lo largo del cauce del río pueden aumentar la resistencia de los márgenes debido a su efecto vinculante.</li> <li>+ Estrechan y ahondan el cauce del río para mantener los niveles de agua para un flujo determinado.</li> <li>+ Ayudan a reducir los corrimientos superficiales y la consiguiente alta concentración de sedimento en los cursos de agua.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Retardan las ondas de crecida debido a la fragosidad de la vegetación de la planicie de inundación.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El efecto de la regulación de crecidas depende del tamaño, la estructura del suelo y las condiciones precedentes.</li> <li>- El efecto de la regulación de crecidas puede no ser apreciable en casos de fenómenos extremos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La vegetación en el cauce del río puede aumentar la resistencia del flujo y el ascenso de nivel de agua.</li> <li>- El atascamiento de troncos en canales estrechos puede disminuir aún más su capacidad de transporte, aumentando el nivel de agua río arriba.</li> <li>- El efecto de la regulación de crecidas puede no ser eficaz en casos de fenómenos extremos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El atascamiento de troncos en canales estrechos puede disminuir aún más su capacidad de transporte, aumentando así el nivel de agua río arriba.</li> </ul>	
<b>Estanques y lagos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Disminuyen los flujos superficiales y/o las puntas de crecidas moderadas aguas abajo almacenando primero el agua de la crecida y luego descargándola lentamente con un tiempo de retraso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Disminuyen los flujos superficiales y/o las puntas de crecidas moderadas aguas abajo almacenando primero el agua de la crecida y luego descargándola lentamente con un tiempo de retraso.</li> <li>+ Atrapan los sedimentos.</li> <li>+ Recargan las aguas subterráneas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Disminuyen los flujos superficiales y/o las puntas de crecidas moderadas aguas abajo almacenando primero el agua de la crecida y luego descargándola lentamente con un tiempo de retraso.</li> <li>+ Atrapan los sedimentos.</li> <li>+ Recargan las aguas subterráneas.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El efecto de la regulación de crecidas depende del tipo, la ubicación, el volumen de almacenamiento, el área de superficie, la forma del cuerpo de agua y el comportamiento hidráulico de la salida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El efecto de la regulación de crecidas depende de la ubicación, el volumen de almacenamiento, el área de superficie, la forma del cuerpo de agua y el comportamiento hidráulico de la salida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El efecto de la regulación de crecidas depende de la ubicación, el volumen de almacenamiento, el área de superficie, la forma del cuerpo de agua y el funcionamiento hidráulico de la salida.</li> </ul>	
<b>Humedales</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Disminuyen las puntas de crecidas aguas abajo almacenando primero el agua de la crecida en las depresiones y permitiéndole luego fluir lentamente con un tiempo de retraso.</li> <li>+ Retardan las ondas de crecidas, debido a la fragosidad de la vegetación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Disminuyen las puntas de crecidas aguas abajo almacenando primero el agua de la crecida en las depresiones y permitiéndole luego fluir lentamente con un tiempo de retraso.</li> <li>+ Retardan las ondas de crecidas, debido a la fragosidad de la vegetación.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuando están saturados, los humedales en el margen del río de los cursos de cabecera generan escorrentía, acentuando las puntas de crecidas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El efecto de la regulación de crecidas depende del tipo, las condiciones precedentes, la ubicación, el tamaño de la depresión y su conectividad con los flujos del río.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El efecto de la regulación de crecidas depende del tipo, las condiciones precedentes, la ubicación, el tamaño de la depresión y su conectividad con los flujos del río.</li> </ul>	

**Cuadro 2. Ecosistemas y procesos de crecidas (continuación)**

	Tramos superiores	Tramos medios	Tramos inferiores	Estuarios y deltas
<b>Corredores fluviales</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>+ La capacidad de un río de desbordarse hacia su planicie de inundación ayuda a moderar la erosión del margen en los tramos inferiores.</li> <li>+ Atenúan y retardan las ondas de crecidas mediante el almacenamiento y la fragosidad de la vegetación de la planicie de inundación.</li> <li>+ Recargan las aguas subterráneas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ La capacidad de un río de desbordarse hacia su planicie de inundación ayuda a moderar las puntas de crecidas en los tramos inferiores.</li> <li>+ Retardan las ondas de crecidas debido al almacenamiento y fragosidad de la vegetación de la planicie de inundación.</li> <li>+ Recargan las aguas subterráneas.</li> </ul>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permiten a los ríos cambiar y serpentear y a las crecidas inundar las planicies de inundación dificultando el asentamiento humano y la obtención de beneficios de la inundación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permiten a los ríos cambiar y serpentear y a las crecidas inundar las planicies de inundación dificultando el asentamiento humano y la obtención de beneficios de la inundación.</li> </ul>	
<b>Ecosistemas estuarinos y costeros</b>				<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Ayudan a estabilizar sus costas y de ese modo sirven de barrera contra las acciones de vientos, olas y corrientes de agua.</li> <li>+ Absorben la energía de tormentas costeras, olas ocasionadas por el viento y mareas de tempestad, protegiendo las zonas tierra adentro.</li> </ul>
				<ul style="list-style-type: none"> <li>- El efecto de regulación de la onda de crecida depende en gran medida del tamaño, la situación y los tipos de ecosistema.</li> </ul>

 : indica que todos los cuadros no necesitan llenarse.

 : indica los aspectos positivos de los ecosistemas en los procesos de crecidas.

 : indica las limitaciones y los aspectos negativos como proveedor de servicios de gestión de crecidas.



## 5. LAS INTERVENCIONES DE LA GESTIÓN DE CRECIDAS Y LOS ECOSISTEMAS

Un enfoque integrado de gestión de crecidas requiere una combinación óptima de medidas estructurales y no estructurales. Una opción aislada en materia de gestión de crecidas puede lograr cierto objetivo, por ejemplo, la protección de una zona específica, pero no puede tomar en cuenta los diferentes objetivos que deben plantearse con respecto a una cuenca fluvial. Se deben tener en cuenta los riesgos específicos que se desprenden de las soluciones estructurales, por ejemplo, aquéllos debidos a la incertidumbre en el suministro de información para el análisis de opciones o aquéllos debidos a una serie de fallos en cadena en el marco de las obras estructurales de control y protección. Así pues, en este capítulo se analizan algunas de las consecuencias medioambientales de las obras estructurales de control y protección de crecidas como las presas, embalses de laminación y de retención, canales de derivación, diques, canalizaciones, etc. El presente capítulo analiza la manera en que las diferentes opciones afectan al medio ambiente, sobre todo en lo relativo al régimen de flujo, al transporte de sedimentos, a la calidad del agua y a la biodiversidad. También analiza las posibles opciones para evitar, reducir o atenuar las consecuencias negativas de las mismas. El Cuadro 3 resume los efectos de las medidas estructurales de la gestión de crecidas en los diferentes procesos que tienen lugar en los corredores fluviales y las posibles medidas de atenuación para una gestión de crecidas favorable al medio ambiente. Desde una perspectiva medioambiental, es importante recordar la influencia de las medidas no estructurales en el medio ambiente. Se abordarán a su vez algunas de las medidas no estructurales de la gestión de crecidas, en particular, con respecto a la manera en que ayudan a proteger el medio ambiente.

### 5.1 Presas y embalses

La gestión sostenible de un río como recurso requiere que el suministro de agua para satisfacer las necesidades humanas sea oportuno y fiable. Al mismo tiempo, debe haber disponibilidad de agua para la supervivencia de los ecosistemas fluviales. Las presas se construyen a través de valles o ríos para almacenar, regular y desviar el agua con diferentes propósitos como la producción agrícola, la generación de energía, el uso humano e industrial y la atenuación de las puntas de crecida. La mayoría de las presas cumple diversas funciones. Extensas áreas a lo largo del cauce del río se encuentran sumergidas por el embalse creado detrás de la presa. Los dispositivos de regulación dentro de la corriente, como vertederos y esclusas, crean áreas inundadas de manera permanente dentro del cauce principal, anulando de ese modo las funciones ecológicas que se asocian normalmente a los fenómenos de crecidas.

#### ***Presas de control de crecidas y sus embalses***

Las presas de control de crecidas almacenan en el embalse toda o una parte del agua de la crecida, particularmente durante las crecidas máximas, y después descargan el agua lentamente. Por lo general, la principal utilidad de estas presas es la de almacenar una parte del volumen de la crecida para retardar y atenuar la punta de crecida río abajo. El espacio dentro de un embalse generalmente se reserva para almacenar las crecidas inminentes. Basándose en las predicciones hidrológicas, el embalse se regula de manera que sea mínima la posibilidad de puntas de crecida al mismo tiempo en varios afluentes que se sincronicen en el cauce principal del río aguas abajo. Las crecidas pequeñas o medianas generadas en la cuenca aportadora se represan totalmente en los embalses. Sin embargo, los fenómenos de crecidas extremas sólo se atenúan parcialmente y se retrasa su transformación aguas abajo. La magnitud de la atenuación depende de la capacidad de almacenamiento disponible en relación con la magnitud del fenómeno de crecida. El principal criterio de ejecución

para evaluar los beneficios del control de crecidas de un embalse es, por consiguiente, la magnitud de la reducción del caudal punta durante los fenómenos extremos<sup>46</sup>.

Muchas presas tienen propósitos múltiples y la gestión de crecidas puede ser necesaria sólo durante unos días o semanas de un año en particular. Los conflictos potenciales entre los objetivos de la gestión de crecidas (para los que se requiere espacio de almacenamiento en el embalse) y la generación de energía hidroeléctrica y la irrigación (para las que es deseable mantener la capacidad de almacenamiento tan llena como sea posible) hacen difícil el funcionamiento de un embalse con propósitos múltiples. Cuando se asigna agua para varios usos, también debe tomarse en cuenta la necesidad de mantener los caudales ambientales<sup>47</sup>. Esto no sólo debe guiarse por el porcentaje de los flujos totales descargados, sino también por la necesidad de emular la variabilidad de desagües aguas abajo de un embalse de almacenamiento a fin de mantener unas condiciones casi prístinas (véase el Recuadro 3).

### **La calidad del agua**

El almacenamiento de agua en los embalses altera la calidad de ésta. Los embalses con gran almacenamiento de agua tienden a estratificarse y por eso el agua del fondo está mucho más fría. El agua descargada de esos embalses, a través de los desagües provistos cerca del fondo, puede resultar en temperaturas río abajo mucho más frías a las que los peces autóctonos quizás no estén adaptados<sup>48</sup>. El efecto puede ser incluso mayor en los invertebrados acuáticos. Los caudales relativamente constantes pueden originar temperaturas constantes que afectan a las especies que dependen de las variaciones de temperatura para su reproducción o crecimiento. Cuando los cursos de agua se drenan excesivamente, debido a la extracción de agua para la irrigación o durante los períodos sin generación de energía, los caudales anormalmente bajos pueden

#### **Recuadro 3. Caudales ambientales**

El concepto de *caudal ambiental* es sencillo. Significa que en nuestros ríos queda suficiente agua, que se gestiona de modo que asegure beneficios ambientales, sociales y económicos río abajo.

Un caudal ambiental es el régimen hídrico que se establece en un río, humedal o zona costera para sustentar ecosistemas y sus beneficios donde hay empleos del agua que compiten entre sí y donde los caudales están regulados. Debe distinguirse la cantidad de agua que se necesita para sustentar un ecosistema en su estado cercano a prístino y la que podría eventualmente asignarse al mismo, luego de un proceso de evaluación ambiental, social y económica. Esta última recibe el nombre de caudal ambiental y será un caudal que sustente el ecosistema en un estado menos que prístino.

Para definir las necesidades de agua:

- la sociedad bien informada debe decidir las asignaciones de la misma;
- se deben llevar a cabo evaluaciones de caudal ambiental como parte de la planificación de la cuenca fluvial; y
- se deben establecer caudales ambientales por medio de una gestión activa o restrictiva del caudal.

También es importante tomar conciencia de que no hay ningún método, óptica o marco mejores que otros para establecer y poner en práctica caudales ambientales con una infraestructura nueva o existente. Las nuevas presas ofrecen la oportunidad de establecer caudales ambientales. Para ello, puede ser necesaria la creación de un marco político y legal así como medios suficientes para cubrir los costos de las medidas que deben ser tomadas mediante incentivos y obstáculos.

*Fuente:* Dyson, M., G. Bergkamp y J. Scanlon (2003), *Caudal - Elementos esenciales de caudales ambientales*, Gland (Suiza) y Cambridge (Reino Unido), UICN The World Conservation Union, trad. José María Blanch.



Presa Kerr en el río Flathead, EE.UU.

calentarse más fácilmente, conteniendo así menos oxígeno disuelto. Sin embargo, en invierno tales corrientes se pueden enfriar demasiado e incluso a veces congelarse.

En los embalses, los procesos anaeróbicos (productores de metano) y las poblaciones de algas tienden a predominar si existe un exceso de nutrientes (materia orgánica, nitrógeno y fósforo) en el agua y el sedimento. En esos embalses puede ocurrir una eutrofización, que tiene como resultado el crecimiento excesivo de algas y la desoxigenación del agua. El proceso tiene lugar debido a la falta de mezcla y transferencia de oxígeno en el agua estancada. En climas más calurosos, los embalses con un aumento de eutrofización pueden padecer de la floración de algas tóxicas, el crecimiento excesivo de las plantas acuáticas como el jacinto de agua y la producción de metano.

### ***Sedimentos y materia orgánica***

Las presas también afectan al flujo natural de los sedimentos y de la materia orgánica. Cuando el caudal del río aminora su velocidad en el embalse, el transporte de sedimentos disminuye y el sedimento suspendido junto con la materia orgánica, que suministra los nutrientes vitales para las redes alimentarias río abajo, también disminuye y no llega al ecosistema río abajo. El limo orgánico en su mayoría queda retenido en el embalse, en lugar de fertilizar los ecosistemas de las planicies de inundación río abajo y los ecosistemas estuarinos y costeros. La eliminación o reducción de los fuertes fenómenos de crecida cambia la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas de la planicie de inundación río abajo. Como el río permanece dentro de su cauce por largos períodos de tiempo, se pierde la conectividad lateral entre el cauce del río y sus humedales periféricos.

La disponibilidad de recursos para la cadena alimentaria río abajo se ve afectada de diferentes formas. El embalse exporta plancton y algas en las descargas de caudal. En cambio, habrá una escasez de materia orgánica como madera y hojas que se retienen en el embalse. En la mayoría de los casos, la turbiedad del agua río abajo disminuye después de un embalse, lo que puede conducir al aumento de la productividad primaria en la zona. Debido a la carga de nutrientes de las descargas del embalse, puede darse un crecimiento de algas

en las aguas del cauce inmediatamente después de las presas. Con la disminución de la magnitud de las crecidas aguas abajo de una presa, hay una invasión de una nueva variedad de plantas en los bancos de arena e islas del río, que produce la reducción de la capacidad hidráulica del río durante una inundación.

El agua limpia de sedimentos que se descarga de las presas puede erosionar los sedimentos más finos del cauce receptor, socavando de ese modo el lecho fluvial y los márgenes del río aguas abajo hasta que se restablece el equilibrio del arrastre de fondo. También puede producir el engrosamiento del lecho fluvial, lo que por su parte reduce la disponibilidad de hábitats para muchas especies acuáticas que viven o usan los espacios intersticiales. Sin nuevas fuentes de sedimento, se pierden con el tiempo los bancos de arena y grava en los laterales y en el interior de los ríos, junto con los hábitats y las especies que éstos sustentan. Además, cuando el cauce del río se corta, la capa freática subyacente a la zona ribereña también desciende, afectando de ese modo a la composición de las comunidades vegetales dentro del corredor fluvial.

### ***La conectividad longitudinal***

Las especies que habitan el río siguen varios modelos migratorios. Los peces anádromos, como el salmón, suben a los ríos para desovar y los jóvenes descienden al mar. En cambio, los peces catádromos, como las anguilas, se trasladan río abajo a poner los huevos, mientras sus jóvenes emigran aguas arriba. Las presas pueden impedir o dificultar el pasaje de peces, invertebrados y algunos animales terrestres, interrumpiendo así la conectividad longitudinal del corredor fluvial. Las poblaciones de peces nativos en particular se ven afectadas, ya que las especies fluviales que dependen del régimen de flujo natural desaparecen aguas abajo de la presa.

### ***El funcionamiento de los embalses***

Un cambio en la periodicidad, la frecuencia y la magnitud de las crecidas naturales puede tener efectos negativos en los hábitats terrestres y acuáticos. Tales efectos en el hábitat físico y en la diversidad biológica no se comprenden en su totalidad. Por consiguiente, el diseño de presas y el funcionamiento de los embalses desempeñan un papel imprescindible en la preservación de los diversos procesos naturales que tienen lugar en el río. Por razones ecológicas, el tiempo de la limpieza por descarga de caudal debe coincidir preferiblemente con las necesidades biológicas o con períodos históricos de crecidas, ya que la biota está adaptada a ese régimen. La gestión de las descargas de crecidas puede ayudar a preservar estos procesos naturales y los ecosistemas de los humedales que se encuentran en las planicies de inundación río abajo así como los medios de subsistencia que de ellos dependen. El uso del agua almacenada en un embalse para mantener el ecosistema de un corredor fluvial depende de las relaciones ecológicas que determinan la productividad y la biodiversidad dentro de una cuenca aportadora y su planicie de inundación. La comprensión y la modelización de esas relaciones podría decirse que es uno de los mayores desafíos para el buen funcionamiento de los embalses. En el Recuadro 4 se detallan los diferentes pasos en la planificación, el diseño y las fases de ejecución de un proyecto para la gestión de las descargas de crecidas.

En la gestión del funcionamiento de los embalses, la decisión relativa a la duración de descarga del caudal y la forma del hidrograma de crecida artificial debe formar parte del diseño del proyecto y estar basada en las necesidades ecológicas descritas anteriormente. También es importante mantener o restaurar el régimen de temperatura natural estacional de los flujos descargados mediante estructuras de tomas múltiples y/o de varias profundidades; evitar la sedimentación en el embalse, ya que ésta puede provocar una degradación acelerada del lecho en los tramos del río ulteriores a la presa; y permitir el paso de los peces por encima de diques y presas, en ambas direcciones.

#### Recuadro 4. Directrices para la gestión de la descarga de crecidas

Los diez pasos siguientes se han diseñado a partir de un enfoque estratégico de las fases de planificación, diseño y aplicación del ciclo de un proyecto. El orden de estos pasos puede variar según las circunstancias que rodean a la presa, el embalse o la planicie de inundación río abajo o delta en cuestión.

##### Planificación

Paso 1: definir objetivos generales para la descarga de crecidas.

Paso 2: evaluar la viabilidad general.

##### Diseño

Paso 3: lograr la participación plena de los interesados y de asesores técnicos.

Paso 4: definir los vínculos entre las crecidas y el ecosistema.

Paso 5: definir las opciones de descarga de crecidas.

Paso 6: evaluar los efectos de las opciones de crecidas.

Paso 7: seleccionar la mejor opción de crecidas.

##### Aplicación

Paso 8: diseño y construcción de obras de ingeniería.

Paso 9: efectuar descargas.

Paso 10: supervisar, evaluar y adaptar el programa de descargas.

*Fuente:* Folleto sobre la gestión de descarga de crecidas *Managed Flood Releases; Reservoir operation to restore and maintain downstream wetland ecosystems and their dependent livelihood*, Wallingford (Reino Unido), Departamento para el Desarrollo Internacional, Centro para la Ecología e Hidrología.

## 5.2 Diques

Los diques (también llamados terraplenes o malecones en algunos países) se construyen principalmente de tierra y se utilizan para confinar el caudal dentro de una zona específica del cauce o para prevenir la inundación debida a las olas del mar o las mareas. Los diques deben ser resistentes a la presión hidrostática de las crecidas, la erosión, las averías de tuberías y las pérdidas por infiltración. Asimismo, en combinación con los diques, se añaden obras de protección del río como espigones, tarugos, revestimientos, etc. a fin de cumplir sus objetivos. Desde tiempos remotos, los diques han cumplido una función vital protegiendo de inundaciones frecuentes a los habitantes de las planicies de inundación y continúan siendo la opción más apoyada de la gestión de crecidas.

### **La conectividad lateral**

Al contener el caudal entre los diques e impedir así la inundación estacional de la planicie, se restringe la zona de esta última expuesta a inundaciones. Esto trastorna la conectividad hidrológica lateral del corredor fluvial y tiene diversas consecuencias en la ecología del cauce y su planicie de inundación. Asimismo, los diques que se encuentran demasiado cerca del cauce principal disminuyen la heterogeneidad natural de la planicie de inundación e impiden la creación de nuevos cauces laterales y zonas de humedales. Esta reducción en la heterogeneidad del hábitat puede causar un efecto dramático en las poblaciones de peces, porque muchos remansos que se conectaban periódicamente con la corriente principal de agua durante las crecidas del río ya no reciben los flujos estacionales. Estos remansos pueden ser zonas esenciales de cría y alimentación para los peces (véase la Figura 6).

La falta de inundación de la planicie reduce la pérdida de transmisión y recarga de aguas subterráneas, lo que a su vez afecta gravemente a los recursos de aguas subterráneas y sus consiguientes beneficios ecológicos



Diques en el río Amarillo, China

y económicos. Esto tiene consecuencias en las interacciones entre el caudal de base y las aguas subterráneas y degrada los hábitats fluviales. El agua de crecida que se extiende sobre las planicies de inundación mejora la fertilidad de los suelos depositando limo, intercambiando nutrientes y carbono entre la planicie de inundación y el cauce, creando nuevos hábitats y restableciendo en la planicie de inundación refugios y zonas de desove para las especies fluviales. Los diques reducen la fertilidad de la planicie de inundación dado que ya no permiten que se depositen e intercambien sedimentos y sus nutrientes.

Puesto que los diques no pueden garantizar la prevención absoluta contra crecidas, se pueden construir con el objetivo de prestar sólo un nivel moderado de protección. El grado de protección generalmente dependerá de consideraciones económicas. Por ejemplo, puede ser apropiado proteger las tierras agrícolas contra las crecidas que tienen un período de retorno de diez años y permitir la inundación durante las crecidas más altas y así mantener al mismo tiempo los beneficios naturales de la inundación (por ejemplo, la distribución de nutrientes y sedimentos ricos en materia orgánica). Los diques que se diseñan para proteger las zonas urbanas e industriales deben combinarse con canales de derivación o de desviación y/o con embalses de laminación o de retención. Es necesario darle la debida importancia a los efectos medioambientales de la construcción de diques en el momento de decidir su diseño.

### ***El espaciado entre los diques***

Al diseñar la alineación de nuevos diques, no hay que perder de vista sus posibles efectos negativos. En particular, se debería destinar esfuerzos a incluir los cuerpos de agua de las planicies de inundación, como los estanques, humedales, lagos oxbow, etc., entre los diques, colocándolos tan separados entre sí y tan lejos del cauce principal como sea factible.

Por lo general, los diques tienen como resultado cortes transversales de cauce único, trapezoidales y con lados escarpados en lugar de cortes transversales más naturales con cauces múltiples, con taludes suaves y planicies de inundación de superficie extendida. Al reducir la zona que puede ser inundada y al mantener una mayor

proporción del caudal en un cauce principal de menor rugosidad, los diques disminuyen el tiempo de recorrido y aumentan las puntas de crecidas río abajo. Una alta proporción anchura-profundidad de los cauces con diques los hace intrínsecamente inestables durante las crecidas, por lo que necesitan un mantenimiento continuo.

La extracción o la ubicación más alejada del río de los diques en algunas partes de las planicies de inundación que no son objeto de uso intensivo para el desarrollo humano puede producir niveles y velocidades de caudal inferiores, que se traducirán en un almacenamiento mayor en el cauce y una reducción de las puntas de crecida río abajo. En determinadas situaciones en las que las planicies de inundación se usan de manera intensa para las actividades económicas, ésta podría no ser una opción viable. En esos casos, una posible opción para restaurar en parte la interacción entre las planicies de inundación y el río es colocar los diques más lejos del cauce principal para así restablecer parcialmente la conexión lateral con los humedales y los remansos de la planicie de inundación y restaurar la capacidad del río de moverse libremente. Esto también reduce la velocidad de la corriente, produce niveles más bajos de crecidas y restaura en parte las funciones naturales de la planicie de inundación, entre ellas, el almacenamiento temporal de la crecida. Un corredor fluvial es un sistema enormemente complejo que no puede ser construido artificialmente. Por consiguiente, se necesita un enfoque integrado y exhaustivo para llevar a cabo la extracción de diques, incluida la planificación del uso de la tierra. En cualquier situación específica deben tomarse en cuenta la magnitud, frecuencia y características de las crecidas así como la ubicación geográfica y los antecedentes socioeconómicos de la región.

### **5.3 Embalses de laminación y de retención**

Los embalses de laminación y de retención son depresiones naturales o excavaciones que pueden utilizarse para el almacenamiento temporal de las aguas de la crecida a fin de reducir la punta de crecida río abajo. Los embalses de laminación son similares a los embalses de retención salvo por el hecho de que los segundos no tienen desagües controlados. Los embalses de laminación retienen el agua temporalmente y luego la descargan lentamente a través de un canal de desagüe natural o artificial, mientras que el agua recogida en los embalses de retención se filtra lentamente en la tierra o se evapora. Según la topografía, el tipo y tamaño de los embalses de laminación y de retención pueden ser diferentes. Pueden ponerse en funcionamiento en la fase deseada de una onda de crecida, permitiendo la reducción del caudal punta río abajo. La mayoría de las veces, las depresiones naturales también se usan con fines agrícolas.

Las crecidas almacenadas temporalmente fluyen hacia un desagüe natural o río pocos días después dependiendo del tamaño de la cuenca, la capacidad de drenaje del caudal efluente y la necesidad de reservar espacio para las ondas de crecida posteriores. Sin embargo, en el caso de los embalses de retención, las crecidas pueden permanecer almacenadas durante días o meses, ya que estas últimas sólo pueden descargarse mediante infiltración o evaporación. Estos embalses generalmente no alteran el equilibrio del sedimento y la materia orgánica del río. Sus efectos en el régimen de flujo natural del río dependen de las características de su caudal afluente y de las normas de funcionamiento. Cuando los flujos de crecidas se conservan sólo durante unos pocos días, no puede haber ningún cambio importante en la calidad del agua. Sin embargo, si se almacena el agua durante períodos largos de tiempo, los cambios en la calidad del agua podrían ser similares a aquéllos que ocurren en los estanques, como el aumento de la temperatura, la disminución del oxígeno disuelto (DO), la eutrofización, etc.

Estos embalses pueden ser construidos para funcionar como humedales artificiales o como estanques permanentes y así ayudar a crear hábitats para las especies acuáticas y semiacuáticas. Una opción útil para una gestión ecológica de las crecidas es utilizar como humedales y estanques las graveras cercanas a las

planicies de inundación o que se encuentran en ellas, sobre todo alrededor de ciudades grandes, para crear de ese modo hábitats de fauna silvestre y además servir para fines recreativos. También pueden cumplir una valiosa función creando conciencia en la población local acerca de los riesgos de crecidas así como de la biodiversidad, si se diseñan y gestionan con esos objetivos en mente.

En muchos países de las regiones monzónicas de Asia, los arrozales con un diseño apropiado pueden usarse para la detención de crecidas, brindando beneficios externos más allá de su función básica de producción. Estas funciones múltiples incluyen, en especial, la atenuación de los estragos de las crecidas y otras formas de conservación natural de los suelos, así como la recuperación de los recursos hídricos<sup>49</sup>.

## 5.4 Canales de derivación y de desviación

Los canales de derivación desvían los flujos del río de un punto aguas arriba de una zona que requiere protección. Estos flujos desviados pueden descargarse de nuevo en el mismo río, que aquí denominaremos *canal de derivación*, o en otra red de drenaje natural cercana, aquí denominada *canal de desviación* (véase la Figura 9). Los flujos en los canales de derivación y de desviación están regulados por compuertas. El funcionamiento de un canal de derivación depende principalmente de su ubicación, longitud, capacidad de carga y características del conducto de entrada.

Aunque un canal de derivación reduce la magnitud de la inundación en la zona del desvío, también puede aumentar la inundación en los tramos posteriores del río ya que las avenidas pasan rápidamente a través de él. Un canal de desviación puede aumentar la posibilidad de inundación en la red de drenaje receptora río abajo si los flujos desviados son mayores que su capacidad de carga. Los embalses de laminación o de retención, construidos al mismo tiempo que el sistema de derivación, pueden evitar esas situaciones.

Los efectos de los canales de derivación y de desviación en el equilibrio del sedimento dependen de que la toma permita o no el paso del arrastre de fondo desde el río hasta la derivación. Si el canal de derivación sólo

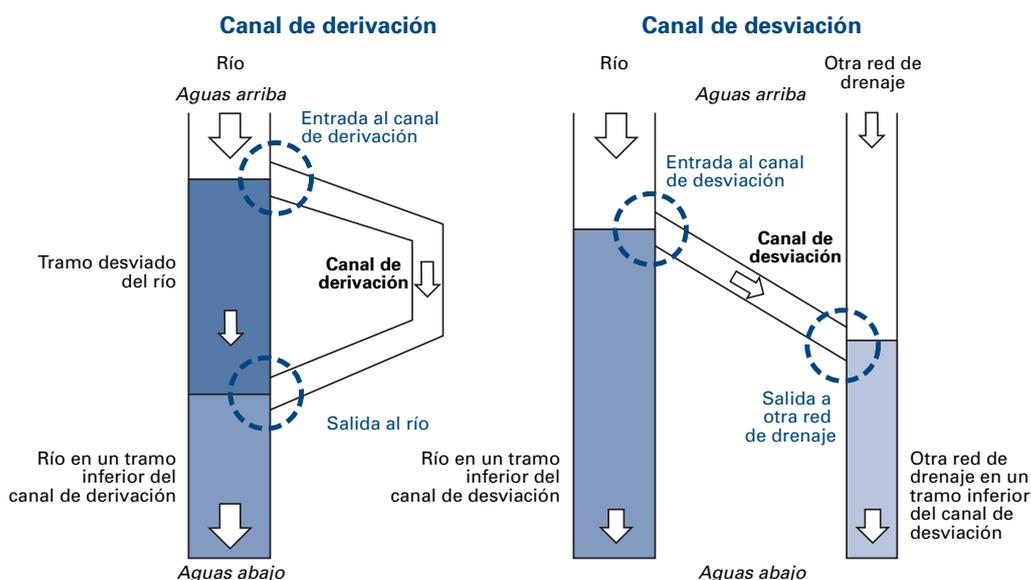


Figura 9. Canal de derivación y canal de desviación

extrae las aguas de crecida del río que no llevan su porción de arrastre de fondo, el aumento de la concentración de sedimentos en el tramo del río objeto de la derivación puede causar allí deposición que conduce a una agradación. Junto con la posterior invasión de la vegetación ribereña, ello potencialmente puede disminuir la capacidad hidráulica en el tramo objeto de la derivación. Esto se puede evitar si el canal de derivación está diseñado apropiadamente para extraer su porción de carga de fondo del río. Ello permite que el tramo objeto de la derivación logre un nuevo equilibrio dinámico bajo los nuevos regímenes de flujo y sedimento, manteniendo su salud ecológica. Lo mismo puede decirse en el caso de un canal de desviación después de que se haya logrado un nuevo equilibrio dinámico de la red de drenaje en el lugar en el que se descarga el canal de desviación.

Sin embargo, si un canal de derivación desvía los flujos en todas las fases, afectando así al caudal de estiaje, es probable que se vean afectados los hábitats y la vegetación del tramo desviado del río. Con los flujos reducidos en el brazo principal del río, la vegetación del margen de la corriente puede invadir el cauce del río, cambiando de ese modo sus características físicas. A menudo tales condiciones alteradas de flujo favorecen el crecimiento de especies exóticas que ejercen una presión de supervivencia todavía mayor en las especies autóctonas. Un canal de derivación no tiene un efecto apreciable en la calidad del agua del río o de las crecidas desviadas.

## 5.5 La canalización

Los proyectos de canalización se llevan a cabo para aumentar la profundidad del caudal necesaria para la navegación y/o para reducir las inundaciones, aumentando la capacidad hidráulica total, reduciendo la fricción y



SCHINICHI YOSHIMURA

Canal restaurado en el río Itach, Japón

confinando los caudales en un solo canal. Esto puede lograrse enderezando, ensanchando, ahondando, realineando y/o revistiendo (forrando) el cauce. Los grandes pedazos de madera incrustados en el fondo del río causan remansos localizados que producen la acumulación del sedimento, la creación de bancos y el crecimiento de la vegetación consiguiente. La eliminación de ese material cambia considerablemente los regímenes de caudal y de deposición de sedimentos y se utiliza como una técnica de canalización.

La canalización simplifica la forma del cauce y el entorno de la planicie de inundación enderezando y homogeneizando el cauce y desconectándolo de los elementos propios de los cauces laterales. Los cursos de agua, al ser canalizados, no sólo se enderezan, lo cual aumenta su pendiente, sino que también pierden parte de su rugosidad, lo que hace que el agua fluya con mayor rapidez y aumente la fricción. El efecto final es la atenuación de la inundación en una zona a expensas de la inundación agravada en tramos ubicados río abajo.

La canalización tiene consecuencias negativas para el medio ambiente. Los beneficios de capacidad hidráulica de las crecidas debidos a la canalización a menudo se ven contrarrestados por las pérdidas ecológicas que se desprenden del aumento de las velocidades y la reducción de la diversidad del hábitat. La canalización elimina los bancos de sedimentos y la estructura de rabiones y pozas que son necesarios en las diferentes etapas del ciclo vital de algunos organismos acuáticos. Las modificaciones dentro del curso de agua, como un corte transversal uniforme y el revestimiento, tienen como resultado que haya menos hábitats para los organismos que viven en los sedimentos de la corriente o en su superficie. Al endurecer los márgenes de un río, a través del uso de pedraplén u hormigón, puede producirse un aumento de la profundidad de socavación del cauce durante las avenidas. Para atenuar en parte las consecuencias negativas, es importante hacer uso de técnicas como revestimientos blandos, bioingeniería de los suelos, pavimentos porosos, bajíos cubiertos de hierba, etc. El revestimiento y soporte de los bancos del río sin el uso de hormigón (estacado, acolchonamiento, uso de geotextiles, etc.) puede preservar parcialmente algunas funciones del ecosistema fluvial.

## **5.6 Medidas no estructurales**

Las medidas estructurales nunca pueden eliminar por completo el riesgo de inundaciones. No obstante, por su presencia física, pueden dar una falsa idea de seguridad, que puede conducir al uso inadecuado de la tierra en las zonas protegidas. Las medidas no estructurales cumplen una función importante en la reducción no sólo de las consecuencias catastróficas de los riesgos residuales, sino también de los efectos negativos en el medio ambiente. Un tratamiento exhaustivo de las medidas no estructurales está más allá del alcance de esta publicación. Por esta razón, en este apartado sólo se van a presentar algunas de las medidas no estructurales pertinentes para la reducción de los efectos negativos en el medio ambiente y la manera en que pueden ayudar a proteger este último.

### ***Predicción y alerta de crecidas***

De todas las medidas no estructurales, la predicción y alerta de crecidas es la más ampliamente aceptada y se lleva usando desde la segunda mitad del siglo XX. Es un complemento de casi todas las demás medidas estructurales así como de las no estructurales. La predicción de crecidas es esencial para estimar cuándo es probable que una crecida cause pérdidas materiales o humanas, cuál será su magnitud (normalmente por lo que se refiere a su fase máxima en un lugar en concreto) y cuánto tiempo durará. Las predicciones de crecidas se formulan y emiten con un cierto tiempo de antelación que permite a las autoridades competentes tomar medidas preventivas y de emergencia. Las autoridades pueden responder de manera apropiada

mediante la utilización de presas, la apertura y cierre de las compuertas de varias estructuras de gestión de crecidas, las descargas anticipadas de caudal para aumentar la capacidad de almacenamiento de un embalse, etc. La efectividad de un sistema de predicción y alerta de crecidas es la suma tanto de la exactitud, oportunidad y alcance de la predicción como la preparación y las pautas de la respuesta. La predicción de los caudales afluentes a los embalses, embalses de laminación, canales de derivación, etc. cumple una función importante en la atenuación del caudal punta. Es importante preparar directrices para el funcionamiento de los embalses que cubran varios escenarios y efectuar descargas de crecidas gestionadas en función de las predicciones.

### **Reglamentación del uso de la tierra**

La gestión de una cuenca consiste en llevar a cabo intervenciones que afectan a los procesos hidrológicos y que incluyen la introducción de vegetación y cultivos adecuados que protejan los suelos, una posible reglamentación del uso de la tierra, la repoblación forestal, una mejor explotación de los bosques, el control de la agricultura itinerante junto con obras secundarias de ingeniería, por ejemplo, presas de retención, zanjas, diques en curva de nivel, etc. Sin embargo, el alcance de las medidas de gestión de cuencas se limita a las crecidas pequeñas, con efectos menores en las cuencas de mayor extensión. La contribución más importante de la gestión de cuencas es la reducción de la carga de limo que traen los ríos y que provoca la agradación de la naturaleza.

La reglamentación del uso de la tierra desempeña una función importante en la gestión de cuencas y en la reducción de los riesgos debidos a inundaciones. El cambio en el uso de la tierra, debido en particular a la urbanización, tiene repercusiones significativas en la magnitud y periodicidad de las crecidas en las cuencas pequeñas; aumenta las puntas de crecida debido a la reducción de la infiltración; reduce el tiempo de concentración; y acorta la duración de la crecida. La reglamentación del uso de la tierra a través de normas de construcción puede ayudar a prevenir las consecuencias negativas debidas a la urbanización o restringir el desarrollo de tal manera que no se alteren las características de la respuesta hidrológica de la cuenca.

La planicie de inundación, como parte esencial del corredor fluvial, ofrece posibilidades a diferentes actividades económicas. Los efectos perjudiciales de las inundaciones pueden reducirse por medio de reglamentos y en ocasiones la prohibición de ciertas actividades y nuevos proyectos de desarrollo en las zonas de alto riesgo de inundación<sup>50</sup>. Estos reglamentos pueden presentarse en forma de normas del uso de la tierra, reglamentos de parcelación, códigos de construcción, políticas de desarrollo y repartición de costos mediante rectificación de impuestos, etc. La ubicación de las industrias que producen o almacenan productos químicos peligrosos, de las plantas de tratamiento de aguas residuales y de las actividades como el almacenamiento de productos químicos peligrosos que pueden potencialmente ser dispersados por las inundaciones, deben regularse a través de esa reglamentación. Los mapas de riesgo de inundaciones son un requisito previo esencial para elaborar una reglamentación del uso de la tierra.

La gestión de la planicie de inundación de manera rigurosa y ecológica requiere un marco legal, sobre todo en aquellos casos en los que sea necesario aplicar una reglamentación. En planicies con alta densidad de población —habitadas en su gran mayoría por personas sin tierra— las soluciones equitativas son siempre opuestas. En tales situaciones, los gobiernos pueden encontrar dificultades para refrenar la invasión de la población. Es útil en esos casos un régimen legal dinámico, que tenga en cuenta las necesidades tanto ecológicas como económicas. El seguro de inundación, otra medida no estructural, se complementa en gran medida con un programa de ordenación territorial de la planicie de inundación.

## **Protección contra inundaciones**

En aquellos lugares en los que la magnitud del desarrollo actual es considerable, se puede pensar en la adopción de estrategias alternativas como la protección contra inundaciones de los elementos situados en la zona inundable. La protección contra inundaciones, que consiste en una combinación de medidas no estructurales y estructurales secundarias a largo plazo, así como también de medidas de emergencia, es importante no sólo para reducir los daños causados por la inundación, sino también para prevenir efectos negativos en el medio ambiente como la difusión de contaminantes. Incluye la prestación de servicios de drenaje rápido como la limpieza de canales de desagüe primarios y secundarios y de obras de drenaje transversal obstruidas, antes del comienzo de la temporada de inundaciones. Las medidas de protección contra inundaciones incluyen, entre otras, la evacuación de bienes, equipos y productos químicos industriales, agrícolas y domésticos peligrosos, fuera de la zona inundable o fuera del contacto con las aguas de la crecida, construyendo diques en terrenos elevados o pequeñas obras de contención. Las instalaciones existentes para el suministro de agua potable pueden estar expuestas a la contaminación. La disposición de sistemas de alcantarillado y de infraestructura de tratamiento de aguas residuales situados en las planicies de inundación pueden causar molestias y la propagación de enfermedades y contaminación, afectando así a la salud de la población. Habrá que hacer previsiones para la protección de esa infraestructura.

### **Preparación, respuesta y recuperación en casos de emergencia**

El elemento esencial en la reducción de daños producidos por las crecidas es la preparación y respuesta en casos de emergencia. Se debe mejorar y mantener la sensibilización de la comunidad al riesgo de inundaciones, con una comprensión clara por parte de la misma de su función de reaccionar apropiadamente a las situaciones de emergencia. Esto es esencial para organizar una evacuación coordinada de la zona afectada y mantener condiciones saludables e higiénicas en las zonas inundadas. La información sobre las rutas de evacuación, la identificación de los refugios de emergencia y otras acciones debe estar de antemano a disposición de todos los afectados. Se debe disuadir a la población a menudo amenazada por las inundaciones de almacenar productos químicos peligrosos durante la temporada de crecidas, hacerla consciente de los contaminantes probables que se puede encontrar en las aguas de inundación y aconsejarla sobre las maneras de evitar los efectos negativos de las inundaciones. Las medidas tomadas durante las inundaciones para prevenir daños, como desviar las crecidas de las áreas sensibles, se conocen generalmente como *lucha o combate contra las inundaciones*. Cuando las obras de protección y control de crecidas y otros tipos de medidas han fallado o han sido insuficientes para superar totalmente los efectos de la inundación, estas medidas de emergencia resultan eficaces para atenuar el efecto de las crecidas en el medio ambiente y en la sociedad.

Después de una crecida, las operaciones de limpieza se realizan en situación de emergencia y, por ello, puede que se preste poca atención a la descarga de la basura y los escombros. Si no se planificó de antemano, éstos pueden terminar en los canales de drenaje, estanques, humedales o ríos, lo cual tiene repercusiones en los ecosistemas naturales. Debe darse prioridad a la recuperación del suministro de agua potable, pozos, sistemas de alcantarillado e infraestructura sanitaria. La difusión de productos químicos durante las inundaciones puede tener consecuencias catastróficas para los ecosistemas terrestres por lo que es necesario proceder a su limpieza lo antes posible. Estas operaciones de limpieza requieren una atención especial en la fase posterior de recuperación para evitar los efectos negativos a largo plazo.

## Vivir con las inundaciones

“Vivir con las inundaciones” —una práctica sempiterna en muchas partes de Asia— acepta que, como no es posible eliminar completamente las inundaciones, se pueden reducir sus efectos negativos mediante la comprensión de sus riesgos, buscando la solución a la modificación de este proceso de generación de riesgos de una manera holística y minimizando los asentamientos humanos en las zonas expuestas a inundaciones. Esta estrategia, junto con las medidas no estructurales como la planificación del uso de la tierra, la predicción y alerta de crecidas y la planificación de emergencia, puede ayudar a mantener a un nivel más bajo los efectos negativos de las crecidas para el medio ambiente. El concepto de “vivir con las inundaciones”, en lugar de luchar contra ellas, es la manera más eficaz de preservar los ecosistemas.

## 5.7 En resumen

Para atenuar los efectos negativos en el medio ambiente causados por las medidas estructurales de gestión de crecidas y preservar de esa manera la salud del ecosistema fluvial, se deben tener en cuenta las cuestiones siguientes:

- muchas de las medidas de gestión de crecidas pueden tener repercusiones hidrológicas, morfológicas y medioambientales consecuentes, además de repercusiones considerables en el desarrollo socioeconómico;
- las medidas no estructurales de la gestión de crecidas como la reglamentación del uso de la tierra; la predicción y alerta de crecidas; y los mecanismos de prevención, preparación y respuesta frente a los desastres han limitado las consecuencias medioambientales y deben ser consideradas seriamente como opciones viables y como medidas o bien independientes o bien complementarias;
- las presas se construyen principalmente para satisfacer las demandas de agua de varias actividades económicas como la generación de energía, la irrigación y el suministro de agua potable. Las funciones que cumplen las presas en la gestión de crecidas son por lo general de carácter secundario;
- cuando se asigna agua para diferentes usos, debe tomarse en cuenta la necesidad de mantener “los caudales ambientales”. Se debe ajustar adecuadamente el diseño y funcionamiento de las presas existentes y propuestas a fin de mantener al mínimo sus efectos en el medio ambiente;
- la salud ecológica de un corredor fluvial no depende sólo de la calidad del agua o del porcentaje total de los caudales descargados, sino también de la cantidad y periodicidad variables por naturaleza de las crecidas a lo largo del año;
- el funcionamiento de un embalse mediante la gestión de las descargas de crecidas puede ayudar a mantener condiciones ecológicas casi prístinas. Asimismo, el funcionamiento ecológico de los canales de derivación y embalses de laminación y de retención puede ayudar a preservar la salud ecológica de los ecosistemas fluviales;
- al diseñar las obras de contención, deben mantenerse al mínimo los efectos de la desconexión lateral espaciando los diques correctamente y evaluando y equilibrando adecuadamente las consecuencias económicas y medioambientales. La extracción y el desplazamiento de diques, donde sea factible, debe realizarse después de un estudio exhaustivo;
- la canalización como opción para la atenuación de crecidas debe evitarse en la medida de lo posible. Sin embargo, si se elige esa opción, debe considerarse el uso de la bioingeniería de suelos y el revestimiento blando, para no comprometer los objetivos de la gestión de crecidas y al mismo tiempo atenuar sus efectos en el medio ambiente.

**Cuadro 3. Efectos de las medidas estructurales en los procesos de varios corredores fluviales y posibles medidas de atenuación**

		Efectos en el medio ambiente	Posibles medidas de atenuación
Presas y embalses	Régimen de caudal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menor variabilidad estacional del caudal, es decir, aumento de los caudales de estiaje y disminución de las crecidas.</li> <li>Mayor fluctuación del caudal por hora y por día.</li> <li>Cambios en la frecuencia y la periodicidad de las crecidas (los efectos dependen de la capacidad del embalse y del diseño y funcionamiento de la presa).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Descargas de agua reguladas por el funcionamiento del embalse, que provoquen la variabilidad estacional del caudal.</li> <li>Estructuras de tomas múltiples y/o de profundidad selectiva para mantener el régimen de temperatura estacional natural y la calidad del agua de los flujos vertidos, en los tramos más abajo de las presas.</li> <li>Permitir el paso de los peces por encima de los vertederos y presas, en ambas direcciones.</li> <li>Dispositivos apropiados de desviación de sedimentos.</li> <li>Desviar los residuos leñosos grandes.</li> </ul>
	Estructura del sedimento/cauce	<ul style="list-style-type: none"> <li>Todo el sedimento excepto la fracción de la carga en suspensión queda atrapado en el embalse.</li> <li>La reducción del sedimento aguas abajo conduce a la posible degradación acelerada del lecho y a la erosión de los márgenes en el tramo inmediatamente posterior a una presa.</li> <li>Posibles cambios en la composición del material del lecho y en la configuración del cauce río abajo de la presa (por ejemplo, de trezado a canal sencillo).</li> <li>Invasión de la vegetación ribereña, que disminuye la capacidad hidráulica del cauce.</li> <li>Posible erosión de la costa.</li> </ul>	
	Calidad del agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>La descarga constante de agua fría de las capas profundas del embalse reduce la variabilidad de temperatura del agua río abajo.</li> <li>Posible aceleración de la eutrofización, debido a la incorporación y retención de los nutrientes en el embalse.</li> <li>Las descargas a través de vertederos de caída muy profunda pueden causar embolia gaseosa en los peces debido a la disolución de nitrógeno en el agua.</li> <li>La turbiedad del agua disminuye, lo que puede ocasionar el aumento de la productividad primaria.</li> <li>El embalse exportará el plancton aguas abajo, cambiando la disponibilidad de alimentos (la mayoría de los efectos en la calidad dependen del tiempo de retención de un embalse).</li> </ul>	
	Hábitat/biodiversidad/recursos naturales	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las especies fluviales se ven remplazadas en gran parte por especies lacustres en el embalse.</li> <li>Las especies fluviales autóctonas que dependen del régimen de caudal natural desaparecerán aguas abajo de la presa.</li> <li>Los cambios en el régimen térmico afectan a muchas especies, por ejemplo, los invertebrados.</li> <li>Las fluctuaciones del flujo a corto plazo (desagüe) resultan en la encalladura de organismos, en el caso de una presa hidroeléctrica.</li> <li>La mayor parte del limo y la materia orgánica quedan retenidos en el embalse, en lugar de fertilizar las planicies de inundación. Esto también tiene efectos ecológicos en los ecosistemas fluviales, estuarinos y costeros.</li> <li>La estructura y el funcionamiento de la planicie de inundación se modifica con la reducción o eliminación de la inundación. Esto desplaza algunos árboles y animales ribereños.</li> <li>Las presas cortan la conectividad longitudinal del río, lo que impide o dificulta el paso de peces e invertebrados por el curso del río y también de algunos animales terrestres del corredor fluvial.</li> <li>Algunas especies exóticas pueden sustituir a las autóctonas adaptadas a la zona debido al funcionamiento de la presa que reduce los caudales extremos (de estiaje y de crecidas) y las condiciones medioambientales extremas (por ejemplo, la turbiedad alta).</li> </ul>	
Embalses de laminación/retención	Régimen de caudal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poco efecto en el régimen de caudal natural, si el embalse se diseña sólo para almacenar el agua de las crecidas y reducir la punta de crecida río abajo.</li> <li>Reducción temporal de la punta de crecida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los humedales artificiales o los estanques permanentes pueden ayudar a crear nuevos hábitats para muchas especies acuáticas y terrestres, si las medidas de la atenuación satisfacen el objetivo de la gestión de crecidas.</li> <li>Los embalses de laminación deben diseñarse de manera que no afecten a los regímenes de caudal y de sedimento en el cauce principal.</li> </ul>
	Estructura del sedimento/cauce		
	Calidad del agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de la temperatura, disminución del oxígeno disuelto y eutrofización, etc., si se almacena el agua durante la estación de estiaje o en los embalses húmedos de forma permanente.</li> <li>Poco efecto en la calidad del agua del río si el embalse se usa sólo durante la inundación.</li> </ul>	
	Hábitat/biodiversidad/recursos naturales	<ul style="list-style-type: none"> <li>El embalse puede ayudar a la creación de hábitats para muchas especies acuáticas (plantas, peces, invertebrados, etc.), sirviendo como un humedal artificial.</li> <li>Poco efecto en la biodiversidad del río si el embalse sólo se usa durante la crecida.</li> </ul>	

**Cuadro 3. Efectos de las medidas estructurales en los procesos de varios corredores fluviales y posibles medidas de atenuación (continuación)**

		Efectos en el medio ambiente	Posibles medidas de atenuación
Canales de derivación/desviación	<b>Régimen de caudal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poco efecto si el canal de derivación sólo se usa para desviar las aguas durante la crecida.</li> <li>Reducción del caudal, nivel y velocidad del río en el tramo de la derivación si el agua desviada fluye permanentemente por el canal de derivación.</li> <li>Aumento de la inundación aguas abajo, al acelerar el paso de las aguas a través del canal de derivación, incrementando la velocidad de traslado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La regulación del caudal por medio del diseño o funcionamiento para lograr un nuevo equilibrio dinámico bajo los regímenes alterados de caudal y sedimento.</li> <li>Se puede planificar un canal de derivación junto con un embalse de laminación aguas abajo del canal de derivación, en caso de que el caudal alterado aumente considerablemente la inundación aguas abajo.</li> </ul>
	<b>Estructura del sedimento/cauce</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Posible agradación en el tramo de la derivación, si ésta sólo toma el agua de crecida y no permite la entrada de su parte de arrastre de fondo al canal de derivación.</li> </ul>	
	<b>Calidad del agua</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poco efecto en la calidad del agua del río en el cauce original.</li> </ul>	
	<b>Hábitat/biodiversidad/recursos naturales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poco efecto en la biodiversidad del cauce principal.</li> </ul>	
Diques	<b>Régimen de caudal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayores niveles de agua y velocidades por encima del caudal a sección llena.</li> <li>Aumento de las puntas de crecida aguas abajo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Además de las medidas no estructurales se deben planificar los diques junto con otras medidas estructurales como presas y embalses de laminación.</li> <li>El espaciado de los diques debe permitir el movimiento morfológico lateral del río.</li> <li>El diseño del dique debe minimizar la ruptura en la conectividad lateral estableciendo normas equilibradas de protección basadas en criterios económicos y medioambientales.</li> <li>Desplazamiento de los diques a una distancia mayor del cauce del río dependiendo de las condiciones del uso de la tierra.</li> <li>Eliminación de los diques que separan la planicie de inundación del río en combinación con la planificación del uso de la tierra, si las planicies de inundación no están dedicadas al desarrollo humano.</li> </ul>
	<b>Estructura del sedimento/cauce</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pérdida de conectividad entre el río y la planicie de inundación.</li> <li>Pérdida del sistema de pozas y rabones y otras heterogeneidades de la forma del cauce.</li> <li>Posible aumento de la erosión (fricción local y degradación general).</li> <li>Posible sedimentación aguas abajo de material erosionado en tramos con diques.</li> </ul>	
	<b>Calidad del agua</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pérdida de intercambio de nutrientes y carbono con la planicie de inundación.</li> </ul>	
	<b>Hábitat/biodiversidad/recursos naturales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pérdida de refugios y áreas de desove de la planicie de inundación de las especies fluviales. Pérdida de bosques de la planicie de inundación (madera, frutas, medicinas).</li> <li>Pérdida de bosques inundables (madera, fruta, medicinas).</li> <li>Todas las estructuras de la planicie de inundación, procesos y especies que necesitan la inundación frecuente son afectadas.</li> <li>No hay más deposición de limo en la planicie de inundación.</li> <li>No se crean más hábitats en la planicie de inundación.</li> </ul>	
Canalización	<b>Régimen de caudal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de la pendiente del cauce, velocidad del caudal, niveles más bajos, reducción del tiempo de residencia, que producen el aumento de la inundación aguas abajo (tiempos de recorrido más rápidos y menor atenuación de la punta).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El uso de materiales naturales y permeables, es decir, revestimientos blandos, en lugar de revestimientos de hormigón.</li> <li>Mantener o reintroducir los residuos leñosos grandes hasta donde sea posible.</li> </ul>
	<b>Estructura del sedimento/cauce</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erosión de los márgenes y del lecho del río (fricción y degradación).</li> <li>Problemas de sedimentación aguas abajo.</li> <li>Pérdida total de heterogeneidad en la forma del cauce.</li> </ul>	
	<b>Calidad del agua</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducción de la capacidad de asimilación de nutrientes y de contaminación por parte del cauce del río.</li> <li>Mayores temperaturas en los cursos de agua más pequeños (más angostos).</li> <li>Aumento de la carga de sedimento fino.</li> </ul>	
	<b>Hábitat/biodiversidad/recursos naturales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pérdida de diversidad de hábitats, remansos y refugios del río; pérdida de especies fluviales autóctonas.</li> <li>Pérdida de vegetación fluvial y ribereña.</li> <li>Pérdida de aportes de materia orgánica.</li> <li>Disminución de la capa freática de la planicie de inundación, que afecta a la vegetación ribereña y a los humedales de la planicie de inundación.</li> </ul>	



## 6. INTEGRACIÓN DE LAS CUESTIONES MEDIOAMBIENTALES EN LOS PROCESOS DE TOMA DE DECISIONES

La gestión integrada de crecidas (GIC) tiene como finalidad maximizar los beneficios netos de las planicies de inundación, reducir los riesgos de crecidas y minimizar la pérdida de vidas humanas como consecuencia de inundaciones, de una manera sostenible. La necesidad de un cambio de enfoque para pasar del control de crecidas a su gestión es el elemento catalizador en el que se basan los conceptos de la GIC. Ésta integra la gestión de los recursos de la tierra y los recursos hídricos de una cuenca fluvial. La gestión integrada de crecidas adopta un enfoque triple que consiste en i) evitar; ii) reducir; y iii) atenuar los efectos negativos de las crecidas para el medio ambiente sin comprometer los objetivos de la gestión de las mismas. Resulta conveniente minimizar en la medida de lo posible los efectos negativos de las intervenciones de la gestión de crecidas que limitan la productividad natural, la salud del ecosistema y los servicios ofrecidos por el mismo, entre ellos, los procesos de atenuación de los estragos de las inundaciones. Este capítulo proporciona un marco para integrar las cuestiones medioambientales en los procesos de toma de decisiones a varios niveles: la formulación de políticas, la planificación de la cuenca, el diseño del proyecto y su ejecución y funcionamiento.

### 6.1 Los procesos de toma de decisiones

Los beneficios de la atenuación de los estragos provocados por las crecidas tienen como principal objetivo conseguir el bienestar público y, por esta razón, la gestión de crecidas tiene que llevarse a cabo dentro de un marco de políticas públicas. El carácter multidimensional de las opciones con las que cuenta la gestión de crecidas hace necesario un enfoque no excluyente y participativo para el proceso de toma de decisiones: desde la política pública hasta la planificación de la cuenca y la ejecución del proyecto. En el proceso de toma de decisiones relativo a la gestión de crecidas existen diferentes restricciones que pueden clasificarse a grandes rasgos en varias categorías como: físicas, financieras, sociales, políticas, legales y medioambientales. Las consideraciones físicas y financieras han sido tratadas en profundidad por medio de análisis económicos que han prestado poca o ninguna atención a las preocupaciones de carácter social y medioambiental. En la formulación de políticas, estas cuestiones están relacionadas con los valores sociales en lo que respecta o bien a la percepción de riesgos o bien a los intercambios entre el desarrollo y la preservación del medio ambiente. Para minimizar el papel de los factores subjetivos es necesario establecer un marco en el que se tenga en cuenta el medio ambiente en los procesos de toma de decisiones (Figura 10).

Un cierto número de políticas públicas, que no están directamente vinculadas a la gestión de crecidas, también influyen en los riesgos de crecidas (por ejemplo, las políticas de aprovechamiento de la tierra) y, por consiguiente, representan un aporte valioso al proceso de formulación de políticas de gestión de crecidas. Las políticas públicas conexas han de tenerse en cuenta en la formulación de políticas relativas a la gestión integrada de crecidas mediante un marco de planificación estratégico y de colaboración. Este marco requiere la participación de los interesados dentro y fuera de los círculos gubernamentales.

Las características de las cuencas fluviales experimentan cambios continuos como resultado de las actividades humanas, condicionadas a su vez por las políticas de aprovechamiento de la tierra que pueden cambiar la magnitud de las crecidas. La urbanización en los tramos altos de una cuenca fomenta una mayor escorrentía aguas abajo que aumentará el riesgo de crecidas, particularmente en las cuencas más pequeñas. Estos factores, junto con los riesgos de crecidas y las percepciones sociales al respecto, determinan las metas de la gestión de crecidas en una cuenca específica. La planificación de la gestión integrada de recursos hídricos proporciona el marco básico para el desarrollo de un plan de gestión de crecidas en una cuenca. La magnitud

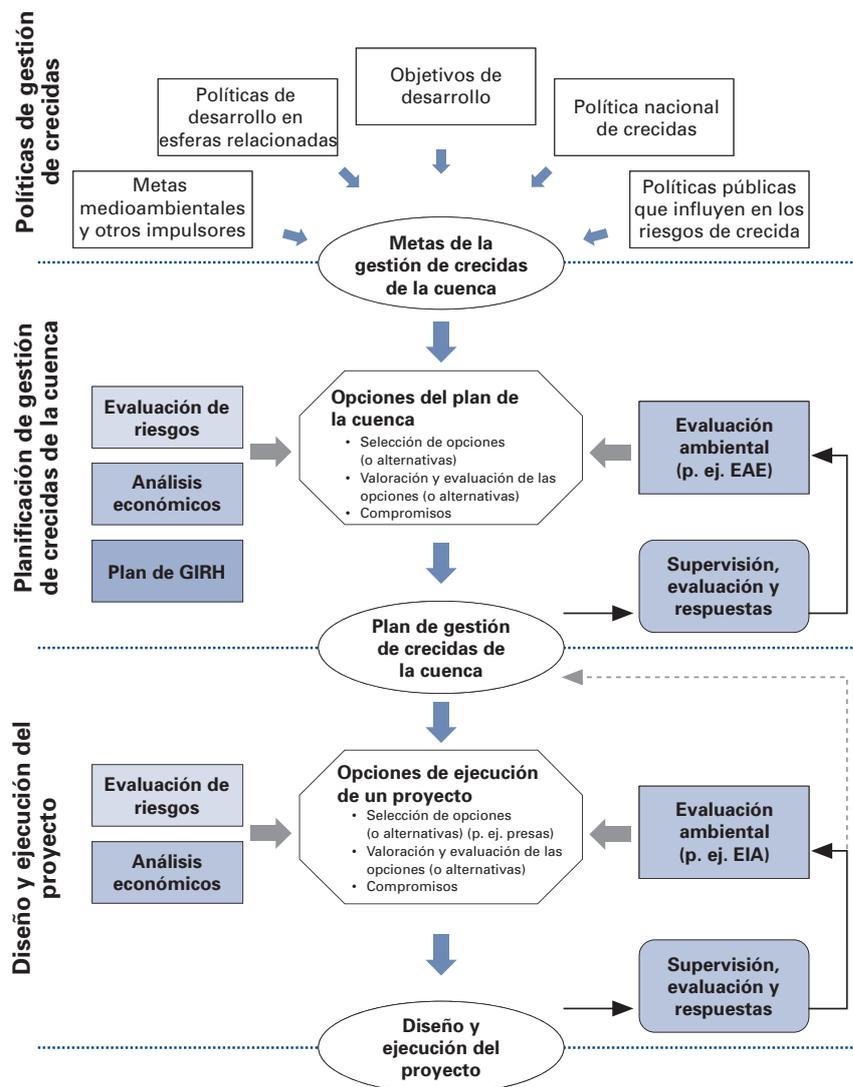


Figura 10. Marco en el que se tiene en cuenta el medio ambiente para la toma de decisiones relativa a la gestión de crecidas

del riesgo que una sociedad está dispuesta a correr para lograr sus objetivos de desarrollo relacionados con la reducción de la pobreza y/o el desarrollo sostenible determina las diferentes opciones. Es importante analizar los riesgos de vivir o utilizar una planicie de inundación, basándose en los efectos negativos y positivos de las inundaciones en una situación dada<sup>51</sup>. Todos los organismos competentes, dirigidos por el organismo de gestión de crecidas, deben participar en este proceso y enfocar la gestión de crecidas desde una perspectiva que trasciende el organismo o departamento de gestión de crecidas<sup>52</sup>. Es preciso incorporar la evaluación ambiental a nivel estratégico, acompañada de la supervisión oportuna dentro del marco de la planificación. Es importante asimismo obtener información sobre la efectividad de la planificación de la cuenca para lograr las metas deseadas de gestión de crecidas.

Se deben preparar varias opciones de gestión de crecidas en función del plan de la cuenca y evaluarlas a través de un proceso participativo que utilice varias herramientas de análisis económico. El análisis económico debe incorporar la evaluación de los servicios ecosistémicos. Se debe llevar a cabo la evaluación de

impacto ambiental de las diferentes opciones, alternativas de diseño y principios de funcionamiento con el fin de encontrar métodos para atenuar lo máximo posible los efectos negativos en el medio ambiente. Es necesario adoptar un mecanismo de supervisión para llevar a cabo un estudio básico de la salud actual de los ecosistemas, suministrar evaluaciones regulares y corregir lo que fuera necesario en la mitad del proceso, adoptando un enfoque de manejo adaptativo.

Para integrar las cuestiones medioambientales en los procesos de toma de decisiones, es necesario un marco general que contenga los elementos siguientes:

- comprensión y análisis científicos;
- evaluación ambiental;
- análisis económico ecológico;
- participación de los interesados;
- enfoque de manejo adaptativo;
- supervisión; y
- mecanismos de apoyo.

## 6.2 Comprensión y análisis científicos

La gestión integrada de crecidas requiere un enfoque multidisciplinar que cuente con la participación de los diferentes interesados. Fomenta un diálogo entre los profesionales de disciplinas diferentes, que no comparten el mismo paradigma, para explorar, entre otras, las ideas compartidas y las metas comunes. Estas disciplinas engloban a profesionales e investigadores de varios ámbitos que incluyen: la administración pública, la agricultura, la sociología, la ecología, la hidrología/hidráulica, la morfología, la ingeniería fluvial, etc. Ese tipo de enfoque multidisciplinar debe basarse en información accesible, un idioma común para el debate y un proceso de toma de decisiones transparente.

El conocimiento científico de conceptos básicos acerca de la morfología y ecología de los ríos y sus planicies de inundación y acerca de la manera en que éstos se ven condicionados por el régimen fluvial es fundamental para entender los procesos del ecosistema en una cuenca fluvial y los efectos que las medidas de gestión de crecidas pueden tener en dicho ecosistema. El diseño, la ejecución y el funcionamiento ecológicos de los nuevos proyectos y la atenuación de los efectos negativos de las obras existentes por medio de una mejor utilización y renovación de las mismas pueden realizarse sólo si se entienden bien esos conceptos científicos.

Hay una necesidad urgente de llevar a cabo una investigación cooperativa intensa entre ecólogos, hidrólogos e ingenieros especialistas en ríos y recursos hídricos sobre las interacciones del ciclo hidrológico con las actividades humanas, las características de la superficie del terreno y los ecosistemas. La ecohidrología/ ecohidráulica analiza la dinámica de las características estructurales y funcionales de los ecosistemas a fin de desarrollar procedimientos prácticos que incluyan la conservación del ecosistema y/o su restauración con un enfoque de criterios múltiples para la gestión de los diversos usos del agua y de la cuenca fluvial. Es necesario que la tecnología y las actividades de investigación dentro de esta disciplina, aplicadas a las necesidades específicas de la gestión de crecidas, se compartan con otras disciplinas y se divulguen en un idioma fácilmente comprensible para estas últimas. Las instituciones que se ocupan de la atenuación de crecidas deben dirigir sus esfuerzos hacia una mejor comprensión de las consecuencias del cambio natural y antrópico que experimentan las cuencas en relación con los riesgos de crecidas y el efecto que tienen las medidas de atenuación en el medio ambiente.

## 6.3 La evaluación ambiental

La evaluación ambiental es una herramienta de examen intensivo, necesario para las decisiones que tienen un efecto medioambiental múltiple y significativo<sup>53</sup>. La evaluación ambiental se aplica en varias etapas del proceso de toma de decisiones. La evaluación de impacto ambiental (EIA) se aplica en las etapas del diseño y de la ejecución del proyecto, mientras que la evaluación ambiental estratégica (EAE) se usa en el ámbito de las políticas, planes y programas.

### *La evaluación ambiental a nivel estratégico*

Para integrar las cuestiones medioambientales en la toma de decisiones en materia de gestión, es importante comenzar a nivel estratégico<sup>54</sup>. La evaluación ambiental estratégica puede describirse como un enfoque participativo que consiste en poner de relieve las cuestiones medioambientales y sociales para influir en los procesos de planificación, toma de decisiones y ejecución del desarrollo a nivel estratégico<sup>55</sup>. Los procesos de EAE se resumen en el Recuadro 5.

#### **Recuadro 5. Procesos de la evaluación ambiental estratégica**

La evaluación ambiental estratégica (EAE) sigue varios pasos: investigación; evaluación del alcance; identificación, predicción y evaluación de impactos; atenuación; y supervisión; que se exponen brevemente a continuación.

**Investigación:** esta actividad se realiza para encontrar respuesta a la pregunta inicial siguiente: ¿es necesario llevar a cabo una evaluación ambiental estratégica para una política, plan o programa en particular? Si la propuesta tiene un impacto ambiental, entonces se procede al siguiente paso.

**Evaluación del alcance:** Puesto que se ha tomado la decisión de llevar a cabo una evaluación ambiental estratégica, ¿cuáles son los impactos que ésta debe evaluar? En otras palabras, ¿cuál es el alcance (o “el mandato”) de la EAE? Normalmente, un grupo de expertos profesionales se pone de acuerdo para determinar el alcance de una EAE y en algunas jurisdicciones se invita al público a participar en la evaluación del alcance.

**Identificación, predicción y evaluación de impactos:** el proceso de predicción y evaluación de los impactos en una EAE puede emplear algunos de los instrumentos y procedimientos utilizados en la evaluación de impacto ambiental (EIA) en lo que se refiere al proyecto. Como en el caso de la EIA, a menudo la opinión profesional cumple una función muy importante. Sin embargo, a diferencia del alcance de la EIA, es de esperar que la necesidad de encontrar efectos medioambientales indirectos (o secundarios) se convierta en una prioridad en la EAE. Esto obedece a que muchas políticas, planes y programas objeto de la EAE tienen como propósito producir cambios en los efectos económicos y sociales, que pueden a su vez producir efectos medioambientales indirectos significativos (y a veces involuntarios). Estas interacciones entre los efectos económicos, sociales y ambientales cumplen una función esencial en “las evaluaciones integradas”.

**Atenuación:** las medidas de atenuación están dirigidas a evitar, reducir o compensar los efectos negativos de una medida como, por ejemplo, la decisión de aprobar una política o ejecutar un plan.

**Supervisión:** a menudo se recomiendan programas para supervisar los efectos de una política porque la supervisión puede alertar a las autoridades responsables de los resultados imprevistos que podrían controlarse utilizando medidas de atenuación. Además, al comparar los resultados con aquéllos observados a través de la supervisión, los analistas pueden mejorar su capacidad de predecir impactos en el futuro.

*Fuente:* Banco Mundial (2005), *Integrating Environmental Considerations in Policy Formulation: Lessons from Policy-Based SEA Experience*, Washington, DC, Departamento de Medio ambiente, Banco Mundial.

El nivel de detalle de la evaluación de un plan de desarrollo en el marco de la evaluación ambiental estratégica depende de los objetivos de la planificación. Si el alcance de la planificación es demasiado amplio como para evaluar el impacto ambiental, bastará con una descripción cualitativa general de los escenarios previsibles de la relación causa/efecto. En la mayoría de los casos, la información cualitativa basada en la opinión de expertos debería ser suficiente a nivel estratégico. La evaluación cuantitativa puede ser necesaria en aquellos casos en los que los efectos negativos en el medio ambiente ya han alcanzado un determinado límite, o en los que se esperan efectos acumulativos. Esa evaluación debe documentarse con pruebas claras, incluidos detalles acerca del tipo de análisis realizado; los datos utilizados para los análisis; y las hipótesis planteadas.

Para que la evaluación ambiental estratégica sea eficaz, es importante favorecer el diálogo entre las autoridades medioambientales y de desarrollo, así como con representantes públicos bien informados. El intercambio y uso de información, con datos fácilmente comprensibles, facilita la comunicación entre los diferentes interesados y expertos, cumple una función primordial a la hora de garantizar una colaboración estrecha y ayuda a mantener la transparencia del proceso de toma de decisiones.

La evaluación ambiental estratégica no adopta, sin embargo, un solo enfoque reconocido que pueda aplicarse a todos los casos debido a las diferencias en el alcance, la amplitud, la duración y el contexto en los distintos niveles (nacional y regional, de políticas y de planificación, en países desarrollados y en desarrollo, etc.). La voluntad política también es importante en la ejecución de una evaluación ambiental estratégica<sup>56</sup>. Las presiones sociopolíticas pueden disuadir a los organismos de desarrollo reticentes de aplicar la evaluación ambiental estratégica. Al mismo tiempo, a fin de fortalecer la voluntad política para ejecutar la evaluación ambiental estratégica, un imperativo legal podría ser eficaz como estrategia a largo plazo. Por ejemplo, pueden establecerse algunas condiciones explícitas para la evaluación ambiental estratégica bajo la legislación de la evaluación de impacto ambiental (EIA) u otra legislación (por ejemplo, en los Países Bajos<sup>57</sup>) o como procedimiento administrativo autónomo pero conexas (por ejemplo, en Canadá<sup>58</sup> y Dinamarca<sup>59</sup>), mientras que otras se llevan a cabo mediante un proceso comparable, menos formal, de análisis de políticas y planes (por ejemplo, en el Reino Unido<sup>60</sup>).

### ***Evaluación ambiental en la fase de diseño y ejecución del proyecto***

La evaluación de impacto ambiental (EIA) se utiliza para identificar los efectos medioambientales y sociales de una propuesta de proyecto antes de la toma de decisiones con el objeto de predecir los efectos medioambientales del mismo en la fase inicial de la planificación y diseño del proyecto; encontrar la manera de reducir los efectos negativos; adaptar los proyectos con respecto al entorno local; y presentar las predicciones y opciones a los decisores. Los pasos esenciales de una evaluación de impacto ambiental son: identificar las cuestiones y preocupaciones de las partes interesadas (evaluación del alcance); evaluar la importancia de estas cuestiones para determinar la necesidad de la evaluación de impacto ambiental (investigación); identificar las posibles opciones; explorar las medidas de atenuación relativas a la incertidumbre; revisar las medidas propuestas para prevenir o minimizar los posibles efectos negativos del proyecto; y difundir informes ambientales para comunicar los resultados de la evaluación de impacto ambiental<sup>61</sup>.

El informe de impacto ambiental normalmente requiere una descripción de la actividad propuesta, una reflexión sobre las alternativas razonables (así como las consecuencias de la alternativa que consiste en no tomar ninguna medida) y una descripción del entorno que tiene una mayor probabilidad de verse afectado por la actividad propuesta y sus alternativas. A partir de ese momento, los impactos ambientales potenciales deben describirse y evaluarse en función de su importancia; se deben proponer medidas de atenuación para reducir los efectos negativos en el medio ambiente; y deben quedar bien claros las hipótesis básicas, las metodologías y los datos utilizados en la evaluación.

En muchos países la ley obliga a llevar a cabo una evaluación de impacto ambiental. La magnitud y el entorno geográfico del proyecto propuesto son importantes para establecer su importancia medioambiental. También es importante comunicarse con los países limítrofes para los que el proyecto puede tener un efecto medioambiental negativo significativo y consultarles sobre la cuestión.

La consulta y la participación pública son fundamentales para llevar a cabo tanto la evaluación de impacto ambiental como la evaluación ambiental estratégica. Aunque los gobiernos conservan el poder de tomar decisiones, la comunicación con las personas y la obtención de información permite a las poblaciones afectadas influir en el proceso de toma de decisiones al plantear cuestiones que deben ser consideradas en la evaluación del alcance, el diseño del proyecto, la atenuación, los planes de supervisión y de gestión, y el análisis de alternativas.

## 6.4 Análisis económicos que tienen en cuenta el medio ambiente

El análisis costo-beneficio (ACB) y el análisis de criterios múltiples (ACM) son metodologías que apoyan la adopción de decisiones cuando es necesario analizar un conjunto de opciones con respecto a sus aspectos económicos<sup>62</sup>. El análisis costo-beneficio es útil ya que permite la valoración de varias opciones comparando sus costos contra sus beneficios en términos monetarios. Ahora que el valor económico de muchos de los servicios ecosistémicos puede evaluarse, el costo de la pérdida de servicios ecosistémicos debida a los efectos negativos de un proyecto en el medio ambiente también puede integrarse en el análisis costo-beneficio de una opción específica. Actualmente se dispone de diferentes métodos de valoración y la elección de uno u otro depende de si se consideran los valores directos o indirectos<sup>63</sup>. Sin embargo, en los casos en que los valores económicos relativos a los aspectos medioambientales y sociales no están sujetos a la valoración o son difíciles de evaluar, un análisis costo-beneficio puede ocultar los verdaderos costos y beneficios de un proyecto, particularmente los costos asociados a la pérdida de servicios ecosistémicos.

El análisis de criterios múltiples es un enfoque complementario al análisis costo-beneficio que consiste en evaluar el resultado esperado de cada opción de desarrollo frente a una serie de criterios u objetivos. Estas técnicas pueden afrontar situaciones complejas, incluidas tanto la incertidumbre como las preferencias de muchas partes interesadas. Esto es importante particularmente cuando el problema presenta objetivos contradictorios y cuando estos objetivos no pueden expresarse fácilmente en términos monetarios. En ese sentido, en un modelo de criterios múltiples se asigna una ponderación a los diferentes objetivos y criterios basándose en la importancia social observada. Tal ponderación tiene una función importante en las técnicas del análisis de criterios múltiples y debe escogerse de una manera transparente, para demostrar su influencia en el resultado final. Una media ponderada puede proporcionar el indicador global de los resultados de cada opción. El análisis de criterios múltiples puede ser útil para clasificar las opciones, preseleccionando un número limitado de éstas para la evaluación detallada posterior (digamos a través del análisis de criterios múltiples), o simplemente separando las opciones aceptables de las inaceptables. La decisión es fácil cuando una de las opciones predomina con respecto a todos los criterios. No obstante, en la mayoría de los casos, algunas opciones serán mejores según un criterio pero peores según otro. En esas situaciones resulta evidente la utilidad del análisis de criterios múltiples.

La cuestión de la compensación ocupa un lugar central en tales situaciones. La asignación de una ponderación o clasificación se hace necesaria para tratar ese tipo de casos y requiere la participación apropiada de los interesados en las diferentes fases del análisis. Hay dos maneras diferentes de establecer ponderaciones. En la primera, se llama a varios expertos (procedentes de una variedad de campos de investigación) para que propongan una ponderación basándose en opiniones técnicas. Las ponderaciones establecidas por los expertos, sin embargo, no pueden considerarse libres de predisposición subjetiva en comparación con las establecidas por el público interesado. En la segunda, varios interesados, como los grupos comunitarios, las

ONG y otros, intervienen en la asignación de ponderaciones en un proceso participativo. Para una participación fructífera de los interesados, el análisis económico debe mostrar también cómo se distribuyen los costos y los beneficios de las diferentes opciones, incluyendo aquellas debidas a cambios en el ecosistema, es decir, quién se beneficia y quién corre con el costo.

A pesar de sus limitaciones<sup>64</sup>, el análisis de criterios múltiples es mejor que las opiniones informales o intuitivas emitidas a menudo por los decisores porque proporciona una base analítica para la toma de decisiones. El análisis de criterios múltiples es transparente, está basado en conocimientos estructurados y explícitos y proporciona a los interesados un marco para explorar la naturaleza de las opciones, determinar cuáles son los factores fundamentales, descubrir sus propias preferencias y simplificar el proceso de selección de las opciones esenciales. Puesto que la evaluación económica tiene en cuenta los valores sociales, resulta apropiado llevar a cabo los análisis costo-beneficio/análisis de criterios múltiples con la estrecha colaboración y participación del público afectado por el proyecto.

## 6.5 La participación de las partes interesadas

La participación genuina de los interesados<sup>65</sup> está en el centro de los procesos de toma de decisiones. El propósito principal de la participación de los interesados es asegurar la aplicación de los principios de gestión integrada de crecidas en la que los interesados participan a la hora de identificar, organizar, desarrollar, validar de manera lógica y ejecutar los planes y proyectos, así como supervisar y evaluar sus efectos. Dado que un enfoque integrado de gestión de crecidas requiere una combinación de estrategias de recursos hídricos, del uso de la tierra, medioambientales y de gestión de crecidas, se necesita una coordinación entre los diferentes procesos de planificación sectorial en las diferentes etapas de la toma de decisiones.

La participación de los interesados en las diferentes fases de la toma de decisiones varía considerablemente en función de los regímenes legales y políticos en vigor. La toma de algunas decisiones recae totalmente en los funcionarios gubernamentales, la de otras recae en el gobierno con algún espacio para la intervención de las comunidades, mientras que otras podrían ser adoptadas de manera eficaz sólo con la participación activa de la comunidad.

En general, el público muestra poco interés en participar en las decisiones de política de la cuenca, ya que percibe las cuestiones relacionadas con las crecidas en la cuenca como demasiado abstractas. Tampoco parecen ser una preocupación inmediata ya que estas consultas a veces llevan mucho tiempo y requieren un compromiso a largo plazo. Aunque el interés del público tiende a ser relativamente más bajo en la fase estratégica que en la fase de diseño y ejecución del proyecto, es importante su participación en el proceso de toma de decisiones. Por esta razón, los representantes de los interesados, las autoridades regionales, los grupos comunitarios y las ONG, entre otros, deben participar en la planificación de una política de cuencas en mayor medida que el público en general. Esta participación está determinada por la condición, el nivel y las características de la política y del plan. Una herramienta útil a este respecto consiste en invertir los papeles.

Sin embargo, cuando el proyecto afecta directamente a la población local, a saber, en la etapa de diseño o ejecución del proyecto, las comunidades tienen más interés en participar en los procesos de toma de decisiones. Las autoridades públicas competentes y otros ministerios, los gobiernos locales, las ONG, los políticos, etc., también deben participar para que el proceso de toma de decisiones sea más transparente y legítimo.

Para una planificación participativa exitosa, es importante desarrollar mecanismos participativos de apoyo mediante un marco legal e institucional apropiado y la creación de capacidad de los diferentes interesados.

## 6.6 El manejo adaptativo

El conocimiento científico sobre las condiciones actuales de los ecosistemas es fragmentario y el efecto de las intervenciones humanas en ellos no se entiende en su totalidad. Para responder a esta falta de certeza científica, se recomienda adoptar los principios de precaución en los acuerdos internacionales. En el contexto de la protección del medio ambiente, el principio 15 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo<sup>66</sup> estipula que:

“Con el fin de proteger el medio ambiente, los Estados deberán aplicar ampliamente el criterio de precaución conforme a sus capacidades. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente”.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático<sup>67</sup> también recomienda un enfoque de precaución similar con respecto a la consideración de las cuestiones relativas al cambio climático.

El manejo adaptativo se considera ampliamente como el enfoque apropiado para afrontar las incertidumbres científicas, en los casos en que se adoptan decisiones como parte de un proceso en curso de naturaleza científica. Comprende la planificación, la acción, la supervisión y la evaluación de las estrategias aplicadas, así como la incorporación de nuevos conocimientos cuando estén disponibles en los enfoques de gestión (véase la Figura 11). Los resultados de la supervisión y de la evaluación se usan para modificar las políticas, estrategias y prácticas de gestión<sup>68</sup>. Constituye un cambio considerable con respecto a la gestión tradicional y

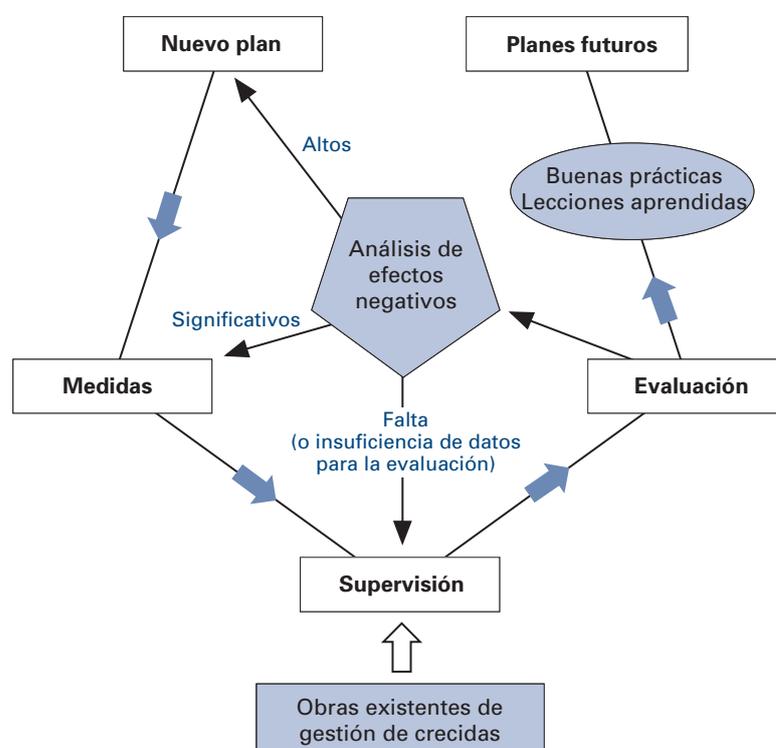


Figura 11. Enfoques de manejo adaptativo

considera las medidas de gestión como un proceso de aprendizaje. El manejo adaptativo define explícitamente los resultados esperados, diseña los métodos para medir las respuestas, recaba y analiza la información para comparar las expectativas con los resultados reales, aprende de las comparaciones y modifica las medidas y planes en consecuencia<sup>69</sup>. Por lo tanto, para ajustar la orientación de la gestión se requiere la voluntad de experimentar y de aceptar los fracasos ocasionales<sup>70</sup>.

El manejo adaptativo comienza desde la fase de preparación de un plan. Comprende tanto la experimentación deliberada para adquirir nuevos conocimientos —conocida como *manejo adaptativo activo*— como el proceso continuo que consiste en utilizar la supervisión y el inventario de la información para evaluar los efectos de las medidas de gestión en la salud del ecosistema —conocido como *manejo adaptativo pasivo*—. El manejo adaptativo activo consiste en construir una serie de modelos de respuesta alternativos (hipótesis) basados en los datos existentes, calcular los beneficios a largo plazo y sopesarlos luego contra los costos. También es importante desarrollar una estrategia de salida para hacer frente a los resultados inesperados o no deseados de una investigación científica<sup>71</sup>. El manejo adaptativo pasivo se considera como la opción de gestión, asumiendo que el modelo en que se basan las predicciones es correcto<sup>72</sup>. La supervisión de los resultados representa un aporte crucial y se usa para evaluar los efectos, particularmente los efectos negativos. Si estos efectos son significativos, podría ser necesaria una revisión de la medida tomada, por ejemplo, de los procedimientos operativos o de los parámetros de diseño del proyecto. Además, si esos efectos son grandes, el plan se revisa con posibles implicaciones en las políticas. La evaluación de los componentes tanto del manejo adaptativo activo como del manejo adaptativo pasivo constituye un fundamento sólido para la base de conocimientos que puede ayudar a comprender mejor los procesos y el desarrollo de planes futuros.

Si las obras estructurales de gestión de crecidas ya se han construido y tienen efectos negativos aparentes, no es siempre realista que se destruyan. En esas situaciones, los sistemas existentes y su funcionamiento han de ser evaluados de una manera apropiada y transparente. El manejo adaptativo puede cumplir una función importante en tales situaciones, para empezar, con la supervisión de las condiciones actuales o la evaluación de los datos existentes (si se dispone de ellos). Si se establece o se prevé la degradación progresiva del medio ambiente, podría ser necesaria una revisión de los planes de la cuenca.

## 6.7 La supervisión

El manejo adaptativo requiere la supervisión continua del estado de la salud del medio ambiente y su evaluación a intervalos regulares. La supervisión debe estar asentada en datos estadísticos y debe ser verosímil desde un punto de vista científico, particularmente para su efectividad y aprobación.

Se ha comprobado la importancia de la supervisión desde varias perspectivas. La supervisión planificada con anterioridad de varios procesos naturales suministra información básica para la valoración de recursos, riesgos y opciones de desarrollo. La supervisión en la fase de la planificación del desarrollo se centra en las medidas adoptadas en función del plan seleccionado y en los factores de impacto ambiental indicados en la evaluación ambiental a nivel estratégico. Las cuestiones se supervisarán si: se logran los objetivos del plan, las medidas se toman apropiadamente en función del plan y éste tiene que restablecerse o modificarse. Sin embargo, cabe destacar que se requiere tiempo y esfuerzo continuo para evaluar el plan. La evaluación de un plan estratégico es a veces difícil ya que puede que sus objetivos sólo se cumplan después de varios años. Además, ciertos factores externos que no se consideran en la evaluación ambiental estratégica pueden influir en los impactos ambientales mucho más que los efectos de las medidas adoptadas con el plan.

La supervisión durante y después de la ejecución es importante en lo que respecta al proyecto para evaluar si la medida de gestión de crecidas realmente ha tenido éxito al alcanzar los objetivos deseados. La supervisión del estado del medio ambiente se efectúa para evaluar si la magnitud de los impactos previstos por la evaluación ambiental en la fase de la planificación y de la aplicación del proyecto se ha puesto de manifiesto y hasta qué punto las medidas adoptadas para prevenir estos impactos son eficaces. Las lecciones aprendidas a través de la supervisión y la evaluación pueden mejorar la metodología que se aplicará al diseño de proyectos futuros.

La supervisión de los efectos medioambientales puede lograrse por medio de indicadores diseñados según los objetivos medioambientales. Deben incluirse en la supervisión los diversos aspectos del medio ambiente como los cambios en el uso de la tierra, la diversidad del hábitat, la distribución de los humedales y los indicadores del estado de la industria pesquera. La supervisión debe estar diseñada para tomar en cuenta los efectos directos sobre el estado del medio ambiente, como el volumen de emisiones o el uso de recursos naturales, y los efectos indirectos que pueden supervisarse examinando las tendencias en la producción, el consumo, etc.

## 6.8 Mecanismos de apoyo

La mayoría de los países carecen de organizaciones capaces de adoptar enfoques integrados y de una inversión que pueda garantizar un aprendizaje organizacional eficaz y la colaboración entre las organizaciones. La falta de comunicación entre los diferentes sectores profesionales así como entre los expertos y el público en general complica aún más el proceso de puesta en práctica de ese marco. Es necesaria la creación de capacidad en diferentes ámbitos y en las instituciones que pueda apoyar dicho marco con la ayuda de mecanismos legales.

El intercambio de información en el tiempo y en el espacio es fundamental para mejorar el estado poco satisfactorio de nuestro conocimiento a todos los niveles. La adopción de una gestión de crecidas que no dañe el medio ambiente requiere organizaciones que puedan reforzar las responsabilidades compartidas a fin de generar y comunicar conocimientos necesarios para un aprendizaje continuo. Esto también requiere un cambio de proceder a varios niveles. Por consiguiente, es esencial crear una red armonizada de comunicación entre las diferentes instituciones y organizaciones participantes y con la comunidad en general. La supervisión del estado del medio ambiente constituye una parte esencial de ese proceso de aprendizaje.

A pesar de ser sólo una de las múltiples influencias en la gestión de crecidas, las consideraciones legales e institucionales apropiadas cumplen una función vital en el logro de los objetivos de la GIC<sup>73</sup>. Para llevar a cabo planes de gestión de crecidas dentro del contexto de la gestión integrada de recursos hídricos y apoyar los enfoques del manejo adaptativo, se debe modificar la forma de trabajo de las instituciones. Existe la necesidad de mayor transparencia y de compartir las responsabilidades pero al mismo tiempo seguir innovando y aprendiendo a través de una experimentación auténtica. Se debe mejorar la coordinación entre los sectores gubernamentales, las instituciones de investigación y las universidades. El fomento exitoso de la participación múltiple de los interesados supone el desarrollo de tecnologías e instituciones que se ajusten a los antecedentes naturales, culturales y sociales de la región.

El papel desempeñado por un sistema legal en la gestión del uso de la tierra y el agua es esencial para el éxito de la gestión integrada de crecidas y puede influir en la actuación de muchos organismos que de otro modo no podrían ser incluidos directamente en la aplicación de los planes de gestión de crecidas. Desde una perspectiva medioambiental, la ley puede proteger y afianzar los derechos e intereses del medio ambiente que de otro modo no podrían tener ninguna influencia en el proceso de toma de decisiones. Los ecosistemas relacionados

con el agua deben ser considerados como usuarios legítimos de agua. Los diferentes procesos de evaluación ambiental como la evaluación ambiental estratégica y la evaluación de impacto ambiental deben llevarse a cabo dentro de un marco legal, al igual que los detalles de los procedimientos pertinentes que deben seguirse para la obtención de los permisos de planificación de los proyectos y programas, con un efecto probablemente significativo en el medio ambiente. Ello también incluye los derechos de acceso del público a la información medioambiental y el papel de los respectivos interesados al participar en la toma de decisiones.

Si bien la gestión coordinada de la tierra y el agua a nivel de la cuenca es difícil en ausencia de un marco institucional adecuado, se complica aún más en el caso de las cuencas transfronterizas donde el número de actores se dispara y existen muchas divergencias en ideologías, ética, legislación, gobernanza, sistemas de adquisición y calidad de datos, y códigos y prácticas de ingeniería. En la escena transfronteriza, la preocupación por el medio ambiente natural está plasmada en varios convenios internacionales, entre ellos, la Convención de Ramsar sobre los humedales; el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación; y el Convenio de Aarhus que trata del acceso a la información medioambiental<sup>74</sup>. Existen otros acuerdos ambientales más específicos aplicados a una cuenca o bilaterales. Los acuerdos medioambientales bilaterales y multilaterales también pueden propiciar el impulso político para incorporar disposiciones medioambientales deseadas en los marcos legales nacionales.

## 6.9 En resumen

Para plasmar apropiadamente las consideraciones medioambientales en los procesos de toma de decisiones relativos a la gestión de crecidas en lo que respecta a la política, planificación, diseño y aplicación del proyecto, junto con otros aspectos pertinentes como los aspectos legales, institucionales, sociales y económicos, incluida la participación de los interesados, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- desde la perspectiva medioambiental de la gestión integrada de crecidas, se recomienda la adopción de un enfoque triple que consiste en evitar, reducir y atenuar los efectos negativos en el medio ambiente sin comprometer los objetivos de la gestión de crecidas;
- el conocimiento científico de conceptos básicos acerca de la morfología y ecología de los ríos y sus planicies de inundación, y de cómo éstas dependen del régimen fluvial, es fundamental para entender los procesos del ecosistema en una cuenca fluvial y los efectos de las medidas de gestión de crecidas en el medio ambiente;
- varias políticas públicas no directamente relacionadas con la gestión de crecidas también tienen efectos en los riesgos de crecidas. Para tener en cuenta las cuestiones medioambientales en los procesos de toma de decisiones dentro de los enfoques de la gestión integrada de crecidas, es necesario un marco global con los elementos siguientes:
  - comprensión y análisis científicos;
  - evaluación ambiental;
  - análisis económico que tome en consideración el medio ambiente;
  - participación de los interesados;
  - manejo adaptativo;
  - supervisión; y
  - mecanismos de apoyo;
- es importante la evaluación ambiental en las diferentes etapas de la toma de decisiones. La evaluación ambiental estratégica es un enfoque dinámico a nivel estratégico. Puede ayudar a identificar con antelación problemas importantes que deben tenerse en cuenta en la evaluación de impacto ambiental

posterior, que se lleva a cabo en la fase de diseño y de ejecución del proyecto. La evaluación ambiental estratégica apoya la evaluación de impacto ambiental en la investigación, la evaluación del alcance y de ese modo integra las consideraciones medioambientales en los procesos de toma de decisiones;

- el análisis costo-beneficio y el análisis de criterios múltiples son metodologías útiles que respaldan la toma de decisiones cuando es necesario analizar una serie de opciones en relación con sus aspectos económicos. Es esencial la integración en estos análisis de la evaluación de los servicios suministrados por los ecosistemas;
- la participación de los interesados es crucial para la evaluación ambiental estratégica, la evaluación de impacto ambiental y los análisis costo-beneficio/de criterios múltiples en aquellos casos en que se puede lograr una conciliación aceptable. Para la participación eficaz de los interesados se necesita un mecanismo de apoyo. El análisis de criterios múltiples puede usarse como marco para que los interesados exploren la naturaleza de las opciones, con la finalidad de determinar cuáles son los factores esenciales y descubrir sus preferencias;
- para hacer frente a la incertidumbre científica, se deben adoptar enfoques de manejo adaptativo a fin de llevar a cabo modificaciones en la mitad del proceso. La supervisión de la efectividad de un plan y proyecto es importante para enmendar su planificación y aplicación durante el proceso;
- todos los aspectos relevantes del medio ambiente como los cambios en el uso de la tierra, la diversidad de hábitats, la distribución de humedales, los indicadores del estado de la industria pesquera y de la sensibilidad de las especies y la diversidad de las comunidades de macroinvertebrados deben ser incluidos en la supervisión de manera oportuna;
- el papel de un sistema legal puede influir en la conducta de muchos organismos que de otro modo no podrían participar directamente en la ejecución de los planes de la gestión de crecidas. La ley puede proteger y afianzar derechos e intereses del medio ambiente que de otro modo no podrían tener influencia en la toma de decisiones.

## REFERENCIAS

### Notas

- 1 Unidad de Gestión de Riesgos del Banco Mundial (2005), *Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis*, Disaster risk management series no.5, Washington, DC, Banco Mundial.
- 2 Ahmad, Q.K., A.K. Biswas, R. Rangachari y M.M. Sainju (2001), *Ganges-Brahmaputra-Meghna Region: A Framework for Sustainable Development*, Dhaka, University Press Limited.
- 3 Nakamura, K., K. Tockner y K. Amano (2006), "River and Wetland Restoration: Lessons from Japan", *BioScience*, Vol. 56, N°5: 419-429.
- 4 a) Munich Re (2006), *Topics Geo - Annual review: Natural catastrophes 2005*, Munich, Knowledge series.  
b) Guha-Sapir, D., D. Hargitt y P. Hoyois (2004), *Thirty years of natural disasters, 1974-2003: The numbers*, Louvain, Centre for Research on the Epidemiology of Disasters/UCL Presses.
- 5 OMM, Programa Asociado de Gestión de Crecientes (APFM) (2004), *Gestión integrada de crecientes. Documento Conceptual*, APFM Documento Técnico N°1, segunda edición, Ginebra, OMM, disponible en línea: [http://www.apfm.info/pdf/concept\\_paper\\_s.pdf](http://www.apfm.info/pdf/concept_paper_s.pdf).
- 6 *Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano*, Estocolmo, 5-16 de junio de 1972 (A/CONF.151/26, Vol. 1) (publicación de las Naciones Unidas, N° de venta F.73.II.A.14), Cap. 1.
- 7 Asamblea General de las Naciones Unidas, *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*, 11 de diciembre de 1987 (A/RES/42/187).
- 8 Asamblea General de las Naciones Unidas, *Declaración y Programa de Acción de Viena aprobados por la Conferencia Mundial de Derechos Humanos*, Viena, 14-25 de junio de 1993 (A/CONF.157/23 (Part II)).
- 9 Naciones Unidas (1992), "Agenda 21, Vol. I: Resoluciones aprobadas por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Río de Janeiro, junio de 1992", *Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente y el desarrollo* (A/CONF.151/26 (Vol. II, Anexo II)).
- 10 Naciones Unidas, "Plan de aplicación adoptado por la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible", *Informe de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible*, Johannesburgo, 26 de agosto al 4 de septiembre de 2002 (A/CONF.199/20, N° de venta E.03. II.A.1).
- 11 Artículo 2 del Convenio sobre la Diversidad Biológica finalizado en Río de Janeiro el 5 de junio de 1992, Naciones Unidas, *Compilación de Tratados*, Vol. 1760, I-30619.
- 12 Se refiere a los componentes inanimados del medio ambiente.
- 13 Acreman, M.C. (1998), "Principles of water management for people and the environment", en: A. Sherbinin y V. Dompka, *Water and Population Dynamics*, American Association for the Advancement of Science, disponible en línea: <http://www.aaas.org/international/ehn/waterpop/contents.htm>.
- 14 Falkenmark, M. (2003), *Water Management and Ecosystems: Living with Change*, TEC Background Papers No. 9, Estocolmo, Asociación Mundial del Agua (GWP).
- 15 Conferencia de las Partes en el Convenio sobre la Diversidad Biológica, Decisión V/6, adoptada con motivo de su quinta reunión, Nairobi, 15-26 de mayo de 2000 (UNEP/CBD/COP/5/23).
- 16 Informe del Curso práctico sobre el enfoque por ecosistemas, Lilongwe, Malawi, 26-28 de enero de 1998, presentado a la Conferencia de las Partes en el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) con motivo de su cuarta reunión, Bratislava, Eslovaquia, 4-15 de mayo de 1998 (UNEP/CBD/ COP/4/Inf.9).
- 17 Evaluación Ecosistémica del Milenio (2005), *Ecosystems and Human Well-being: synthesis*, Washington, DC, Island Press.
- 18 Smith, K.R., C.F. Corvalán y T. Kjellström (1999), "How Much Global Ill Health Is Attributable to Environmental Factors?", *Epidemiology*, septiembre de 1999, 10(5):573-84, disponible en línea: [http://www.who.int/quantifying\\_ehimpacts/methods/en/](http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/methods/en/).
- 19 Ministerio de Finanzas del Gobierno de India, *The Underlying Causes of Environmental Degradation, Economic Survey 1998-99*, disponible en línea: <http://indiabudget.nic.in/es98-99/chap1104.pdf>.
- 20 Aragón, L.E. y M. Clüsener-Godt (2004), *Issues of Local and Global Use of Water from the Amazon*, UNESCO y Núcleo de Altos Estudios Amazónicos, Pará, Universidade Federal do Pará.
- 21 Nienhuis, P.H. y R.S.E.W. Leuven (2001), "River restoration and flood protection: controversy or synergism?", *Hidrobiología*, 444: 85-99.
- 22 Institution of Civil Engineers' Presidential Commission (2001), *Learning to live with rivers*, Londres, Institution of Civil Engineers.
- 23 OMM, APFM (véase nota N° 5).
- 24 Church, M. (2002), "Geomorphic thresholds in riverine landscapes", *Freshwater Biology*, 47: 541-557.
- 25 Junk, W.J., P.B. Bayley y R.E. Sparks (1989), "The flood pulse concept in river flood plain systems", *Proceedings of the International Large River Symposium (LARS)*, Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Science, 106: 110-127.

- 26 Bhowmik, N.G. y J.B. Stal (1979), *Hydraulic Geometry and Carrying Capacity of Flood Plains*, Water Research Center, Research Report No. 145, Urbana, Illinois, Universidad de Illinois.
- 27 a) Nanson, G.C. y J.C. Croke (1992), "A genetic classification of flood plains", *Geomorphology*, 4: 459–486.  
 b) Leopold, L.B. (1994), *A View of the River*, Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press, 281 págs.
- 28 Richards, K., J. Brasington y F. Hughes (2002), "Geomorphic dynamics of floodplains: ecological implications and a potential modelling strategy", *Freshwater Biology*, 47: 559–579.
- 29 Forman, R.T.T. y M. Godron (1986), *Landscape ecology*, Nueva York, John Wiley and Sons.
- 30 Hughes, F.M.R. et al. (2003), *The Flooded Forest: Guidance for policy makers and river managers in Europe on the restoration of floodplain forests*, The FLOBAR2 Project, Cambridge, Unión Europea y Departamento de Geografía de la Universidad de Cambridge, 96 págs.
- 31 Banco Mundial (2004), *Sustaining Forests. A World Bank Strategy*, Washington, The International Bank for Reconstruction and Development, disponible en línea: <http://www.worldbank.org/forests>.
- 32 alóctono: dícese de la materia orgánica de una corriente de agua que ha sido producida fuera de la misma como, por ejemplo, hojas de plantas terrestres que han caído a la corriente.
- 33 Nakamura, F. y H. Yamada (2005), "Effects of pasture development on ecological functions of riparian forests in Hokkaido in northern Japan", *Ecological Engineering*, 24: 539–550.
- 34 FAO y CIFOR (2005), *Forests and floods. Drowning in fiction or thriving on facts?*, FAO y Centro de Investigación Forestal Internacional (CIFOR).
- 35 *Ibidem*.
- 36 Los sistemas lénticos son sistemas hídricos de aguas tranquilas como los lagos y estanques. Los sistemas lóticos son sistemas de aguas en movimiento como los ríos.
- 37 Banco Mundial (2003), *Water Resources and Environment*, Technical Note G.2, Lake Management, Washington, DC, Banco Mundial.
- 38 Artículo primero de la *Convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas*, Ramsar, 1971.
- 39 Brinson, M.M. y A.I. Malvárez (2002), "Temperate freshwater wetlands: types, status, and treats", *Environmental Conservation*, 29: 115–133.
- 40 Keddy, P.A. (2000), *Wetland Ecology: Principles and Conservation*, Cambridge, Cambridge University Press.
- 41 Philip Williams & Associates, Ltd., Clearwater BioStudies, Inc., Michel P. Williams Consulting, GeoEngineers y Green Point Consulting (2002), *Development of an Integrated River Management Strategy*, informe final, 21 de septiembre de 2002. Informe elaborado para el US Fish and Wildlife Service, la US Environmental Protection Agency y el US Army Corps of Engineers.
- 42 Pierson, W.L. et al. (2002), *Environmental Water Requirements to Maintain Estuarine Processes*, Environmental Flows Initiative Technical Report, Informe N° 3, Canberra, Environmental Australia.
- 43 US Army Corps of Engineers (1995), *Engineering and Design Coastal Geology: Manual No. 1110-2-1810*, Departamento del Ejército, Washington, DC, US Army Corps of Engineering.
- 44 FAO, *Summary report of the regional coordination workshop on rehabilitation of tsunami-affected forest ecosystems: strategies and new directions*, Bangkok, 7–8 de marzo de 2005.
- 45 Resolución VIII.4 relativa al manejo integrado de las zonas costeras (MIZC), octava reunión de la Conferencia de las Partes contratantes en la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), Valencia, España, 18 a 26 de noviembre de 2002.
- 46 Comisión Mundial de Represas (2000), *Represas y desarrollo – Un nuevo marco para la toma de decisiones*, Reporte final de la Comisión Mundial de Represas, Londres, Earthscan.
- 47 Dyson, M., G. Bergkamp y J. Scanlon (2003), *Flow – The essentials of environmental flows*, Gland y Cambridge, UICN-Unión Mundial para la Naturaleza.
- 48 Federal Interagency Stream Restoration Working Group (1998) (revisado en 2001), "Stream Corridor Restoration: Principles, Processes and Practices", Parte 652 del *National Engineering Handbook*, National Resources Conservation Service, Ministerio de Agricultura de los Estados Unidos de América, Estados Unidos.
- 49 Sato, H. (2001), "The Current State of Paddy Agriculture in Japan", *Irrigation and Drainage*, 50: 91–99, DOI: 10.1002/ird.10.
- 50 OMM, Oficina federal suiza para el agua y la geología (2001), *Protection contre les crues des cours d'eau, Directives 2007*, Bienne, OMM.
- 51 OMM, Programa asociado de gestión de crecientes (APFM), *Aspectos sociales y participación de los interesados en la gestión integrada de crecidas*, Documento Técnico APFM N° 4, Colección "Políticas de gestión de crecidas", Ginebra, OMM (versión inglesa, francesa y española en preparación), <http://www.apfm.info>.
- 52 ONU, Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico (CESPAP) (2004), *Guidelines on strategic planning and management of water resources*, Nueva York, Naciones Unidas.

- 53 Banco Mundial (1991), *Environmental Assessment Sourcebook*, Washington, D.C, Departamento de Medio Ambiente, Banco Mundial.
- 54 Emerton, L. y E. Bos (2004), *Value – Counting ecosystems as water infrastructure*, Gland y Cambridge, UICN-Unión Mundial para la Naturaleza.
- 55 Banco Mundial (2005), *Integrating Environmental Considerations in Policy Formulation: Lessons from Policy-Based SEA Experience*, Washington, DC, Departamento de Medio ambiente, Banco Mundial.
- 56 Ministerio de Medio Ambiente de Japón (2003), *Effective SEA system and case studies*, Ministerio de Medio Ambiente.
- 57 “Environmental Impact Assessment Decree”, 1987, enmendado en 1994, Países Bajos.
- 58 “Cabinet Directive” (Directiva del Gabinete), 1990, enmendada en 1999, Canadá.
- 59 “Prime Minister’s Office circular” (Circular de la Oficina del Primer Ministro), 1993, enmendada en 1995 y 1998, Dinamarca.
- 60 “Guidance on policy appraisal and the environment” (Directrices sobre la evaluación de políticas y el medio ambiente), 1991, enmendadas en 1997, Reino Unido.
- 61 Naciones Unidas, PNUMA, sitio web de la División de Tecnología, Industria y Economía, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, <http://www.unep.fr/en/index.asp>.
- 62 OMM, Programa asociado de gestión de crecientes (APFM), *Aspectos económicos de la gestión integrada de crecidas*, Documento Técnico APFM N° 5, Colección “Políticas de gestión de crecidas”, Ginebra, OMM (versión inglesa, francesa y española en preparación), <http://www.apfm.info>.
- 63 ONU, Comisión Económica para Europa (CEE) (2006), *Nature for water: Innovative financing for environment*, Ginebra, CEE.
- 64 Dodgson, J., M. Spackman, A. Pearman y L. Phillips (2000), *Multi-Criteria Analysis: A Manual*, Londres, Ministerio de Medio Ambiente.
- 65 OMM, APFM, véase la nota 51.
- 66 “Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo”, *Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente y el desarrollo*, Río de Janeiro, 3 a 14 de junio de 1992 (A/CONF.151/26 (Vol. I)).
- 67 Informe del Comité Intergubernamental de Negociación de una Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, Segunda parte de su quinta reunión, Nueva York, 30 de abril al 9 de mayo de 1992 (Art. 3 (3), A/AC. 237/18).
- 68 Estados Unidos de América, Ministerios de Agricultura, de Comercio, de Defensa, de Energía y del Interior, la Environmental Protection Agency, la Tennessee Valley Authority y el Army Corps of Engineers (2000). *Unified Federal Policy for a Watershed Approach to Federal Land and Resource Management* (Federal Register/ Vol. 65, No. 202/ Wednesday, October 18, 2000/ Notices).
- 69 Carr, D.S. (1995), “Human dimensions in ecosystem management: a USDA Forest Service perspective”, en: D.J. Chavez, (coord. técn.), *Proceedings 2nd symposium on social aspects and recreation research*, 23–25 de febrero de 1994, San Diego, CA. General Technical Report PSW–156, Albany, CA, Ministerio de Agricultura de los Estados Unidos de América, Forest Service, Pacific Southwest Forest y Range Experiment Station.
- 70 Federal Interagency Stream Restoration Working Group (1998) (revisado en 2001), véase la nota N° 48.
- 71 Universidad de Tokio, The 21st Century COE Programme, “Biodiversity and Ecosystem Restoration Research Project”, disponible en el sitio web: [http://www.ber.es.a.u-tokyo.ac.jp/ber\\_hpe/index\\_e.htm](http://www.ber.es.a.u-tokyo.ac.jp/ber_hpe/index_e.htm).
- 72 Nyberg (1999), *An Introductory Guide to Adaptive Management*, Victoria, Forest Service.
- 73 OMM, Programa asociado de gestión de crecientes (APFM) (2006), *Aspectos jurídicos e institucionales de la gestión integrada de crecidas*, Documento Técnico APFM N° 2, Colección “Políticas de gestión de crecidas”, OMM, Ginebra.
- 74 Para más información sobre los acuerdos jurídicos internacionales relativos al medio ambiente, consúltese la publicación citada en la nota anterior.

## Bibliografía complementaria

- Asociación Mundial para el Agua (GWP) y Comité de Consejo Técnico (TAC) (2000), *Manejo integrado de recursos hídricos*, TAC Background Papers N° 4, Estocolmo, Asociación Mundial para el Agua.
- Banco Mundial (1996), *Guidelines for Integrated Coastal Zone Management*, Environmentally Sustainable Development Studies and Monographs Series No. 9, Washington, DC, Banco Mundial.
- Banco Mundial (2003), *Water Resources and Environment, Technical Note C.1, Environmental Flows: Concept and Methods*, Environmental Flow Assessment series, Washington, DC, Banco Mundial.
- Banco Mundial (2003), *Water Resources and Environment, Technical Note C.3, Environmental Flows: Flood Flows*, Environmental Flow Assessment series, Washington, DC, Banco Mundial.

- Banco Mundial (2003), *Water Resources and Environment, Technical Note G.3, Wetlands Management*, Waterbody Management series, Washington, DC, Banco Mundial.
- Banco Mundial (2003), *Water Resources and Environment, Technical Note G.2, Lake Management*, Waterbody Management series, Washington, DC, Banco Mundial.
- Bullock, A. y M. Acreman (2003), "The role of wetlands in the hydrological cycle", *Hydrology and Earth System Sciences*, 7 (3): 358–389.
- Clark, J.R. (1992) (reimpreso en 1994), *Integrated management of coastal zones*, Documento Técnico de Pesca, N° 327, Roma, FAO.
- FAO (1998), *Integrated coastal area management and agriculture, forestry and fisheries*, Orientaciones de la FAO, <http://www.fao.org/documents/>.
- Holling, C.S. (1978), *Adaptive Environmental Assessment and Management*. Nueva York, John Wiley & Sons.
- ILA (1966), "Reglas de Helsinki sobre los usos de las aguas de los ríos internacionales", adoptadas por la Asociación de Derecho Internacional (ILA) en su quincuagésima segunda conferencia, celebrada en Helsinki en agosto de 1966, Report of the Committee on the Uses of the Waters of International Rivers, Londres, Asociación de Derecho Internacional.
- King, J., C. Brown y H. Sabet (2003), "A scenario-based holistic approach to environmental flow assessments for rivers", *River Research and Applications* 19: 619–639.
- Knighton, D. (1998), *Fluvial Forms and Processes – A new perspective*, Londres, Edward Arnold, y Nueva York, Oxford University Press Inc.
- Kondolf, G.M., H. Piégay y N. Landon (2002), "Channel response to increased and decreased bed load supply from land use change: contrasts between two catchments", *Geomorphology*, 45: 35–51.
- Lee, K.N. (1999), "Appraising adaptive management", *Conservation Ecology* 3 (2): 3, <http://www.consecol.org/vol3/iss2/art3/>.
- Macarthur, R.H. y A.M. Wilson (1967), *The theory of island biogeography*, Princeton, Nueva Jersey, Princeton Univ. Press.
- National Research Council (NRC) (1992), *Restoration of aquatic ecosystems: science, technology, and public policy*, Washington, DC, National Academy Press.
- PNUMA (2004), *Environmental Impact Assessment and Strategic Environmental Assessment: Towards an Integrated Approach*, Servicio de Economía y Comercio de la División de Tecnología, Industria y Economía, Ginebra, PNUMA.
- Poff, N.L. et al. (1997), "The Natural Flow Regime – A paradigm for river conservation and restoration", *BioScience*, Vol. 47: 769–784.
- Tockner, K., F. Malard y J.V. Ward (2000), "An extension of the flood pulse concept", *Hydrological Processes*, 14: 2891–2883.
- Vannote, R.L. et al. (1980), "The river continuum concept", *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 37: 130–137.
- Walters, C. (1986), *Adaptive Management of Renewable Resources*, Nueva York, Macmillan.
- Ward, J.V. y J.A. Stanford (1983), "The serial discontinuity concept of lotic ecosystems", en: T.D. Fontaine y S.M. Bartell (eds.), *Dynamic of Lotic Ecosystems*, Ann Arbor, Michigan, Ann Arbor Science, 347–356.
- Ward, J.V. y J.A. Stanford (1995), "The serial discontinuity concept: extending the model to floodplain rivers", *Regulated Rivers*, 10: 159–168.

## GLOSARIO

**Abiótico:** perteneciente a la parte inanimada de un ecosistema. Dícese también de los factores o procesos medio-ambientales que impiden el desarrollo de la vida.

**Acuífero:** formación permeable capaz de almacenar y transmitir cantidades aprovechables de agua.

**Agradación:** proceso de elevación de una superficie del terreno por deposición de sedimentos.

**Aguas residuales:** agua de abastecimiento de una comunidad después de haber sido contaminada por diversos usos. Puede ser una combinación de residuos, líquidos o en suspensión, de tipo doméstico, municipal e industrial, junto con las aguas subterráneas, superficiales y de lluvia que puedan estar presentes.

**Alóctono:** que no es oriundo del lugar en el que se encuentra. Se aplica a la materia orgánica de una corriente de agua que ha sido producida fuera de la misma como, por ejemplo, hojas de plantas terrestres que han caído a la corriente.

**Aluvial:** de, perteneciente a, o formado por aluvión; depositado por aguas fluyentes o perteneciente a depósitos aluviales.

**Anádromo:** dícese de la especie que nace en agua dulce, migra al mar, donde crece, y remonta los ríos para desovar.

**Análisis costo-beneficio (ACB):** técnica para comparar todos los costos asociados a una inversión con los beneficios previstos de la misma. Se deben considerar y tomar en cuenta los factores tangibles e intangibles.

**Análisis de criterios múltiples (ACM):** proceso de ayuda a la toma de decisiones que lleva a cabo análisis de problemas complejos mediante la definición y ponderación de diversos criterios heterogéneos, con miras a evaluar diferentes soluciones.

**Anastomosis:** se denomina "cauce con anastomosis" a un cauce muy ancho compuesto por una multiplicidad de cauces menores entrelazados o trenzados.

**Antrópico (sin. antropógeno):** dícese de las modificaciones del relieve, los cambios hidrográficos, la alteración de la atmósfera y otros cambios directa o indirectamente provocados en la naturaleza por las actividades humanas.

**Bosque:** toda formación de vegetación cubierta como mínimo por un diez por ciento de árboles y/o bambúes con una altura mínima de 5 metros y generalmente asociada con una flora y fauna silvestres y con condiciones del suelo naturales.

**Bosque de playa:** bosque situado sobre la marca de marea alta en terrenos arenosos.

**Calibre del sedimento:** diámetro interior o exterior del sedimento.

**Calidad del agua:** propiedades físicas, químicas, biológicas y organolépticas del agua.

**Canal de derivación:** canal construido para desviar la corriente desde un punto aguas arriba hasta otro punto aguas abajo de la misma.

**Canalización:** proceso que consiste en ahondar o ensanchar un cauce, simplificar su geometría o reducir su rugosidad, a fin de acelerar la corriente para la navegación y/o para reducir las ondas de avenidas al aumentar la capacidad hídrica general, reducir la fricción y confinar los caudales en un solo cauce.

**Catádromo:** dícese de la especie que nace en el mar, migra a los ríos, donde crece, y vuelve al mar para desovar.

**Ciclón:** tempestad causada por la actividad de una depresión atmosférica.

**Concepto de continuidad fluvial (*River Continuum Concept - RCC*):** concepto según el cual existe un gradiente continuo de condiciones físicas de la cabecera a la desembocadura de los ríos y según el cual las características estructurales y funcionales de las comunidades biológicas se adaptan al régimen más probable del sistema (Vannote et al., 1980). Las comunidades de productores y consumidores se establecen en armonía con las condiciones físicas dinámicas de la cuenca, y las comunidades río abajo se organizan para aprovechar el flujo de materia orgánica no utilizada río arriba. Tanto las ineficiencias río arriba (fugas) como el ajuste río abajo son previsibles.

**Concepto de la discontinuidad serial (*Serial Discontinuity Concept*):** concepto según el cual las presas cambian las características físicas y biológicas de corrientes y ríos, que ya no corresponden al modelo previsto por el concepto de continuidad fluvial (Ward y Stanford, 1983). Una presa puede tender a reproducir las condiciones de las cabeceras (un cambio río arriba) o de los tramos inferiores; también puede tener un efecto insignificante. Las presas múltiples crean discontinuidades múltiples en la configuración natural de los cursos de agua.

**Concepto de pulso de inundación (*Flood Pulse Concept - FPC*):** concepto basado en la idea de que las interacciones dinámicas entre el agua y la naturaleza que la rodea influyen en los seres vivos que ocupan los sistemas fluviales (Junk et al., 1989). Parece ser que el intercambio lateral entre la planicie de inundación y el cauce del río, y el ciclo de nutrientes dentro de la planicie de inundación, tienen un efecto más directo en la biota que los nutrientes que se desplazan vertiginosamente de aguas arriba a aguas abajo en el cauce del río; se cree que el volumen de la biomasa animal en ese sistema se deriva de la producción en la planicie de inundación y no del transporte aguas abajo de materia orgánica producida en otra parte de la cuenca.

**Conectividad:** medición de la continuidad espacial de un corredor o sistema fluvial. La conectividad longitudinal se establece entre los tramos superiores e inferiores del corredor fluvial. La conectividad lateral es la que conecta al río con su planicie de inundación. La conectividad vertical es la que existe entre el corredor fluvial superficial, el sistema de aguas subterráneas y la zona hiporreica.

**Control de crecidas:** protección de áreas de terreno en caso de desbordamiento o minimización de los daños causados por avenidas.

**Corredor fluvial:** zona que comprende la planicie de inundación y los cauces del río.

**Crecida:** (1) elevación, generalmente rápida, en el nivel de las aguas de un curso, hasta un máximo a partir del cual dicho nivel desciende a una velocidad menor. (2) Flujo relativamente alto medido como nivel o caudal. (3) Marea creciente.

**Cuenca aportadora:** zona por la cual el conjunto de aguas (ríos, quebradas, arroyos, aguas subterráneas y lluvias) baja de las montañas hasta desembocar en un río principal, embalse, etc.

**Degradación:** desintegración y desgaste de la superficie de las rocas, acantilados, estratos, lechos de río, etc. por la acción atmosférica, del agua, biológica u otras.

**Depuración:** tratamiento del agua (o aguas residuales) para modificar las propiedades físicas así como eliminar sustancias químicas y organismos vivos, dañinos o no deseables.

**Desagüe:** abertura a través de la cual el agua se vierte o es extraída de un embalse o un curso de agua.

**Dique (también llamado terraplén y malecón):** obra construida para retener el flujo del agua dentro de un área determinada a lo largo de su cauce o para prevenir inundaciones debidas a mareas u ondas.

**Diversidad biológica (sin. biodiversidad):** variedad y variabilidad de seres vivos y sistemas ecológicos en los que éstos se encuentran. Abarca diferentes ecosistemas, especies, genes y su abundancia relativa.

**Ecohidrología/ecohidráulica:** ciencias que estudian los ecosistemas y su interacción con la hidrología o la hidráulica, respectivamente.

**Ecología:** estudio de las relaciones entre los seres vivos (plantas, animales y seres humanos) con el medio que los rodea.

**Ecosistema:** estructura dinámica de comunidades de plantas, animales y microorganismos que interactúan con su entorno inanimado como una unidad funcional.

**Ecosistemas costeros:** bosques o terrenos boscosos tierra adentro que se extienden hasta el mar. Están determinados por el aporte de agua dulce al sistema —la cantidad, calidad y periodicidad— y las influencias diarias y estacionales de las mareas que ocasionan cambios en la salinidad, temperatura, turbiedad y flujo de energía. Son ecosistemas costeros los manglares, bosques de playa y bosques de turba.

**Embalse:** el cuerpo de agua, natural o artificial, utilizado para el almacenamiento, regulación y control de recursos hídricos.

**Embalse de laminación:** embalse de diseño variable para el almacenamiento de aguas de crecidas. Sirve para almacenar la escorrentía por períodos cortos a fin de reducir las proporciones del caudal máximo, que se vierte posteriormente en los cursos de agua. Un embalse de laminación tiene por lo general un desagüe aguas abajo que desemboca en el cauce principal del río.

**Embalse de retención:** embalse de diseño variable para el almacenamiento de aguas de crecidas. Es un mecanismo para retener la escorrentía de una tormenta o el rebose de las aguas de crecidas por períodos considerables que permite que el agua continúe en el ciclo hidrológico por medio de la infiltración, la percolación y la evapotranspiración y no a través de la descarga directa a los cursos de agua.

**Enfoque ecosistémico:** estrategia para la gestión integrada de tierras, extensiones de agua y recursos vivos mediante la que se fomenta la conservación y la utilización sostenible de un modo equitativo.

**Escorrentía:** mezcla de agua y suelo junto con otras sustancias orgánicas o inorgánicas que puede haber en la tierra. Es el producto de la precipitación, nieve derretida, exceso de irrigación u otras aguas en contacto con el suelo y que arrastran materia hasta los arroyos, ríos, lagos y otros cuerpos de agua superficiales.

**Eutrofización:** enriquecimiento excesivo del agua por nutrientes, especialmente por compuestos de nitrógeno y fósforo que aceleran el crecimiento de algas y formas superiores de vida vegetal.

**Evaluación ambiental estratégica (EAE):** proceso sistemático para evaluar posibles repercusiones medioambientales de las propuestas de políticas, planes o programas, para garantizar que se incluyan en su totalidad y sean tomadas en cuenta debidamente en la fase inicial de la toma de decisiones, al mismo nivel que las consideraciones económicas y sociales.

**Evaluación de impacto ambiental (EIA):** herramienta utilizada para identificar los posibles efectos medioambientales y sociales de un proyecto antes de la toma de decisiones. Su objetivo es predecir el impacto ambiental en las primeras fases de la planificación y diseño del proyecto, encontrar los métodos para reducir los efectos negativos, adaptar los proyectos al entorno local y presentar las predicciones y opciones a los decisores.

**Evaporación:** emisión de vapor de agua por una superficie libre a temperatura inferior a su punto de ebullición.

**Flood Pulse Concept (FPC):** véase Concepto de pulso de inundación.

**Flujo ambiental:** régimen hidrológico de un río, humedal o zona costera para mantener los ecosistemas y sus beneficios donde hay usos del agua en pugna y donde los flujos están regulados.

**Fluvial:** dicese de un área que incluye el cauce del río y las tierras adyacentes conectadas directamente con el río.

**Geomorfología:** estudio de la disposición y forma de la corteza terrestre y de la relación entre sus rasgos físicos y las estructuras geológicas bajo la misma.

**Gestión de crecidas:** descarga controlada de agua a partir de un embalse, que inunda una zona específica de la planicie de inundación aguas abajo o el delta del río para restaurar y mantener los procesos ecológicos y los recursos naturales necesarios para el sustento de la población.

**Gestión integrada de crecidas (GIC):** proceso que fomenta un enfoque integrado, y no fragmentado, en materia de gestión de crecidas. Integra el desarrollo de los recursos del suelo y del agua en una cuenca fluvial en el marco de la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) y tiene como finalidad maximizar los beneficios netos de las planicies de inundación y reducir lo máximo posible las pérdidas de vidas causadas por las inundaciones.

**Gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH):** proceso que fomenta el desarrollo y la gestión coordinada del agua, el suelo y los recursos conexos para maximizar el bienestar económico y social resultante de una manera justa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales.

**Gestión integrada de zonas costeras (GIZC):** proceso de planificación y coordinación que se ocupa de la gestión del desarrollo y de los recursos costeros que se centra en la zona de contacto entre la tierra y el agua.

**Hidrología:** (1) ciencia que estudia las aguas superficiales y subterráneas de la Tierra y su aparición, circulación y distribución, tanto en el tiempo como en el espacio, sus propiedades biológicas, químicas y físicas, sus reacciones con el entorno, incluyendo su relación con los seres vivos. (2) Ciencia que estudia los procesos que rigen el agotamiento y recarga de los recursos hídricos continentales, y que trata las diversas fases del ciclo hidrológico.

**Humedales:** superficies de pantanos, ciénagas o turberas. Pueden ser naturales o artificiales, permanentes o temporales, con agua estancada o corriente, dulce, salobre o salina, incluidas las zonas de agua marina cuya profundidad a bajamar no exceda los seis metros.

**Infiltración:** flujo de agua que penetra en un medio poroso a través de la superficie del suelo.

**Integridad ecológica:** estado característico de un ecosistema capaz de amparar y sustentar su equilibrio, integridad y adaptabilidad, y que contenga todos los elementos (genes, especies, grupos) y procesos que deben existir en el hábitat natural de una región.

**Inundación:** (1) desbordamiento del agua sobre el nivel de cauce lleno de un canal natural o artificial. (2) Acumulación de agua causada por la escorrentía superficial en áreas bajas que normalmente no se encuentran anegadas.

**Lago oxbow:** lago con forma de arco que se crea por el cierre o estrangulamiento de un meandro.

**Lagos y estanques:** cuerpos de agua que son generalmente lénticos.

**Léntico:** dicese de un sistema de aguas tranquilas como los lagos y estanques.

**Lótico:** dicese de un sistema de aguas en movimiento como los cursos de agua.

**Manejo adaptativo:** proceso de gestión que consiste en establecer hipótesis en las primeras fases de la planificación de un proyecto y tratar el proceso de diseño, ejecución y control del mismo como un experimento para probar las hipótesis.

**Manejo adaptativo activo:** proceso experimental cuyo objetivo es determinar el modo de manejo o gestión más adaptado y que consiste en evaluar una serie de modelos basados en los datos de los que se dispone calculando su valor a largo plazo con respecto a sus costos a corto plazo. El manejo se concibe como un proceso evolutivo que va mejorándose progresivamente gracias a la observación crítica y analítica.

**Manejo adaptativo pasivo:** opción de gestión en la que se asume que es correcto el modelo en que están basadas las predicciones. Requiere la supervisión y evaluación de las actividades del proyecto, así como algunos aspectos de los experimentos de gestión.

**Manglar:** formación de bosques característica de los litorales tropicales y subtropicales resguardados. Están compuestos de árboles y arbustos que crecen debajo del nivel de aguas altas de las mareas sicigiales.

**Marea de tempestad:** elevación del nivel del mar o de un estuario causada por el paso de un centro de bajas presiones.

**Meandro:** curva formada por un cauce de corriente sinuosa, consistente en dos giros consecutivos en los cuales el agua fluye en uno, en la dirección de las agujas del reloj y en el otro, en el sentido contrario.

**Medio ambiente:** entorno en el que se desenvuelve una entidad. Comprende aire, agua, tierra, recursos naturales, flora, fauna, los seres humanos y sus interrelaciones.

**Morfología:** estudio de la estructura, forma o formación de los fenómenos meteorológicos, como nubes o cristales de hielo; incluida la clasificación de estos fenómenos. Por extensión, en lo que se refiere a los cursos de agua, estudio de su geometría, forma y estructura.

**Nutriente:** sustancia, elemento o compuesto necesario para el crecimiento y desarrollo de plantas y animales.

**Oxígeno disuelto (OD):** cantidad de oxígeno libre (no combinado químicamente) disuelto en el agua, en las aguas residuales u otro líquido. Una concentración adecuada de oxígeno disuelto es necesaria para la vida de los peces y otros organismos acuáticos y para la prevención de olores desagradables.

**Planicie de inundación:** (1) definida por los hidrólogos como el área inundada con un período de retorno de 100 años (Bhowmik y Stall, 1979); (2) definida por los geomorfólogos como una planicie aluvial que flanquea el cauce de un río, separada de él por los márgenes, construida por el sedimento del río en las condiciones actuales de clima y régimen fluvial, e inundada durante los fenómenos de flujo moderado (Nanson y Croke, 1992; Leopold, 1994); (3) definida por los ecólogos como las tierras que se inundan periódicamente (por lo general anualmente) por desbordes laterales de ríos o lagos o por precipitación directa o aguas subterráneas; el ambiente físico-químico resultante hace que la biota responda con

adaptaciones morfológicas, anatómicas, fisiológicas, fenológicas o etológicas, y que produzca estructuras comunitarias características (Junk *et al.*, 1989).

**Presa:** estructura construida transversalmente en un valle para retener agua o formar un embalse.

**Presa de control de crecidas:** presa que se utiliza para controlar las crecidas mediante el almacenamiento de todas o una porción de las aguas de crecida en el embalse, particularmente durante la punta de crecida, y que posteriormente las vierte lentamente con el paso del tiempo.

**Régimen de caudal (sin. régimen fluvial):** cantidad, frecuencia y carácter estacional de los flujos de agua.

**Restauración:** fase preliminar de la gestión que consiste en reconstruir un ecosistema perturbado por el impacto humano para que vuelva a ser lo más parecido posible a su estado natural (antes de su degradación).

**Ribereño:** situado a orillas de un río o cuerpo de agua.

**River Continuum Concept (RCC):** véase Concepto de continuidad fluvial.

**Sedimentación:** proceso de depósito y asentamiento por gravedad de la materia en suspensión en el agua.

**Sedimento:** material transportado por el agua desde su lugar de origen al de depósito. En los cursos de agua, son los materiales aluviales llevados en suspensión o como arrastre de fondo.

**Serial Discontinuity Concept:** véase Concepto de la discontinuidad serial.

**Servicio ecosistémico:** beneficio que las personas obtienen de los ecosistemas. Estos servicios están muy interrelacionados e incluyen servicios de suministro, de regulación y de cultivo. Comprenden además servicios de apoyo necesarios para mantener otros servicios y que pueden tener efectos relativamente indirectos y a corto plazo en las personas.

**Tasa de renovación:** tasa que refleja el proceso de extinción local (por ejemplo, en las islas) de algunas especies y su reemplazo por otras especies. La tasa de renovación es el número de especies eliminadas y reemplazadas por unidad de tiempo (MacArthur y Wilson, 1967:191).

**Tsunami:** ola marina de gran amplitud producida por un maremoto, erupción volcánica o deslizamiento del terreno.

**Zona hiporreica:** espacio situado a lo largo del cauce y debajo de él, en el que la dinámica hidrológica define los aportes de agua, sedimentos y nutrientes a los hábitats de superficie.



Organización  
Meteorológica  
Mundial  
Tiempo • Clima • Agua

## Organización Meteorológica Mundial Secretaría

7 bis, avenue de la Paix – Apartado postal 2300  
CH-1211 Ginebra 2 – Suiza  
Tel.: (+41-22) 730 83 14 – 730 83 15 – Fax: (+41-22) 730 80 27  
Correo electrónico: [wmo@wmo.int](mailto:wmo@wmo.int) – Sitio web: [www.wmo.int](http://www.wmo.int)



PROGRAMA  
ASOCIADO DE GESTIÓN  
DE CRECIENTES  
OMM/GWP

## Programa asociado de gestión de crecientes OMM/GWP

c/o Departamento de Hidrología y Recursos Hídricos  
Organización Meteorológica Mundial  
7 bis, avenue de la Paix – Apartado postal 2300  
CH-1211 Ginebra 2 – Suiza  
Correo electrónico: [apfm@wmo.int](mailto:apfm@wmo.int) – Sitio web: [www.apfm.info](http://www.apfm.info)



Asociación Mundial  
para el Agua

## Secretaría de la Asociación Mundial para el Agua

Drottningatan 33 – SE-111 51 Estocolmo  
Suecia  
Tel.: +46 8 562 51 900 – Fax: +46-8 562 51 901  
Correo electrónico: [gwp@gwpforum.org](mailto:gwp@gwpforum.org) – Sitio web: [www.gwpforum.org](http://www.gwpforum.org)