



Serie Seguridad Hídrica de WWF **2**

# **Cómo conservar los ríos vivos**

Guía sobre los caudales ecológicos

Febrero de 2009

**Jay O'Keefe, Tom Le Quesne**

La Serie Seguridad Hídrica de WWF presenta los conceptos clave de la gestión del agua ante la necesidad de un medio ambiente sostenible. La serie se basa en las lecciones aprendidas en el trabajo de WWF alrededor del mundo, y en las aportaciones más novedosas de expertos externos. Cada guía de la Serie Seguridad Hídrica abordará aspectos específicos de la gestión del agua, con un enfoque inicial en los temas relacionados con la escasez de agua, el cambio climático, la infraestructura y el riesgo.

### Comprensión del concepto de seguridad hídrica

En cuanto red internacional, WWF se ocupa de las amenazas globales para el ser humano y la naturaleza, como el cambio climático, la extinción de especies y sus hábitats, y el consumo insostenible de los recursos naturales del planeta. Hacemos esto influyendo en la forma en que los gobiernos, las empresas y la comunidad piensan, aprenden y actúan en relación con el mundo que nos rodea, y trabajando con comunidades locales para mejorar su calidad de vida y el medio ambiente del que todos dependemos.

Junto con el cambio climático, la escasez de agua potable –la existente y la que se prevé– quizás sea uno de los principales retos que el mundo deba enfrentar en el siglo XXI. Ésta no es sólo la opinión de WWF: muchos líderes mundiales, incluyendo a varios secretarios generales de la ONU, lo han mencionado en años recientes. Las voces que influyen en la economía global hablan con creciente frecuencia de los riesgos relacionados con el agua como una amenaza emergente para los negocios.

Si administramos mal el agua, la naturaleza también sufre la falta de este recurso. De hecho, hay evidencia de que la biodiversidad de los ecosistemas dulceacuícolas ya está sufriendo gravemente a causa de la sobre-extracción de agua y la contaminación de los ríos, los lagos y las aguas subterráneas, así como las consecuencias de una infraestructura hídrica mal planeada. El Informe Planeta Vivo de WWF muestra que la disminución de la biodiversidad de los ecosistemas dulceacuícolas es probablemente la más acentuada entre todos los tipos de hábitats.

Conforme crezca la población mundial y aumente la demanda de alimentos y energía, se va a incrementar la presión sobre los ecosistemas de agua dulce. Además, es probable que los efectos más importantes del cambio climático se perciban a través de cambios en los ciclos hidrológicos.

WWF ha trabajado durante muchos años en diversas partes del mundo para mejorar la gestión del agua. Garantizar la seguridad hídrica sigue siendo una de nuestras prioridades clave.

### Reconocimientos

Este informe fue preparado por Pegasys Consulting. Los autores quisieran agradecer a Andy Wales, Jason Morrison, Will Day, Lauren Iannarone, Richard Mattison y Denise Knight sus observaciones y comentarios a los primeros borradores.

Los autores también quisieran expresar su agradecimiento a los editores de la serie: Dave Tickner y Mica Ruiz.

Traducción  
Ana Lucía Block

Revisión  
Eugenio Barrios y Juan Antonio Reyes

Con el apoyo de la Alianza



F U N D A C I O N  
GONZALO RÍO ARRONTE, I.A.P.

## Seguridad hídrica

La publicación de la Serie Seguridad Hídrica se presenta en un momento de gran importancia para el manejo del agua en México y en el mundo. A los desafíos actuales - acceso universal al agua, sobre explotación y contaminación de las fuentes de abastecimiento - se suman los efectos del cambio climático que ya se hacen evidentes. Los compromisos de mitigación y adaptación al cambio climático que los diferentes sectores de la sociedad asuman en los próximos años serán fundamentales si queremos contar con suficiente agua para las generaciones futuras.

La escasez de agua - uno de los retos más importantes que enfrenta la humanidad - es definida como el resultado de una complicada interacción de factores sociales, económicos y ambientales, y sólo en ocasiones es atribuible únicamente a la falta de lluvias. A medida que aumenta el conocimiento científico sobre la complejidad de los procesos hidrológicos, es más claro que la conservación de los recursos naturales es la mejor opción para garantizar el abasto de agua en cantidad y calidad.

Con estos desafíos en mente, en 2004 WWF-México y la Fundación Gonzalo Río Arronte establecieron una Alianza para desarrollar nuevos modelos de manejo de cuencas hidrográficas en México, enfocándose en la cuenca del río Conchos, principal afluente del río Bravo en el Desierto Chihuahuense; en el río San Pedro-Mezquital, uno de los últimos ríos que fluyen libremente en América del Norte, y que desemboca en el Golfo de California; y en las cuencas de los ríos Copalita-Zimatán-Huatulco en el estado de Oaxaca, la región con mayor biodiversidad en México. Las valiosas experiencias acumuladas durante estos cinco años por la Alianza WWF-Fundación Gonzalo Río Arronte y sus socios gubernamentales y no gubernamentales en estas cuencas se suman a las experiencias de WWF en otros ríos prioritarios alrededor del mundo para demostrar la factibilidad de instrumentar un nuevo modelo para el manejo del agua, sustentado en la conservación de los ecosistemas.

Este nuevo modelo se basa en el establecimiento de un caudal ecológico (la cantidad de agua que requieren los ecosistemas naturales para mantenerse como fuentes sostenibles de este recurso) como principio rector del manejo del agua, que en el ámbito de la sostenibilidad define límites a la extracción, es decir, establece límites productivos que mejoran las condiciones de equidad e implican la adopción de metas de eficiencia en el uso del agua para cada sector de la sociedad. El proceso de determinación y adopción de los caudales ecológicos implica avanzar en el conocimiento de los ecosistemas, mejorar la asignación de derechos de uso del agua y garantizar el uso social de los ríos. Requiere también fortalecer la gobernanza del agua para establecer acuerdos entre los usuarios y la sociedad, así como mejorar las acciones de monitoreo y vigilancia.

Los detalles para abordar todos estos aspectos están contenidos en esta Serie Seguridad Hídrica, que la Alianza WWF-Fundación Gonzalo Río Arronte se complace en poner a disposición del público mexicano e hispanoparlante, en ocasión de la celebración por primera vez en México (y en América Latina) del Congreso Mundial de Tierras Silvestres WILD9, en el que la Alianza coordinó el programa de agua. La traducción de los primeros cuatro documentos de la Serie al español de las versiones originales en inglés desarrolladas por WWF-Reino Unido en el marco de la Sociedad del Clima auspiciada por HSBC, forma parte del esfuerzo conjunto de WWF-México y la Fundación Gonzalo Río Arronte para desarrollar nuevos modelos de manejo del agua en México.

La Fundación Gonzalo Río Arronte y WWF están convencidos de que un río limpio, fluyendo y lleno de vida es el mejor indicador de que estamos manejando bien este recurso y, por lo tanto, de que estamos preparados para enfrentar la escasez de agua. La ecuación es simple: cantidad más calidad de agua es igual a salud del medio ambiente, que a su vez es igual a conservación de la biodiversidad y a abasto de agua en cantidad y en calidad, que finalmente se traduce en bienestar social, económico y ambiental.

Omar Vidal  
Director General  
WWF-México

Julio Gutiérrez Trujillo  
Presidente, Comité del Agua  
Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P.

# ÍNDICE

## **04 RESUMEN**

**Los caudales ecológicos y su evaluación**

## **06 INTRODUCCIÓN**

**¿Por qué son necesarios los caudales ecológicos?**

## **07 PARTE A**

**Los ríos, los caudales y las necesidades del medio ambiente**

**08 Los ríos y los caudales**

**11 ¿Qué son los caudales ecológicos?**

## **12 PARTE B**

**La base de los caudales ecológicos**

**13 Hipótesis ecológicas en torno a los caudales ecológicos**

**15 Limitaciones de los caudales ecológicos**

## **17 PARTE C**

**Los caudales ecológicos: temas clave**

**18 Instrumentación**

**20 Un proceso científico y social**

**21 Elección de un método de evaluación adecuado**

**23 Determinación de los objetivos**

**26 Políticas y Legislación para la evaluación de los caudales ecológicos**

## **28 PARTE D**

**Evaluación de los caudales ecológicos**

**29 Métodos para evaluar los caudales ecológicos**

**33 Indicadores**

## **36 ANEXO A**

**Objetivos jerárquicos– Método de establecimiento de indicadores medibles para alcanzar una visión**

## **37 ANEXO B**

**Glosario**

## **38 ANEXO C**

**Lecturas adicionales**

**39 Referencias empleadas en el texto**



# Resumen:

## Los caudales ecológicos y su evaluación

La creciente explotación mundial de los recursos hídricos ha llevado a una reducción significativa de la biodiversidad de los ecosistemas dulceacuícolas y de los servicios que aportan los ríos. En muchos lugares, los ríos han dejado de fluir.

Las consecuencias socioeconómicas de la interrupción y el colapso de los sistemas de agua dulce son a menudo profundas: la comunidad depende de los servicios ribereños naturales mucho más de lo que parece a simple vista, y esto sólo se hace evidente cuando el río está gravemente degradado.

En respuesta a lo anterior, en las últimas décadas se ha venido desarrollando el concepto de caudales ecológicos. Un caudal ecológico es la cantidad de agua que corre río abajo, preservando el río en las condiciones ambientales deseadas. Conforme el concepto ha ido evolucionando, ha habido un significativo desarrollo de enfoques para la evaluación de los caudales ecológicos.

A partir de la experiencia mundial de las últimas décadas, se puede extraer una serie de lecciones:

1. Las características y los ecosistemas de los ríos están controlados de manera muy significativa por procesos físicos, en particular por los caudales. Un régimen de caudales ecológicos describe todos los diferentes flujos (la estación lluviosa, el estiaje, las inundaciones, las sequías, etc.) necesarios para mantener el río y todos sus elementos funcionando en las condiciones deseadas.
2. La evaluación de los caudales ecológicos es un proceso tanto social como científico, en el que la decisión de la sociedad tiene un papel medular. No hay un único régimen de caudales ecológicos correcto para los ríos - la respuesta depende de lo que la comunidad necesite de un río. Los diferentes tipos de ríos pueden tener distintas necesidades y prioridades; por ejemplo, el enfoque para un río en un área protegida, en contraste con el de un río en una gran zona de riego o una zona urbana será distinto. La elección y el criterio, en particular al determinar los objetivos respecto al medio ambiente, son una parte esencial del proceso de los caudales ecológicos.
3. La evaluación de los caudales ecológicos se basa en la suposición de que hay en los ríos una cierta cantidad de agua 'de sobra' que puede utilizarse sin afectar de manera inaceptable los servicios que el río aporta como ecosistema.
4. Los caudales ecológicos no se limitan a establecer un nivel "mínimo" para el caudal en los ríos. Todos los elementos de un régimen de caudales naturales, incluyendo las inundaciones y las sequías, son importantes para controlar las características del río y de las comunidades naturales que lo habitan. Por ejemplo, los ríos con un régimen de caudales constante pueden ser rápidamente invadidos por especies que se convierten en plagas.
5. Los caudales ecológicos no siempre necesitan aumentar los flujos actuales. En algunos casos, por ejemplo, cuando los flujos de la temporada baja se han incrementado artificialmente por medio de transvases entre las cuencas o mediante la liberación de las presas de las centrales hidroeléctricas, la recomendación puede ser disminuir los flujos actuales. En otros casos, la evaluación podría identificar que se puede extraer una cierta cantidad de agua adicional sin consecuencias inaceptables.

## Resumen:

# Los caudales ecológicos y su evaluación

6. La evaluación de los caudales ecológicos no sólo es útil en los ríos en los que se han desarrollado o se están desarrollando programas de gestión de recursos hídricos; es muy útil para conocer las necesidades del medio ambiente antes de hacer cualquier plan de desarrollo, de modo que estos flujos puedan ser tomados en cuenta en las primeras etapas del proceso de planificación.
7. Hay a la fecha más de 200 métodos para evaluar los caudales ecológicos. Algunos son métodos de muy rápida aplicación o de extrapolación, que no necesitan trabajo adicional o lo necesitan mínimamente, mientras que otros requieren años de trabajo de campo y especialistas de diversas disciplinas. Las cinco principales categorías de métodos de evaluación son por: criterios preestablecidos, extrapolación, medición hidráulica, simulación del hábitat, y métodos holísticos. La elección del método dependerá de:
  - La urgencia del problema
  - Los recursos disponibles para el análisis
  - La importancia del río
  - La dificultad de su aplicación
  - La complejidad del sistema
8. En vez de emprender una extensa evaluación previa, a veces un enfoque alternativo interesante puede ser concentrarse de inmediato en la instrumentación de algunos caudales. Esta opción requiere un cuidadoso control de los resultados en los caudales de prueba para ver si se cumplen los objetivos. Este abordaje podría ser particularmente importante en situaciones en las que ya existe un grave problema de extracción excesiva.
9. En todos los contextos, la instrumentación de los caudales ecológicos debe ser un proceso de adaptación en el que los flujos puedan modificarse sucesivamente a la luz de un conocimiento creciente, el cambio de prioridades, y las modificaciones en la infraestructura (por ejemplo, la eliminación de presas) a lo largo del tiempo. Desde esta perspectiva, puede ser más apropiado para una legislación requerir la aplicación de métodos de evaluación, pero permitir una cierta flexibilidad.
10. La falta de información y de recursos no debería ser nunca un obstáculo para instrumentar un caudal ecológico. Cualquier intento de restaurar parte de la variabilidad natural es siempre mejor que nada; los ajustes posteriores siempre serán posibles en la medida en que se disponga de mayor conocimiento y más recursos.
11. En casi cualquier contexto, la instrumentación representa un reto inconmensurablemente mayor que la evaluación de los caudales necesarios. Por lo tanto, los conservacionistas deben cerciorarse de no dedicar esfuerzos desproporcionados a la discusión y el debate sobre la metodología apropiada, desatendiendo así el esfuerzo más importante: el de trabajar en su instrumentación.

# Introducción: ¿Por qué necesitamos caudales ecológicos?

Es cada vez más evidente que la biodiversidad de los ecosistemas dulceacuicolas, a escala regional y mundial, está en mayor peligro que la de los sistemas terrestres o marinos. Los sistemas de agua dulce albergan –en menos de 0.01% del total mundial de las aguas superficiales– 40% de las especies de peces. Y si a este total se agregan los anfibios, los reptiles y los mamíferos asociados al agua, la cifra crece hasta un tercio de la diversidad biológica mundial de vertebrados. Incluso una estimación conservadora calcula en 55% en promedio el descenso de la población mundial de vertebrados de agua dulce entre 1970 y 2000.

Al mismo tiempo, la comunidad necesita el agua de los ríos, los lagos y los humedales para muchas cosas: para beber, para la producción de alimentos, para la industria; para re-purificarla, y para la pesca, la navegación, la recreación y las actividades culturales. Si somos cuidadosos, podemos obtener todo esto de los ríos, pero es cada vez más común que las personas vean a los ríos solamente como proveedores de agua y como drenajes. De aquí que muchos de los ríos del mundo entero hayan perdido su caudal y muchos otros no lleven ya sino aguas residuales. Al igual que otros recursos naturales, los ríos son muy útiles si se usan razonablemente, e inútiles –e incluso peligrosos– si se explotan en exceso. Los ríos de poco o ningún flujo, o con grandes cantidades de aguas residuales, tienden a convertirse en focos de enfermedades como la malaria, el cólera, la esquistosomiasis y la disentería.

El propósito de los caudales ecológicos es conservar al menos algunos de los patrones naturales de los flujos a todo lo largo de un río, de modo que las personas, los animales y las plantas corriente abajo puedan subsistir y continuar utilizando sus recursos. Por consiguiente, su propósito es, en realidad, lograr el uso razonable de los recursos hídricos.

Para determinar el destino de un caudal ecológico, la gente debe decidir lo que espera de el río. ¿Quiere cultivar la tierra, generar electricidad, abastecer a la población o conservarlo en un parque nacional? Debe optar, en segundo lugar, por las condiciones en que espera que esté el río. En la mayoría de los casos la comunidad quiere aprovechar sus aguas y demás recursos, por lo que no pretende conservarlo en condiciones enteramente naturales. También en la mayoría de los casos (con suerte en todos) no quiere convertirlo en un cauce seco o en desagüe residual. De modo que debe determinar en qué punto entre el estado natural y el estado de pérdida total le gustaría conservarlo. Éste es el papel de la evaluación de los caudales ecológicos.



PARTE A:

Los ríos,  
los caudales  
y las necesidades  
del medio ambiente

# Los ríos y los caudales

- Los hábitats de los ríos son controlados generalmente por procesos físicos (los flujos, la calidad del agua, el transporte de sedimentos), por lo que podemos provocar grandes cambios en su biodiversidad con el manejo (o mal manejo) del caudal.
- Los ríos tienen todo tipo de patrones de flujo: unos fluyen permanentemente, otros por estación, y algunos arroyos desérticos sólo una vez cada tantos años. La biodiversidad de los diferentes ríos, y de las diferentes partes de los ríos, varía con estos patrones físicos.

## Los caudales - principal impulsor de la biodiversidad en los ríos

Los ríos, con excepción de algunos muy grandes, son muy variables e impredecibles, por lo que los animales y las plantas que viven en ellos tienen que ser capaces de hacer frente a condiciones extremas súbitas tales como las inundaciones y las sequías. Como resultado, la mayoría de los ecólogos especializados en los ríos están de acuerdo en que las comunidades de animales y plantas que se encuentran en los ecosistemas ribereños son controladas en gran parte por procesos físicos más que biológicos.<sup>1</sup>

Por lo tanto, si queremos conservar la biodiversidad de los ecosistemas dulceacuícolas, debemos manejar correctamente los procesos físicos en los ríos. ¿Y cuáles son estos procesos físicos? Entre ellos se cuentan la calidad del agua, la dinámica de los sedimentos y, por supuesto, el caudal. El caudal es el principal impulsor de la biodiversidad en los ríos; crea el hábitat acuático, baja el alimento de aguas arriba, cubre el terreno aluvial durante las crecidas, y evacua el sedimento y el agua de mala calidad a lo largo y ancho del sistema. Arthington y Bunn (2002) proponen los siguientes principios:

- 1 El caudal es el principal determinante del hábitat físico en las corrientes.
- 2 El desarrollo de las especies ribereñas se debe sobre todo a los regímenes de caudales naturales.
- 3 La conectividad del caudal en todo el río y sus llanuras aluviales son esenciales para la conservación de las poblaciones ribereñas.
- 4 Los regímenes de caudales alterados facilitan el crecimiento y la propagación de especies introducidas en el río.

Un reciente documento del Banco Mundial (2008) caracteriza los caudales como una "variable maestra" de los sistemas de agua dulce:

"En las últimas décadas, los científicos han acumulado pruebas considerables de que el régimen de caudales –el patrón variable de flujos altos y bajos durante todo el año, y su variación a través de los años– ejerce una gran influencia en los ecosistemas fluviales. Cada componente de un régimen de caudales, desde las bajas de nivel hasta las inundaciones, tiene un papel importante en la conformación de un ecosistema fluvial. Dada esta fuerte influencia del régimen de caudales en otros factores clave del medio ambiente (la química del agua, el hábitat físico, la composición biológica, y las interacciones), los científicos especialistas en ríos se refieren al régimen de caudales como una variable maestra".

## Tipos de régimen de caudales

Es importante reconocer que hay tantos tipos de régimen de caudales como hay ríos:

- Están los ríos que fluyen todo el año (ríos perennes), los que fluyen sólo durante la estación húmeda (ríos estacionales), y aquéllos que fluyen rara vez (ríos o arroyos desérticos efímeros).
- Existen arroyos de montaña –empinados, pedregosos y de agua clara–, arroyos en las faldas de los cerros –que alternan estanques y rápidos–, y ríos de llanuras aluviales, –serpenteantes, de fondo lodoso y humedales ribereños.
- Hay ríos repentinos –propensos a las inundaciones y la sequía–, y ríos confiables –alimentados por manantiales que les proveen un caudal constante.

<sup>1</sup> Entre ellas considérese, en contraste, un bosque tropical. Ahí las comunidades biológicas están significativamente determinadas por la interacción entre ellas mismas; por ejemplo, los árboles crean el hábitat para especies de mamíferos y de aves.

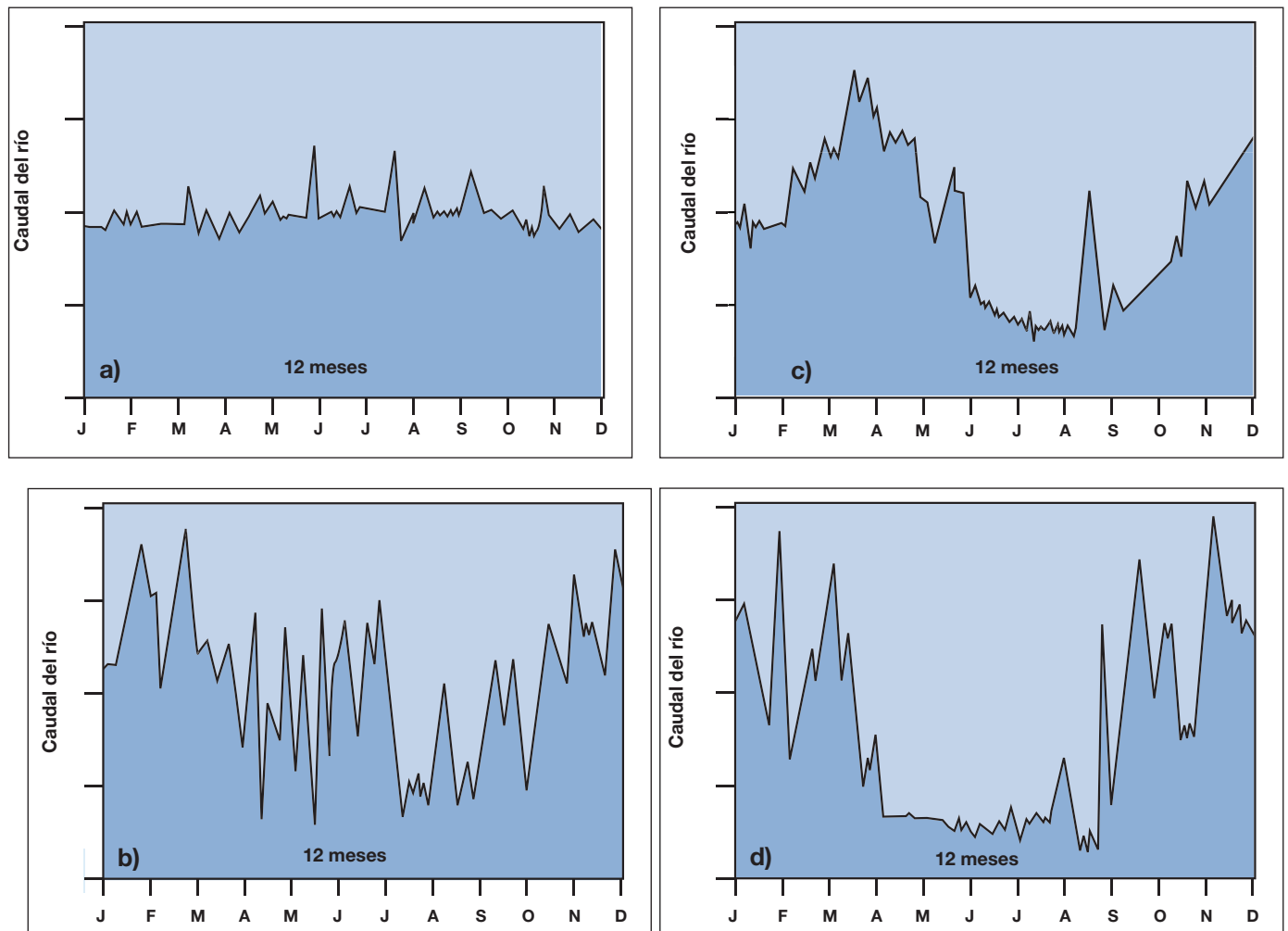
# PARTE A

## Los ríos y los caudales

Todos estos canales fluviales se han formado en el transcurso del tiempo geológico por su régimen hidrológico: algunos han atravesado profundamente las montañas y otros han conformado vastas llanuras aluviales. Una función a largo plazo de los caudales es dar forma y textura a sus canales. Lo hacen erosionando el paisaje y llevando el sedimento resultante aguas abajo para depositarlo en algún otro lugar del canal. Así, el agua clara de flujo veloz da lugar a canales rocosos o pedregosos, mientras que el agua de flujo lento, cargada de sedimento, da lugar a canales lodosos.

El tipo de canal y de llanura aluvial también determina el hábitat físico que estará disponible para la flora y la fauna del río: musgo y algas, ágiles insectos, como la cachipolla y la mosca de la piedra (o “de mayo”), y peces rápidos como la trucha, predominan en los rápidos rocosos de agua clara de los arroyos de las tierras altas. Los lirios, los juncos, los gusanos y los caracoles, el bagre y la carpa predominan en los ríos turbios, de flujo más lento, de las tierras bajas. La variedad y la abundancia de la vida en un río (su biodiversidad) se rige por la diversidad de su hábitat en el tiempo y en el espacio y, por consiguiente, en gran medida por el régimen de caudales.

Figura 1. Diferentes patrones de flujo caracterizados en gráficas diarias por varios años.



## PARTE A: Los ríos y los caudales

### Comparación de estudios de caso de regímenes de caudales modificados en Sudáfrica

Los regímenes de caudales ecológicos procuran imitar en la medida de lo posible la variabilidad natural del régimen hidrológico de los ríos. Los siguientes dos estudios contrastan los efectos de reducir el caudal en un río permanente, y de aumentarlo en un río estacional. Como lo demuestran estos estudios, los caudales ecológicos no se limitan a mantener un nivel mínimo en los ríos.

#### El río Letaba:

El río Letaba nace en la escarpadura de Drakensberg y fluye a través de la región "lowveld" del noreste de Sudáfrica, para adentrarse en el Parque Nacional Kruger, donde se une al río Olifante, que fluye hacia Mozambique. Hasta finales de 1960 el río fluía permanentemente, pero fue dejando poco a poco de hacerlo durante el estiaje debido a un embalse construido aguas arriba y al riego. En las décadas de 1980 y 1990 el río dejó de fluir todos los años, y durante las peores sequías de 1982-83 y 1991-92 no hubo aguas superficiales en largos tramos del río. Estudios de la biodiversidad del río en el Parque Nacional Kruger mostraron que el número de peces que albergaba era considerablemente menor que el vecino río Sabie, y que la diversidad de invertebrados comprendía sólo 60% de los que había en el Sabie –conformado por las especies más comunes y resistentes. El hábitat de los hipopótamos y los cocodrilos en el Parque también se había reducido drásticamente. Además de estos indicadores de la degradación del medio ambiente, el río dejó de ser fuente de agua confiable para las comunidades rurales vecinas, muchas de las cuales dependían totalmente de él para abastecerse de agua. También dejó de ser afluente del río Olifante, ya entonces muy contaminado por la actividad minera. Esto redujo aún más el volumen y la calidad del agua que corre aguas abajo hacia Mozambique.

#### El Gran Río Fish:

El Gran Río Fish nace en la región Karoo del Cabo Oriental de Sudáfrica, y desemboca en el mar, unos 200 km al este de Port Elizabeth. Siendo un río naturalmente estacional, dejó de fluir casi todos los años durante el estiaje. Hasta que, en 1975, una tubería y un sistema de canales llevaron agua del río Orange a los tramos más altos del Gran Río Fish, para su uso agrícola y para aumentar el suministro en Port Elizabeth. Desde entonces, su caudal ha sido estable, de entre 3 y 5 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, con crecidas esporádicas.

A principios de la década de 1970, ecólogos especializados en ríos, preocupados por los posibles efectos de la transferencia de agua, tomaron muestras de peces, de invertebrados y del agua para evaluar su calidad, con miras a repetir la toma de muestras una vez iniciada la transferencia. El muestreo de la década de 1980 demostró que se había introducido en el río un cierto número de especies de peces no nativas, probablemente por la vía del sistema de transferencia de agua, que estaban afectando significativamente a la comunidad natural de los peces. Las especies de invertebrados también habían cambiado: una especie que antes de la transferencia era muy escasa, se había vuelto tan dominante que constituía más de 98% de la comunidad de invertebrados en el curso medio del río. Esta especie, una mosca negra llamada *Simulium chatteri*, tiene un ciclo de vida similar al de los mosquitos; sus larvas y sus crisálidas crecen en el agua, y las hembras adultas necesitan de sangre como alimento para facilitar el desarrollo de sus huevecillos. En primavera, millones de estas moscas emergen del río y se posan en los animales de las granjas aledañas, causando daños y perturbaciones por millones de dólares.

Este es un ejemplo clásico del efecto de eliminar la variabilidad natural o el régimen de perturbaciones de un río. La transferencia de agua ha creado condiciones homogéneas de hábitat a lo largo de todo el año, lo que favorece la proliferación de la mosca negra y las especies de peces recién introducidos, sobre el resto de la biodiversidad natural.



## PARTE A:

# ¿Qué son los caudales ecológicos?

- Los ríos se utilizan con diversos fines, y las presas, los canales, etc., que se construyen en los ríos tienen el propósito de cambiar el régimen hidrológico. Estos cambios afectan los bienes y servicios naturales que recibimos de los ríos, a menudo en detrimento nuestro.
- De aquí que debemos decidir qué tanto queremos modificarlos, y cuáles de los servicios naturales que nos aportan nos gustaría conservar. La ciencia naciente de los caudales ecológicos se propone encontrar el equilibrio entre el uso y la protección de los recursos hídricos naturales para la población.
- Los científicos especialistas en los caudales ecológicos utilizan los componentes y los procesos ecológicos (los peces, las plantas, la calidad del agua, etc.) como los indicadores más confiables del estado del río.

Hay un creciente reconocimiento de la importancia de las funciones naturales de los ríos, así como del valor de la biodiversidad que vive en ellos o depende de ellos. Las funciones naturales y la biodiversidad de los ríos aportan bienes y servicios que normalmente damos por garantizados: el suministro confiable de agua, pescado y otros alimentos, la purificación del agua, el transporte de nutrientes aguas abajo y sobre los deltas y las llanuras aluviales fértiles, así como significativos valores culturales y recreativos. Si queremos conservar estas funciones vitales y la biodiversidad asociada al agua dulce, entonces es preciso que mantengamos el régimen de caudales que los sostiene determinadamente.


Si aceptamos que los recursos hídricos deben desarrollarse para satisfacer las necesidades humanas, entonces también debemos aceptar que no vamos a poder conservar los caudales en su estado natural, lo que va a repercutir tanto en las funciones como en la biodiversidad de los sistemas fluviales. Las preguntas son entonces: ¿hasta dónde estamos dispuestos a aceptar el cambio?, ¿qué tanto puede modificarse el régimen de caudales antes de dar lugar a condiciones con las que no estamos dispuestos a vivir?, ¿cuánta agua necesita un río?

El objeto de la ciencia naciente de los caudales ecológicos es evaluar las consecuencias de los cambios en los regímenes de caudales en los ecosistemas hídricos. Estas evaluaciones implican entender la cadena de eventos que conlleva la alteración de los caudales, y que van desde el cambio climático hasta la hidrología, la hidráulica, la química y la geomorfología del agua, con las subsecuentes repercusiones ecológicas y socioeconómicas. La evaluación de los caudales

ecológicos analiza diferentes escenarios en torno al desarrollo de recursos hídricos, y predice la cadena de consecuencias. La evaluación de los caudales ecológicos sirve también para asistir al desarrollo de regímenes de caudales modificados, especialmente diseñados para crear o mantener un determinado conjunto de condiciones ecológicas como, por ejemplo, los caudales para preservar los canales de los ríos o para dar lugar a la migración de determinadas especies.

Los científicos especialistas en caudales ecológicos utilizan indicadores ecológicos y sociales para medir el estado de los ríos. Con frecuencia un pez que reacciona ante las condiciones del flujo, los insectos que ponen sus huevos en el río, o la química del agua son el primer indicio de que el río está cambiando. Lo que no significa que estos indicadores sean la única, o principal, razón de gestionar un río de una determinada manera. Así como los mineros solían meter canarios en las minas de carbón porque estas aves son particularmente sensibles a los niveles bajos de oxígeno, los componentes ecológicos de un río pueden usarse para detectar problemas incipientes, antes de que alcancen la etapa en que pongan en peligro a las personas y sus medios de vida.

Los ríos pueden hacer muchas cosas por la comunidad, pero no pueden hacerlas todas, todo el tiempo y para todo el mundo. La comunidad debe elegir. De ahí que en las comunidades que no están conformes al ver sus recursos naturales demasiado controlados y sobreexplotados, y que además quieren obtener el mejor provecho de los usos artificiales y de los productos y servicios naturales, los caudales ecológicos se estén convirtiendo en parte integral de un plan de gestión sostenible de los recursos hídricos.



PARTE B:  
La base  
de los caudales  
ecológicos

## PARTE B:

# Los supuestos ecológicos respecto de los caudales ecológicos

- El enfoque actual de la evaluación y la instrumentación de los caudales ecológicos se basa en dos supuestos básicos fundamentales:
  - Puede extraerse una cierta cantidad de agua de un río sin con ello reducir de manera inaceptable los servicios que aporta
  - La variabilidad del caudal (crecientes, bajas, inundaciones, etc.), establece una serie de condiciones que mantienen la biodiversidad de los ríos y evitan el predominio de especies particulares (que a menudo se convierten en plagas). Todos los elementos del régimen natural de un caudal, incluyendo las sequías, son importantes para el control de las comunidades naturales de un río.

### Supuesto 1: Hay agua de reserva en los ríos

Si se utilizan los recursos hídricos de un río, entonces éste tendrá por definición menos agua, lo que afecta en mayor o menor medida la modalidad del ecosistema. Sin embargo, los ríos son sistemas variables y las especies que viven en ellos son resistentes a los cambios. La magnitud del caudal anual de los ríos puede variar año con año –unos años puede haber grandes inundaciones y otros sequías extremas. En consecuencia, cualquier especie que persista en un río semejante, debe de poder subsistir los años en que el nivel del agua esté muy por debajo de la media. Y puesto que las condiciones no se apartan radicalmente de las que hubo en el pasado, la población de animales y plantas del río fluctuará en torno a alguna condición común. En consecuencia, un régimen de caudales inferior al normal, que no obstante incorpore las características principales del régimen natural, puede no cambiar significativamente la biota.

Además, no todos los ríos deben conservarse necesariamente en un estado próximo al original. De hecho, la mayoría ya se han modificado de muchas maneras. El reconocimiento de que la mayoría de los ríos ya no son lo que fueron en sus orígenes, y la definición de metas de conservación viables adecuadas a ríos específicos, permite evaluar la cantidad de agua que puede extraerse sin poner en peligro el objetivo elegido.

### Supuesto 2: La variabilidad del caudal y el régimen natural de perturbaciones de un río son importantes para la conservación de su biodiversidad

La vieja idea de la necesidad de un "caudal mínimo" para mantener viva la biota se descartó y tomó su lugar el reconocimiento de que para lograr un equilibrio ecológico dinámico en un río hacen falta todos los elementos del régimen hidrológico. Esta variabilidad del caudal es una

parte fundamental de lo que los ecólogos reconocen como el "régimen de perturbaciones" de los ríos, al que consideran como un importante proceso que mantiene la biodiversidad. Distintos caudales son los responsables de crear las condiciones variables del hábitat en el tiempo y el espacio (irregularidad de la corriente); condiciones del hábitat que provén, a su vez, una diversidad de nichos y refugios en todas las condiciones. La conservación de dicha diversidad de hábitats "dispersa el riesgo" para las diferentes especies tanto en el plano de la comunidad como en el de la población.

La importancia del régimen de perturbaciones de los ríos es tal, que Resh *et al.* (1988) concluyen que "... la perturbación no sólo es la característica más importante por estudiar de las corrientes; es el factor de organización dominante en la ecología de corrientes".

Estos son algunos de los efectos más generalizados de los diferentes tipos de caudales en los ríos:

- Los caudales de base de un río conservan los hábitats de los canales – los rápidos, los rápidos pedregosos, los estanques, las áreas de las márgenes en donde hay juncos y raíces de árboles, los remansos, los saltos de agua, las corrientes y las cascadas donde habitan plantas y animales diversos. Es muy importante que estos caudales de base varíen de estación en estación para permitir que las nuevas especies florezcan y se reproduzcan.

## PARTE B:

### Los supuestos ecológicos respecto de los caudales ecológicos

- Al contrario de la impresión popular, las sequías son igualmente importantes para la biodiversidad – ponen límites a los depredadores de nado veloz y permiten que especies de plantas y de animales más sedentarios tomen su turno.
- Los caudales más elevados y las inundaciones tienen diferentes funciones: desprenden los sedimentos viejos y traen provisiones frescas cargadas de nutrientes, y mantienen la forma del canal e inundan las llanuras aluviales, restaurando los humedales que tienen su propia flora y fauna únicas. Las pequeñas inundaciones de principios de la temporada de lluvias dan la señal para que los peces empiecen a emigrar aguas arriba, y para que las larvas de los insectos se conviertan en crisálidas y surjan como adultos aéreos. Las inundaciones de grandes dimensiones que pueden ocurrir en promedio una vez cada siglo pueden hacer las veces de mecanismos "restauradores" - abrir nuevos canales y barrer los residuos de las últimas décadas. El resultado casi puede ser un río nuevo, y los siguientes caudales van a repetir gradualmente los procesos de invasión y acumulación hasta la próxima gran inundación.

Así, los ríos son sistemas extremadamente dinámicos en toda una gama de escalas espaciales y temporales –aguas arriba y aguas abajo, en su radio de acción, a través de la llanura aluvial o de la zona ribereña; estacionalmente, entre los años húmedos y los secos, y entre una gran inundación y la siguiente.

Un río regulado que fluya todo el tiempo a la misma velocidad pronto va a crear el mismo tipo de hábitat en toda su longitud, y unas cuantas especies –adaptadas a las condiciones invariables– se van a multiplicar a

expensas de las demás. Solemos llamar plagas a estas especies, como los mosquitos y la mosca negra; las plantas flotantes como el lirio acuático, etc. De modo que toda la gama de caudales es importante para conservar los hábitats y la biodiversidad que, en última instancia, aportan los bienes y servicios que apreciamos de los ríos.

Las evaluaciones de los caudales, necesarias para mantener el río en las condiciones deseadas, deben tomar en cuenta toda esta diversidad. La principal lección respecto a los caudales ecológicos es que su efecto sólo puede juzgarse comparándolo con el régimen de caudal natural del río. El peor de los cambios puede ser detener el flujo de un río perenne o regular un río estacional para que fluya todo el tiempo (véanse los ejemplos de Sudáfrica descritos en el cuadro anterior).

## PARTE B:

# Limitaciones de los caudales ecológicos

- Los caudales controlan muchos de los procesos de los ríos, pero no todos. Los caudales ecológicos pueden alcanzar sus objetivos sólo si se controla también el uso de la tierra, la eliminación de efluentes y otros procesos que no están relacionados con el caudal.

Aunque los caudales son el proceso que gobierna en los ríos, hay muchos problemas que no están relacionados con el régimen de caudales y que deben ser resueltos con otros métodos, distintos de la manipulación del caudal. Es importante reconocer que los caudales ecológicos pueden ayudar a mantener o mejorar las condiciones de un río sólo si se atienden también los demás aspectos que no están relacionados con el caudal.

Los problemas de contaminación causados por la gestión deficiente de las tierras deberían abordarse en su raíz, mejorando la gestión de la tierra, y no mediante la asignación de caudales; de manera similar, los problemas causados por las especies introducidas (de peces o de plantas) no pueden resolverse cambiando los caudales, aunque un régimen de caudales saludable generalmente va a favorecer a las especies autóctonas sobre las invasoras.



El río Kennet, en Inglaterra. Este río sufre de ambas, la sobre-extracción de agua para el uso público y la contaminación industrial y agrícola.



## PARTE B:

### Limitaciones de los caudales ecológicos

A continuación se presenta una serie de diferentes, aunque típicos, problemas ambientales, con comentarios sobre el papel de los caudales ecológicos:


- La pérdida de vegetación ribereña debida a un pastoreo excesivo: este problema debe abordarse en su raíz, reduciendo la presión del pastoreo. Los caudales ecológicos de alto nivel que rebasan los bancos podrían propiciar la regeneración de las plantas de la ribera, pero éstas no podrían sobrevivir de continuar el pastoreo excesivo.
- Los problemas de la calidad del agua debidos a las descargas de efluentes: estos problemas deberían abordarse idealmente en su raíz, mejorando/ desviando el efluente de aguas residuales. Por otra parte, pueden tomarse decisiones de gestión para prevenir la reducción de los caudales, que agudiza el problema de la contaminación (véase el cuadro de la calidad del agua).
- Incremento del aporte de sedimentos al río debido a la erosión de la cuenca de captación: este problema debe abordarse en su raíz, mejorando la cobertura vegetal o tomando otras medidas contra la erosión. Podrían usarse caudales más elevados para transportar el sedimento, pero esto no podría considerarse un caudal ecológico, sino simplemente una decisión de gestión para distribuir agua para enjuagar el canal.

#### La calidad del agua y los caudales ecológicos

Hay dos puntos de vista respecto del papel de la calidad del agua en los caudales ecológicos. Para el primero, la calidad del agua en todos sus aspectos es parte integral del proceso de evaluación del caudal ecológico. Desde esta óptica, los caudales ecológicos deben considerar todos los aspectos de la calidad del agua, de modo que los caudales deban mantenerse para prevenir que la contaminación de los retornos agrícolas, los efluentes industriales o las aguas residuales, ya sea tratadas o sin tratar, tengan repercusiones indeseables. El permitir una mayor extracción va a dar lugar a impactos inaceptables debido al subsecuente incremento en la concentración de contaminantes.

De acuerdo con el segundo punto de vista, el deterioro de la calidad del agua puede deberse a las modificaciones del caudal, pero éstas se deben, a su vez, a otras actividades que no están relacionadas con el caudal, como la descarga de aguas residuales. Por consiguiente, la evaluación de los caudales ecológicos sólo debe utilizarse para abordar aquellos problemas ocasionados, en última instancia, por el régimen de caudales. La fuente de los problemas de la calidad del agua debe abordarse en su origen, mejorando los métodos de riego y el tratamiento de las aguas residuales. Desde esta óptica, los caudales ecológicos no deben establecerse para permitir la dilución artificial de efluentes. Si bien deben tomarse decisiones administrativas para diluirlos, éstas no se consideran parte del "proceso de los caudales ecológicos".

En realidad, ambos puntos de vista tienen su razón de ser: es evidentemente preferible mejorar las prácticas administrativas para reducir los contaminantes desde su origen. Pero ahí donde los problemas de la calidad del agua son inextricables, o cuando abordarlos en su raíz resulta prohibitivamente caro, los caudales de dilución pueden ser la mejor opción para proteger los ecosistemas en un futuro inmediato. En estas circunstancias, las consideraciones sobre caudal que pasan por alto los problemas de contaminación pueden dar lugar a recomendaciones de consecuencias sociales y ambientales muy perjudiciales.



PARTE C:  
Los caudales  
ecológicos:  
temas clave



# La instrumentación

- La instrumentación de los caudales ecológicos consiste en hacer que fluya agua por el río. Lo anterior puede implicar con frecuencia la toma de decisiones difíciles respecto a la reducción de los usos actuales, y depende tanto de la voluntad social y política, como de las prioridades económicas.
- Si bien ha habido un enorme desarrollo de los métodos para evaluar los caudales ecológicos, su aplicación ha sido relativamente escasa.

La evaluación de los caudales ecológicos consiste en predecir el tipo de régimen de caudales necesario para lograr un determinado estado ecológico en un río. La instrumentación consiste, en realidad, en conseguir que fluya en el río el agua necesaria en el momento oportuno. En cualquier contexto, la instrumentación presenta un reto desmedidamente mayor que la evaluación del caudal necesario. Por ello, los conservacionistas deben cerciorarse de no dedicar un esfuerzo desproporcionado a la discusión y el debate sobre la metodología adecuada para los caudales ecológicos, desatendiendo así el esfuerzo más importante de trabajar en su instrumentación.

Probablemente sea justo decir que en todos los países del mundo en donde se han establecido políticas para los caudales ecológicos, la evaluación de las necesidades del caudal siempre ha llegado mucho más lejos que la instrumentación. En especial en los ríos sobre-concesionados esto requiere decisiones y acciones difíciles, tales como disminuir el empleo del agua o construir depósitos de almacenamiento adicionales. Además de los importantes problemas de voluntad política o de financiamiento para instrumentar los caudales ecológicos, puede haber también problemas prácticos. Por ejemplo, las salidas de las presas pueden no tener la capacidad suficiente para entregar el volumen de flujo necesario.

Las consecuencias de esta discordancia entre la ambición y la realidad pueden verse en el hecho de que se han realizado varios cientos de evaluaciones de caudales ecológicos, en comparación con tan sólo unas cuantas instrumentaciones exitosas en el mundo entero.

Las estrategias y las acciones para instrumentar los caudales ecológicos siempre van a ser específicas de cada caso; no hay una receta para hacer que se lleven

a cabo. Si el río está sobre-concesionado, van a hacer falta regulaciones o quizás una compensación para persuadir a los usuarios para que reduzcan el consumo de agua. Con frecuencia, la presión de los usuarios que viven aguas abajo (en particular en los ríos transfronterizos) puede ser una razón poderosa para suministrar caudales. En los últimos años, la mayor parte de la gente está comprendiendo cada vez más que la sobre-explotación de los recursos naturales no es una estrategia razonable en el largo plazo, y esta nueva apreciación de la utilización sostenible de los recursos puede aprovecharse para ejercer presión en favor de los caudales ecológicos. En los ríos que aún no han sido totalmente concesionados o sobre-concesionados (como el río Mara en Kenia y Tanzania), no hace falta instrumentar los caudales ecológicos puesto que ya están ahí; los planes de concesión del agua deben entonces considerar la necesidad de reservar el agua suficiente para satisfacer las necesidades del medio ambiente. Esto puede ser políticamente más viable.

Puede encontrarse mayor información sobre medidas útiles para instrumentar los caudales ecológicos en "La asignación de agua cuando es escasa", WWF 2007.



Lesoto. Lesoto tiene abundantes reservas de agua; muchas de estas son almacenadas y transferidas a su vecino Sudáfrica.

© P HARRISON / STILL PICTURES

## Estudio de caso de la instrumentación de un caudal ecológico

### El proyecto hidráulico de la región montañosa de Lesoto y Sudáfrica

Resumen del Informe de la Iniciativa del Agua y la Naturaleza (Water and Nature Initiative Report) de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN)

El proyecto hidráulico de la región montañosa de Lesoto (Lesotho Highlands Water Project) fue creado en 1986 mediante un tratado entre los gobiernos de Lesoto y Sudáfrica, para trasladar agua del primer al segundo país y generar energía hidroeléctrica para Lesoto. Veinticinco especialistas de 23 disciplinas participaron en el estudio, de tres años de duración, de los caudales ecológicos, utilizando el enfoque holístico de ‘respuesta aguas abajo a la transformación impuesta de caudales’ (DRIFT, por sus siglas en inglés). Se produjeron cuatro escenarios de las posibles consecuencias de los caudales inducidos por represa y los cambios en el sedimento, para predecir pormenorizadamente cómo podrían cambiar los ecosistemas río abajo y cómo esto podría afectar a los usuarios de los recursos hídricos naturales.

A partir de los resultados del DRIFT, los dos gobiernos negociaron liberaciones mayores, más variadas y más parecidas a las condiciones naturales de lo que requería el tratado de 1986. Una de las lecciones aprendidas fue que la evaluación de los caudales ecológicos se debió haber completado en la fase inicial del desarrollo –de especificación del ámbito–, para informar de la ubicación, el

diseño y la importancia de la estructura. El estudio de los caudales ecológicos demostró que varias de las hipótesis más importantes que se propusieron en las décadas de 1970 y 1980, y determinaron el contenido del tratado de 1986, eran erróneas:

- **Supuesto:** La extracción de 95% del caudal tendría repercusiones menores en los ríos aguas abajo que no estuvieran cerca de las presas. La evaluación de los caudales ecológicos mostró que habría repercusiones hidrológicas, biofísicas y socioeconómicas importantes en todo lo largo del río hasta la frontera de Lesoto.
- **Supuesto:** La comunidad que vive aguas abajo de las estructuras del Proyecto hidráulico de la región montañosa de Lesoto propuesto hacía poco uso de los recursos ribereños y fluviales. La evaluación de los caudales ecológicos mostró que había amplias relaciones –y a veces complejas– entre las comunidades locales y los ríos.
- **Supuesto:** Las principales consecuencias de las represas recaerían en las comunidades que viven aguas arriba, que perdieron tierras por la inundación de los embalses. La evaluación de los caudales ecológicos mostró vastas consecuencias económicas y sociales –existentes y potenciales– aguas abajo de las estructuras.

# Un proceso científico y social

- La evaluación de caudales ecológicos combina elementos científicos y sociales - los científicos pueden hacer la mejor evaluación de las necesidades de un caudal, pero ésta no se aplicará a menos que la comunidad sepa por qué los flujos deben dejarse en el río, y crea en la importancia de hacerlo
- La manera más eficaz de hacer que la ciencia sea aceptada es insertando el proceso del caudal ecológico en un proceso general de gestión de la cuenca, que combine el uso del río y su protección

Que los caudales ecológicos funcionen depende, en última instancia, de la voluntad social, económica y política de las partes interesadas. Se puede tener la mejor hidrología, la mejor ecología o la mejor geomorfología del mundo; si la comunidad no está convencida de la necesidad de los caudales ecológicos, es improbable que se instrumenten. Por supuesto que cuanto mejor sea la comprensión científica, mayor será también la probabilidad de que la comunidad se convenza, lo que hace del proceso de evaluación e instrumentación de caudales ecológicos una interesante combinación de ciencia y criterio de la sociedad.

Puesto que se desarrollaron en las décadas de 1970 y 80 como un proceso eco-hidrológico, pasaron algunos años antes de que los primeros partidarios de los caudales ecológicos se dieran cuenta de esto. Durante la década de 1980 hubo un reconocimiento gradual de que debía haber un componente social en el proceso y de que las partes interesadas debían tener voz respecto de los usos y el consiguiente estado del recurso. No obstante, no fue sino hasta la década de 1990 y el nuevo milenio cuando hubo plena conciencia de que la evaluación de caudales ecológicos es un proceso social con un núcleo ecohidrológico, más que un proceso eco-hidrológico con un complemento social.

Regular caudales ecológicos mediante un proceso científico aislado tiene pocas probabilidades de tener éxito, porque la llave crucial de la aceptación es la comprensión y la “compra” por parte de los interesados y de quienes tendrán que aplicar los cambios. Las partes interesadas pueden incluir a las comunidades locales, a los municipios, a las industrias que dependen del agua, a la agricultura, a organismos gubernamentales locales y nacionales, a ONG internacionales, a instituciones científicas y a organismos de conservación de la naturaleza, entre otros. Estos grupos representan inevitablemente

una amplia variedad de puntos de vista, y es poco probable que lleguen a un consenso ante una solicitud aislada para que se acepte que parte del agua de un río no esté disponible para su consumo.

## Un ejemplo para ilustrar la diferencia entre los aspectos científicos de los caudales ecológicos, y los que implican la elección y el criterio

En términos del proceso de caudales ecológicos, es requisito importante que los profesionales distingan sus aspectos científicos de los que no lo son. El siguiente cuadro expone un ejemplo sencillo:

- La pregunta "¿cuántos peces hay en un río y de qué especies son?" está abierta a la investigación científica: zonificar el río y determinar la cantidad de hábitats, contar con las redes y el método de electro-pesca, tomar la muestra, calcular la captura por unidad de esfuerzo, hacer estimaciones de captura-recaptura, modelar las densidades, etc. Los resultados pueden ser exactos o inexactos, pero ésta es una pregunta que un biólogo especialista en peces competente puede afrontar con confianza.
- La pregunta "¿cuántos peces debería haber en el río y de qué tipo deberían ser?" puede ser contestada por la ciencia, pero es a fin de cuentas una cuestión de criterio de la sociedad. ¿La sociedad quiere utilizar toda el agua para la irrigación agrícola, y entonces no habrá peces, o lo que quiere es proteger el río como parque nacional para maximizar la biodiversidad? Con frecuencia, la respuesta se ubicará en un punto intermedio: queremos algo de riego, pero también mantener el río en un estado saludable para los peces y la gente que vive aguas abajo. La regulación definitiva de los caudales ecológicos es una decisión basada en estos valores, y sin esa decisión no hay una base para regular los caudales.

## PARTE C:

# Selección de un método de evaluación adecuado

- Hay varios métodos para la evaluación de caudales ecológicos. Algunos son métodos muy rápidos de modelación o de extrapolación, que requieren un mínimo –o ningún– trabajo extra. Otros, en cambio, requieren años de trabajo de campo y especialistas de diversas disciplinas.
- La elección del método va a depender de: la urgencia del problema, los recursos disponibles para el análisis, la importancia del río, la dificultad de la instrumentación, la complejidad del sistema.
- En algunos casos, más que realizar un análisis costoso, convendrá simplemente dejar ir un poco de agua en el río, ver si logra los objetivos y después controlar y ajustar el caudal en consecuencia.

No hay un método o un enfoque único para evaluar caudales ecológicos. Los 200 métodos diferentes que se han desarrollado en el mundo parecen muchos pero, además de reflejar el ilimitado ingenio de los especialistas en ciencias hídricas, su diversidad es también consecuencia de la variedad sin fin de recursos hídricos, y sus contextos socio-económicos, que van desde los ríos salvajes y escénicos de los países desarrollados, en donde hay una gran preocupación pública y dinero disponible para atender los problemas del medio ambiente, hasta los ríos urbanos degradados y contaminados de los barrios pobres del tercer mundo.

Las evaluaciones pueden tomar varios años y costar millones de dólares, o pueden hacerse en cuestión de horas, utilizando modelos de extrapolación. Generalmente, se puede tener una evaluación muy confiable, muy explicativa y fácilmente defendible si se invierte tiempo y dinero, o se puede tener una estimación rápida y fácil, de bajo costo y menos confiable que quizás habrá que controlar y revisar. También se puede comenzar con un método rápido y fácil, y simplemente pasar a una evaluación más exhaustiva si alguien la cuestionara. No hay una manera única correcta de evaluar los caudales ecológicos, y el contexto lo es todo.

¿Cómo debe hacerse entonces la elección del método adecuado? La decisión sobre el tipo de evaluación, su complejidad y su duración depende de muchas variables.

- **¿Qué tan urgente es obtener los caudales en el río?** Si el río está siendo relativamente aprovechado y la evaluación se está haciendo para la futura planificación y asignación, podría valer la pena invertir algún tiempo en recopilar datos relevantes antes de tomar cualquier decisión. Por otra parte, si el río ha quedado reducido a charcos de agua estancada debido a la sobre-extracción aguas arriba, entonces la mejor opción podría ser obtener de inmediato un poco de agua que fluya, y dejar para más adelante el meticuloso trabajo para averiguar las cantidades y la frecuencia exactas.
- **¿Qué recursos están disponibles?** Si no se cuenta con información hidrológica confiable, entonces no se sabe cuánta agua está disponible. En semejantes circunstancias no tiene caso emprender estudios de la ecología del sistema, puesto que la evaluación del caudal va a ser muy incierta. Del mismo modo, si los científicos empleados no están familiarizados con el proceso de evaluación, o si no se tienen o no se pueden pagar especialistas particularmente capacitados, entonces no tiene caso tratar de utilizar procedimientos complejos.
- **¿Qué tan importante es el río?** En donde hay sitios de biodiversidad particularmente importante o con problemas socioeconómicos, puede convenir hacer una evaluación más rigurosa.



## PARTE C:

### Selección de un método de evaluación adecuado

- **¿Qué tan difícil va a ser instrumentar los caudales ecológicos?** De cara a la administración o a las partes interesadas que ponen en duda o cuestionan el valor de los caudales ecológicos, puede ser necesario invertir tiempo y dinero en la construcción de un caso defendible para la evaluación. De no hacerlo, no se van a aceptar las recomendaciones. Pero si todos están en principio de acuerdo, el mejor tipo de evaluación es determinar un tramo de flujo en el río y observarlo para ver si se están logrando los objetivos deseados.
- **¿Se incluyen ecosistemas complejos tales como los deltas y los humedales?** Quizás algunos de los métodos más básicos y rápidos de evaluación de caudales ecológicos sean más adecuados para evaluar las necesidades del caudal en simples canales de río. Los ecosistemas dulceacuícolas más complejos, como los humedales y los deltas, suelen tener necesidades hídricas ecológicas más complejas como, por ejemplo, de impulsos de agua en determinadas épocas del año para inundar los humedales o mantener la estructura de los canales del delta. En tales circunstancias puede ser necesario un análisis más sofisticado.

#### El enfoque adaptativo

En lugar de comenzar por hacer una evaluación predictiva de las necesidades hídricas del medioambiente, el enfoque adaptativo propone que se permita que fluya parte del agua en el río, y esto se acompañe de una operación de vigilancia eficaz que permita evaluar la respuesta del río a los caudales. La información obtenida así va a ser una información real de la repercusión de los caudales del río, más valiosa que la información –más incierta– arrojada por cualquier ejercicio modelador.

Un enfoque de gestión adaptativo puede probar ser un método más rápido y preciso para evaluar las necesidades de los caudales que los métodos extensos. Los enfoques de gestión “adaptativos” pueden ser particularmente apropiados en contextos de extrema escasez de agua, donde los ríos han sido sobre-explotados y están secos durante gran parte del año o incluso todo el año. Ante semejantes condiciones –ante los ríos secos o casi secos–, no hace falta reflexionar mucho para entender que se está asignando agua insuficiente a las necesidades ecológicas. Invertir prolongados periodos en buscar cualquier clase de certeza sobre las necesidades hídricas exactas del ecosistema mientras el río continúa seco no es, a todas luces, en favor de los intereses del río, y puede no ser la forma más apropiada de ahondar en la comprensión de las necesidades hídricas ecológicas del mismo.

La filosofía que subyace tras el enfoque adaptativo es importante, incluso cuando se hayan empleado extensos métodos de evaluación de caudales ecológicos, pues siempre es importante seguir vigilando el estado del río y, de ser necesario, ajustar las asignaciones a los caudales ecológicos. Un enfoque semejante es, por supuesto, una parte necesaria de cualquier estrategia de adaptación al cambio climático.

# La determinación de objetivos

- No hay un único conjunto correcto de caudales ecológicos para un río; la respuesta va a depender de lo que la comunidad quiera que el río haga por ella.
- Los diversos tipos de ríos tienen diferentes necesidades. Por ejemplo, un río situado en una zona protegida puede necesitar caudales más naturales que si estuviera en una cuenca de captación urbana o industrial.

No hay un caudal ecológico "correcto" único para cualquier río dado. La extracción de agua de los ríos tiene siempre la probabilidad de repercutir en su ecología. Las preguntas son: ¿cuánta repercusión es aceptable? y ¿qué objetivos buscamos con la gestión del río? Gran parte de la legislación ambiental incorpora sistemas de clasificación mundiales que reconocen que la sociedad quiere conservar algunos ríos con una mejor calidad que otros.<sup>2</sup> Por ejemplo, es probable que queramos conservar los ríos que corren en los parques nacionales, o aquéllos cuya pesca es particularmente importante, en mejores condiciones que los ríos situados en zonas urbanas muy desarrolladas. En otros contextos puede haber procesos hidrológicos vitales que debemos conservar; los caudales suelen ser necesarios para evitar la invasión salina en tierras agrícolas o en los depósitos de agua subterránea en la desembocadura de los ríos (por ejemplo, en el río Yangtsé en China), o para mantener la estructura de importantes ecosistemas del delta (por ejemplo, en el río Indo en Pakistán).

Determinar los objetivos de la gestión del río es, por lo tanto, un requisito fundamental para cualquier evaluación de las necesidades de los caudales ecológicos. Algunos métodos de gestión de los caudales ecológicos ofrecen un menú de las consecuencias ambientales según el grado de modificación del caudal. Pero debe hacerse, en última instancia, una elección: ¿qué nivel de caudales, con qué fines?

Es común el reto de cómo expresar dichos objetivos y consecuencias en términos comprensibles para la gente que no esté familiarizada con las ciencias del medio ambiente, el funcionamiento de los ecosistemas, la hidrología y toda las demás disciplinas implicadas en los

caudales ecológicos. Una solución que ha sido muy exitosa es la llamada "Jerarquía de objetivos" (véase el anexo A).

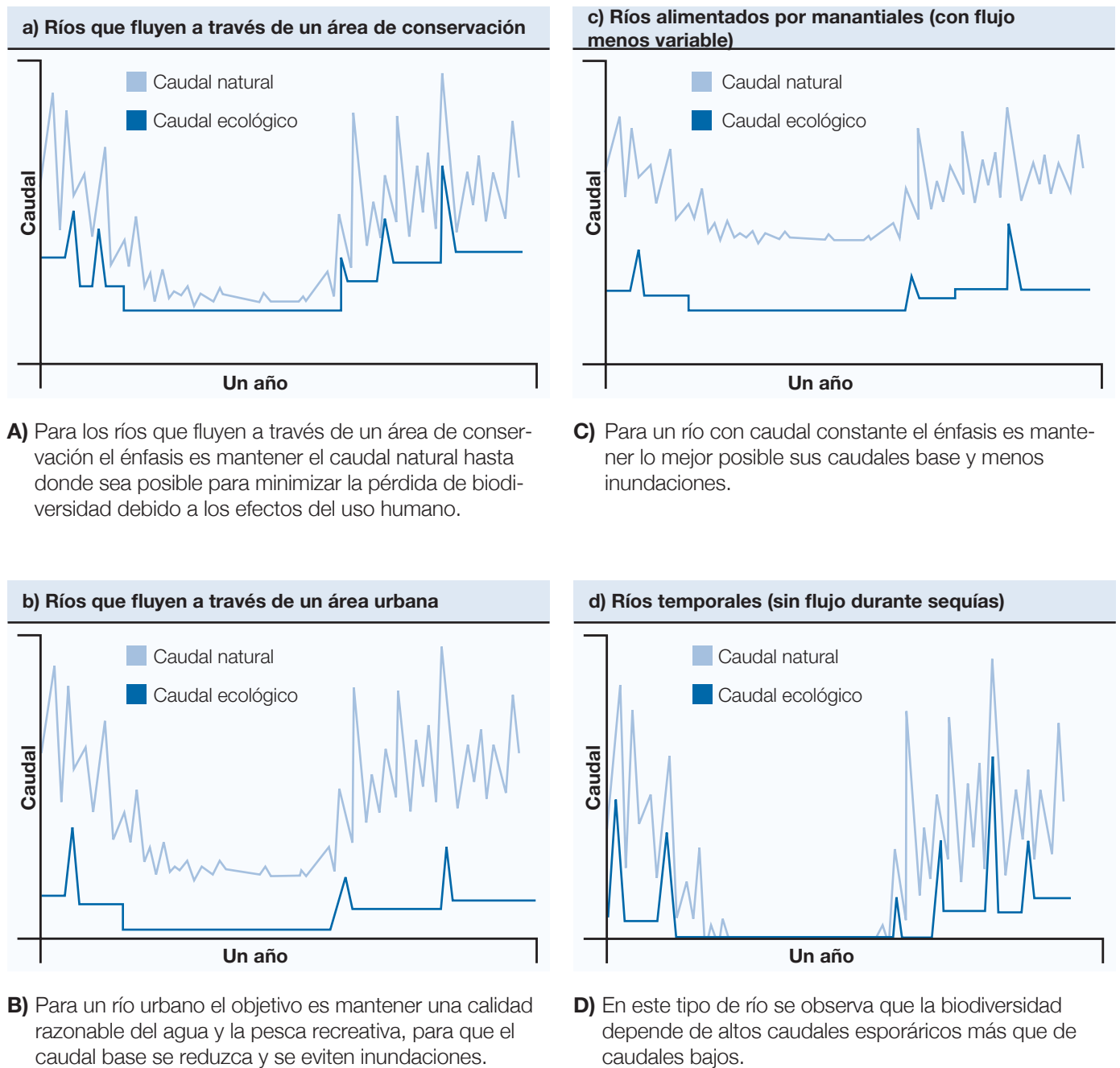
El gráfico de la figura 2 muestra series temporales hipotéticas de caudales en ríos a lo largo de un año, y los diversos objetivos que se han establecido en condiciones diversas. Los flujos naturales (en azul claro) en comparación con los caudales ecológicos (en azul oscuro) fueron diseñados para mantener los elementos del flujo base de los caudales en las estaciones seca y húmeda, así como en las inundaciones esporádicas, y permitir, al mismo tiempo, recolectar una parte del caudal (entre las líneas) para su aprovechamiento fuera del río, para el abastecimiento doméstico e industrial y la generación de energía o el riego.

<sup>2</sup> Esta clase y estos objetivos de gestión son conocidos como el Estado futuro deseado' (EFS) o, más recientemente, como la Clase de manejo ecológico (COE) deseado.

# PARTE C:

## La determinación de objetivos

Figura 2. Diferentes objetivos para diferentes tipos de ríos.







Cruce de animales en el río Mara, en la Reserva Nacional Masai Mara, Kenya. Los caudales en el río Mara a través de la Reserva Nacional están amenazados por la extracción cuenca arriba.

© M HARVEY / WWF-Cañon

## Los caudales ecológicos de un río que fluye en áreas protegidas: el río Mara, en Kenya y Tanzania

El río Mara nace en la escarpadura de Mau, en Kenia; corre al sur por tierras agrícolas hacia la reserva del Parque Nacional Masai Mara, cuya frontera cruza para dirigirse al Parque Nacional del Serengueti, en Tanzania; dobla en dirección al oeste para salir del parque, atravesar los extensos humedales de Mara y desembocar en el Lago Victoria. El Mara es el único río del ecosistema Serengueti que fluye constantemente, y es esencial para el funcionamiento de la migración masiva anual de animales salvajes: millón y medio de ñus, y otro millón de cebras, antílopes y depredadores. La silvicultura y la agricultura de riego en la cuenca superior, fuera de las áreas protegidas, amenazan el caudal de la estación seca en el Mara, y las consecuencias de la reducción del caudal van a ser graves –durante la intensa sequía de 1993, perecieron casi 400,000 ñus, y si el río deja de fluir durante la estación seca, el trastorno en la migración podría ser permanente.

En 2003, WWF echó a andar el proyecto Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas para abordar el deterioro de las condiciones ambientales de la cuenca. Una parte importante de este proyecto ha sido capacitar a un grupo de especialistas kenianos y tanzanos en técnicas de caudales ecológicos, con la ayuda del Programa para el uso sustentable del agua en el mundo (Global Water for Sustainability Programme - GLOWS) y el Instituto UNESCO-IHE para la Educación sobre el agua. En octubre de 2007 se hizo una evaluación inicial de los caudales ecológicos utilizando el método holístico de construcción por bloques (Building Block Methodology - BBM) en tres puntos del río, dos de ellos aguas arriba de la reserva

Parque Nacional Masai Mara, y el tercero en la frontera de Kenya con Tanzania, en el área protegida. Los especialistas acordaron los objetivos preliminares para mantener el río en un estado próximo al natural, y se determinaron los caudales recomendados para los flujos de base y de inundación, tanto para años normales como para años secos. La extrapolación a largo plazo de estas recomendaciones alcanza un promedio anual de poco más del 50% de los flujos actuales.

El ejemplo del río Mara ilustra la gran ventaja de evaluar el caudal ecológico antes de que el río se haya sobre-extraído. Lejos de necesitar una disminución en la extracción de agua, el proyecto ha demostrado que hay agua disponible para un mayor desarrollo: los objetivos de las áreas protegidas pueden cubrirse con poco más de la mitad del total del agua que fluye en el río en los años promedio. El otro resultado de la evaluación es precisar que la escasez de agua sólo se va a presentar, en el actual régimen de captación, durante la estación seca de los años particularmente secos. Esto ocurrió en la sequía de 2005, cuando la demanda del riego y el rápido escurrimiento en las áreas deforestadas redujeron la base de los caudales a menos de  $0.5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  en las áreas protegidas. Las partes interesadas y los organismos gubernamentales pueden concentrarse ahora en la forma de mitigar los efectos de la sequía, por ejemplo, mediante el almacenamiento en la cuenca superior y el almacenamiento en las granjas para el riego, o una compensación por disminuir la irrigación durante las sequías.

# Política y Legislación para la evaluación de caudales ecológicos<sup>3</sup>

- Ahora muchos países tienen disposiciones legales para los caudales ecológicos.
- Sin embargo, la protección legal de los caudales ecológicos representa una anomalía en el ámbito de la política y la legislación de la ecología: es el único aspecto de la evaluación ambiental en que la incumbencia está en justificar la protección del recurso, en lugar de que sea el usuario potencial quien deba justificar que el uso del recurso es la mejor opción.
- Puede ser eficaz circunscribir las leyes a los principios, y establecer requisitos puntuales en la política, puesto que ésta puede aplicarse con mayor flexibilidad.

Es muy frecuente que los caudales ecológicos se encuentren en una posición incómoda en comparación con muchos otros aspectos de la evaluación y la protección ambientales; son los únicos de los que se espera que sea el medio ambiente el que justifique su propia protección. Este concepto único surgió probablemente por error, como resultado de la bonanza de la construcción de presas durante las décadas de 1950 y 60. En aquel entonces, había la percepción generalizada de que cualquier agua dulce que 'escapara' al mar desde un río se desperdiciaría, y que, de ser posible, cada gota debía interceptarse. El concepto de caudal ecológico se creó para justificar que se dejara algo de agua en los ríos.

Actualmente la mayoría de los países reconocen la necesidad de cuidar sus recursos naturales, y muchos de ellos tienen una disposición explícita para los caudales ecológicos como parte de sus estrategias nacionales, provinciales o estatales. Muchos otros tienen una disposición implícita; entre éstos destacan los países de la Unión Europea, a los que la Directiva Marco del Agua (EU Water Framework Directive) ha solicitado la consecución, en 2015, de "buenas" condiciones ecológicas en todas las masas de agua, aunque no tiene ningún requisito específico para los caudales ecológicos.

Semejante legislación proporciona rara vez instrucciones cuidadosas sobre cómo deben calcularse o realizarse los caudales ecológicos. El Acta del Agua de Sudáfrica de 1998, pionera en su género, exige que se "reserve" agua para las necesidades humanas básicas y para el medio ambiente, y el desarrollo de un sistema de clasificación. El Acta y los documentos parlamentarios que le están asociados mencionan 14 veces la necesidad de sosteni-

bles", etc., pero no incluyen ninguna definición operativa de lo que esto significa o de cómo los administradores deben evaluar si lo están logrando. Del mismo modo, el Acta para el control de la contaminación de EEUU, de 1972 (Water Pollution Control Act), hoy Acta agua limpia, exige que los administradores del agua "evalúen, mantengan y restauren la integridad química, física y biológica del agua de la nación". Sin un método cuantificable, los administradores están a menudo lejos de saber si están contraviniendo o no la ley. La Directiva Marco del Agua trata de definir los límites de sus categorías: 'muy buena, buena, moderada y pobre' pero, en todo caso, la definición debe desarrollarse en un cuerpo de agua y sobre la base de cuerpos de agua, en relación con la gama natural de condiciones para cada uno de ellos.

<sup>3</sup> Para revisar una discusión más amplia de los aspectos de política relativa a los caudales ambientales y la asignación del agua, consulte la publicación de WWF 'La asignación de agua cuando es escasa', WWF 2007.





**Río Orange, Sudáfrica.** La Ley de Aguas de 1998 en Sudáfrica es uno de los más ambiciosos intentos para proteger y restaurar el caudal ecológico.

© C. MARAIS / WWF-Canon

## Lecciones del Acta del Agua de Sudáfrica

El Acta del Agua de 1998 de Sudáfrica ofrece uno de los intentos más progresistas del mundo para atender las necesidades hídricas sociales y ambientales. El Acta exige que se evalúe, reconozca y proteja una 'reserva de agua' social y ambiental. Una vez hecho esto, el agua restante puede asignarse entre los usuarios.

Con todo y esta progresista legislación, ha habido importantes problemas propios de las primeras etapas de desarrollo que nos han brindado lecciones significativas. En primer lugar, el Acta exige que una vez evaluada la 'reserva' ambiental (la asignación de caudal), ésta sea aceptada por el Ministro, con lo que se convierte en una obligación legal. Si bien esto implica una sólida protección de los caudales ecológicos, representa también un obstáculo para su instrumentación, y puede ir en contra de un "enfoque adaptativo". Por consiguiente, quizás deba haber un equili-

brio entre el grado de reconocimiento legal de un requisito de caudal, y su instrumentación.

En segundo lugar, ni siquiera las evaluaciones de caudal sofisticadas detienen los argumentos encolerizados. Hoy muchos administradores de recursos hídricos en Sudáfrica consideran que los métodos actuales de evaluación son excesivamente complicados y demasiado caros. Sin embargo, la directriz original del Departamento Nacional de Asuntos Hídricos y Silvicultura de Sudáfrica optaba por "métodos científicamente aceptables y legalmente defendibles". La regla general es que se puede optar por métodos complejos y caros que sean científicamente aceptables y legalmente defendibles, o bien por métodos rápidos y económicos que permitan la instrumentación, pero que requieren una supervisión permanente y pueden ser difíciles de defender si se someten a exigencias legales rigurosas. No se pueden tener ambas cosas.



# PARTE D: Evaluación de los caudales ecológicos

# Los métodos para la evaluación de los caudales ecológicos

- Los 200 métodos para la evaluación de caudales ecológicos pueden agruparse en los cinco tipos genéricos más comúnmente utilizados, que requieren tiempo y recursos variables, y van desde las tablas de criterios preestablecidos (look-up tables), hasta las investigaciones de campo que se prolongan muchos años.
- Hay, además, dos enfoques que podrían ser eficaces y sumamente adecuados en algunas situaciones:
  - Dejar correr una cierta cantidad de agua del caudal, sin una evaluación previa, y vigilar para detectar los efectos.
  - Pasar la incumbencia al usuario potencial, y pedirle que demuestre que el uso que le va a dar al río no va a degradarlo de manera inaceptable.

Debido a que los ríos son tan diversos, y los contextos ecológicos, sociales, culturales y económicos son también muy diferentes en cada caso, ha habido una proliferación de métodos para evaluar caudales ecológicos. Hay a la fecha más de 200 maneras diferentes de calcular los caudales necesarios para mantener los ecosistemas ribereños. Los distintos enfoques pueden agruparse en los cinco tipos genéricos descritos a continuación, con dos enfoques alternativos adicionales.

## LOS CINCO ENFOQUES PRINCIPALES

### Los enfoques con base en la hidrología / por criterios preestablecidos

Éste es el original y el más simple de todos los enfoques. Los métodos basados en la hidrología se limitan a utilizar los datos, existentes o modelados, del caudal, con base en el supuesto de que mantener un cierto porcentaje del caudal natural va a dar lugar a las condiciones ambientales de interés. Un ejemplo es el enfoque del rango de variabilidad de Richter *et al.* (1997), que describe la gama natural de variación hidrológica mediante 32 diferentes índices hidrológicos que juntos describen la magnitud, la sincronización, la duración, la frecuencia y el grado de cambio que caracterizan el régimen de caudal del río de estudio. Los objetivos de la gestión del caudal se establecen, entonces, como rangos de variación para cada parámetro.

Las tablas de criterios preestablecidos se caracterizan por el enfoque Montana (véase la figura 3), quizás el primero de todos los métodos, desarrollado por Tennant en 1976. Éste proporciona una tabla que indica el porcentaje de la media (natural) del flujo necesario en la estación húmeda y en la estación seca, para mantener las condiciones descritas como: "óptimas (60 a 100%), sobresalientes, excelentes, buenas, aceptables o degradándose, pobres o mínimas, y de degradación grave (menos del 10%)".

El enfoque que se muestra en esta tabla, y otros enfoques similares, suelen basarse en los resultados de una serie de evaluaciones detalladas.

Por regla general, estos enfoques sugieren que se necesita alrededor del 50 al 70% del caudal anual para mantener el río en condiciones ambientales excelentes, y entre 20 y 50% para mantenerlo en condiciones razonables. Entre 10 y 20% de caudal tendrá el río en mal estado: empobrecido aunque todavía fluyendo. Extraer más de 90% del caudal va a garantizar con mayor o menor énfasis que el río y su biodiversidad se dañen gravemente o se destruyan. La cantidad precisa y, en gran medida, los patrones estacionales y anuales de caudal, dependen de qué tipo de río se trate, de dónde esté, y de qué viva en él.<sup>4</sup>

Figura 3. El Método Montana desarrollado por Tennant (1976).

El Método Montana para establecer regímenes de caudal para pesca, vida silvestre, recreación y recursos medioambientales.		
Descripción cualitativa de caudales / 1	Caudales base recomendados Oct – Mar	: Abr – Sep
Crecida o máximo	200% del caudal promedio	
Rango óptimo	60% – 100% del caudal promedio	
Sobresaliente	40%	60%
Excelente	30%	50%
Bueno	20%	40%
Justo o degradado	10%	30%
Pobre o mínimo	10%	10%
Degradación severa	10% del caudal promedio a 0 caudal	
1/ Descripción más apropiada del caudal para estos parámetros		

4 Importante destacar que es muy probable que se necesite más del 50 - 70% del caudal de la estación seca para mantener excelentes condiciones ambientales.

## PARTE D:

# Los métodos para la evaluación de los caudales ecológicos

### Método por extrapolación

Este método utiliza los resultados de estudios disponibles para modelar una relación entre los niveles de caudal y la respuesta ambiental. Este método se desarrolló en Sudáfrica con los resultados de muchos estudios minuciosos para correlacionarlos con: la clase del objetivo ambiental (A = natural, D = muy modificado), una caracterización regional de la hidrología, y un índice hidrológico que por lo general describe la confiabilidad o la "vistosidad" del régimen de caudal. El método provee un porcentaje recomendado del caudal natural, y éste se descompone en curvas de duración mensual para años normales y años de sequía.

Este método puede emplearse únicamente en las regiones en donde se hayan hecho varias evaluaciones de los caudales ecológicos existentes –utilizando métodos más completos–, que aporten el conjunto de datos necesario para la extrapolación.

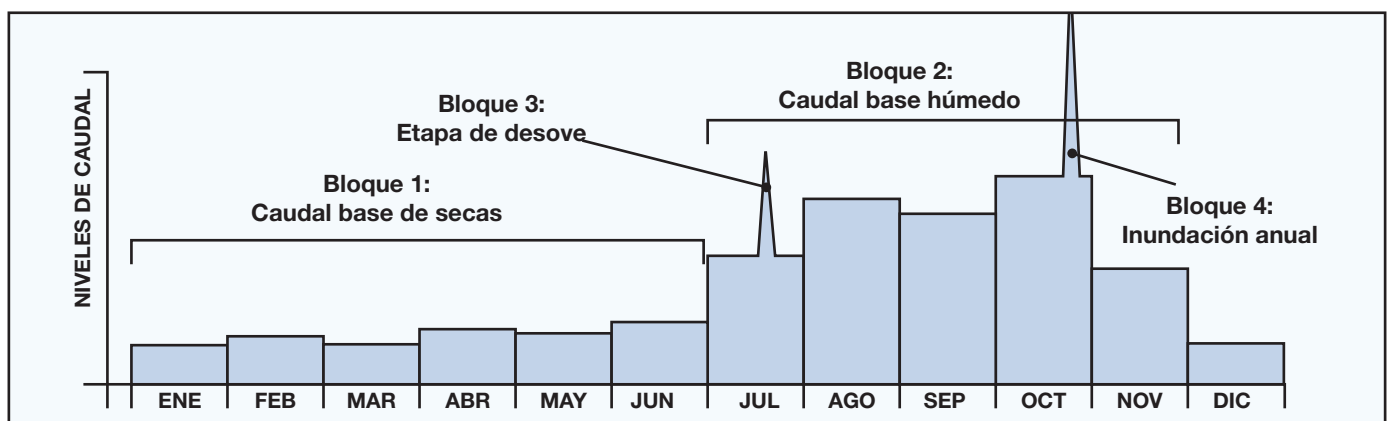
### Métodos de calificación hidráulica

Estos métodos miden los cambios en el hábitat hidráulico disponible (perímetro mojado, profundidad, velocidad, etc) con base en un solo corte transversal del río que mide la forma del canal. Este corte transversal se utiliza como sustituto del hábitat biológico, y permite una evaluación aproximada de los cambios en el hábitat por el cambio de caudales. Los flujos necesarios pueden inferirse de una evaluación del hábitat disponible para las especies indicadoras.

### Métodos de simulación del hábitat

Éstos se desarrollan a partir de los métodos de evaluación hidráulica. Con estos métodos, múltiples secciones transversales son utilizadas en un modelo hidráulico para simular las condiciones de un tramo, de nuevo con base en el perímetro mojado, la profundidad y velocidad. El muestreo biológico de las especies indicadoras, combinado con mediciones de las características hidráulicas de donde éstas se capturan, se utiliza para poblar la parte del hábitat del modelo.

Figura 4. Bloques de caudal del tipo usado en la metodología de construcción de bloques (BBM). Los bloques son básicamente aquellos elementos de la variabilidad del flujo que se considera tienen funciones ecológicas particulares.





## PARTE D:

# Los métodos para la evaluación de los caudales ecológicos

El modelo combinado hidráulico / biológico calcula, entonces, el área del hábitat preferido de las especies indicadoras en diferentes caudales, y puede utilizarse para inferir los caudales necesarios.

Este método, y en particular el Método incremental del caudal ecológico (MICE), ha sido ampliamente utilizado, en particular en EEUU, y las recomendaciones de caudal basadas en él se han defendido con éxito en los tribunales.

### Métodos holísticos

Estos métodos emplean diversos especialistas en distintos campos para brindar una visión consensuada de los caudales que cumplan con un conjunto predefinido de objetivos ambientales, o para describir las consecuencias de distintos grados de modificación del régimen de caudal. La mayoría de estos métodos contempla la participación de un hidrólogo y un ingeniero hidráulico para que proporcionen los datos básicos de las corrientes y las condiciones hidráulicas; a biólogos especializados en los peces y los invertebrados de agua dulce y en la vegetación ribereña, para que caractericen las necesidades de las comunidades bióticas; a un especialista en geomorfología, para que prediga los cambios en el transporte de sedimento y el mantenimiento de canales con diferente caudal; a un especialista en la calidad del agua, y a un especialista en sociología y economía. Existen distintos métodos específicos (por ejemplo, el método holístico por construcción de bloques (Building Block Methodology - BBM) o el enfoque holístico "de respuesta aguas abajo a la transformación impuesta de caudales" (DRIFT, por sus siglas en inglés), que provén marcos estructurados para la recopilación, el análisis y la integración de los datos necesarios para hacer una predicción técnica de los efectos de las modificaciones del caudal.

Este grupo de métodos ha sido ampliamente utilizado en la última década. Por tratarse de métodos sólidos, se pueden usar con diferentes objetivos y distinta

disponibilidad de datos. Tienen la credibilidad de la experiencia conjunta de varios especialistas en distintas ramas.

### ENFOQUES ALTERNATIVOS

#### El enfoque adaptativo o método del "veamos qué pasa"

El método de "enfoque adaptativo" no es tanto un método de evaluación como, más bien, un plan de acción. Este enfoque consiste en dejar correr una cierta cantidad de agua en el río, y vigilar los resultados para ver si cumplen los objetivos. Tiene, pues, la ventaja de no necesitar sofisticadas predicciones de los efectos del caudal, y puede proveer información basada en experiencia real. Sin embargo, requiere alguna forma de almacenamiento del que se puedan liberar los caudales experimentales, o que los usuarios estén dispuestos a renunciar al agua que tienen asignada para dejarla correr aguas abajo. También debe haber la voluntad de liberar los flujos sin necesidad de una justificación más meticulosa, lo que suele ser problemático en condiciones de disputa.

#### El enfoque "invertido"

En este enfoque se invierte el argumento de la prueba, y es el usuario o el usuario potencial quien debe demostrar que el uso propuesto de los recursos del río no va a degradarlo de manera inaceptable, y no va a "deteriorar la confianza del público", en el sentido legal en EEUU, en donde este enfoque ha sido pionero. Ésta sería probablemente la meta a largo plazo de la protección de los recursos hídricos, puesto que se alinea con los demás métodos de evaluación del impacto ambiental (EIA) en los que la incumbencia recae en el usuario potencial, quien debe demostrar que el desarrollo propuesto no es perjudicial en niveles inaceptables.





Río Indo, Paquistán. Los caudales bajos han tenido impactos devastadores en el río.

## Evaluación de los caudales ecológicos para los medios de vida de las personas. El curso bajo del río Indo, Paquistán

El río Indo nace en la meseta tibetana y corre a lo largo de 3,000 kilómetros hacia su delta en el Mar Árabe. Es la principal fuente de agua en Pakistán y de su irrigación depende la economía agrícola. El delta del Indo cubre una superficie de unos 5,000 km<sup>2</sup>, de los que 2,000 km<sup>2</sup> corresponden a un área protegida. Este delta, en forma de abanico, es el sexto más grande del mundo y mantiene a una población de más de 130,000 personas, cuyos medios de vida dependen directa o indirectamente de su caudal.

Como resultado de la extracción para la irrigación, la cantidad de agua en el curso bajo del río ha disminuido drásticamente, de alrededor de 85,000 millones de m<sup>3</sup> por año en 1892, a 12,300 millones de m<sup>3</sup> anuales en la década de 1990. En algunos años, el curso bajo del río ha dejado prácticamente de fluir. La reducción en la afluencia de agua dulce ha dado lugar a una grave invasión del mar en el área del Delta. El agua salina ha penetrado 64 km tierra adentro, se han perdido a la fecha medio millón de hectáreas de tierras de cultivo, y los suministros de agua se han contaminado. Más aún, las abundantes descargas de agua dulce y las cargas de sedimentos ricos en nutrientes mantuvieron históricamente un ecosistema costero de gran productividad, incluyendo los bosques de manglar y las pesquerías, del que las comunidades locales dependían para su subsistencia. La disminución de los caudales de agua dulce en el delta ha llevado a un deterioro general de la salud de la llanura aluvial y de los ecosistemas del delta.

Tras el Acuerdo del Agua de 1994, que prorrateó el agua disponible en el río entre las provincias de Pakistán, se realizó una evaluación del caudal ecológico del río, centrada particularmente en las necesidades hídricas del delta. Se hizo la recomendación inicial de mantener un flujo de base continuo (de 140 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>) junto con inundaciones intermitentes que ascendieran a poco más de 30,000 millones de m<sup>3</sup> en cinco años, lo suficiente para conservar la estructura de los canales del delta. Este caudal es significativamente inferior a 10% del caudal naturalizado del delta. Esta evaluación fue revisada por un panel internacional que identificó algunas deficiencias y expresó también su preocupación respecto de la transparencia del proceso.

Las conclusiones del estudio provocaron una controversia significativa, y las recomendaciones están todavía por aplicarse. Muchas veces, las partes interesadas tienen preocupaciones legítimas respecto a utilizar un estudio deficiente como fundamento de decisiones a largo plazo para la gestión del río. Sin embargo, a pesar de las limitaciones del estudio, en la situación actual en la que no hay prácticamente ningún flujo en el curso bajo del río durante períodos prolongados, puede ser mejor aceptar y aplicar las recomendaciones como una opción inicial —es mejor tener un poco de agua que nada de agua en el río. Al mismo tiempo, va a ser muy importante vigilar los resultados de los caudales recomendados para ver si se logran los objetivos establecidos, y volver a la evaluación a la luz de un mayor conocimiento del sistema. Éste sería un ejemplo del buen uso de un enfoque adaptivo, o método del “veamos qué pasa”.

# Los indicadores

- Rara vez podrían medirse todos los aspectos a lo largo y ancho del río antes de evaluar el caudal ecológico. Así que la mayoría de los métodos se basan en indicadores del caudal en puntos seleccionados para tener indicios de las características del flujo necesario para conservar las características deseadas.
- Estos indicadores deberían ser idealmente aquellos que reaccionan intensamente ante los cambios del caudal, y pueden ser investigados para medir sus respuestas a diferentes velocidades, volúmenes y profundidades de flujo, así como a la disponibilidad de hábitats.
- Se utilizan generalmente representantes de los siguientes grupos: peces, invertebrados bentónicos (que habitan en el fondo), vegetación ribereña (que habita en las márgenes); calidad del agua, transporte de sedimentos, indicadores socio-culturales.

Los caudales ecológicos tienen por objeto garantizar una forma ecológica predeterminada de ver un río. La comunidad tiene que decidir cómo debería ser ese estado ecológico en relación con los bienes y servicios que aprecia y que el río provee naturalmente. Esto significa la conservación de todos los aspectos de los ecosistemas ribereños que van a conformar un equilibrado sistema sostenible: la biodiversidad, la calidad del agua, la dinámica de los sedimentos, los procesos microbianos. Y no podemos medir todas esas cosas a menos que tengamos un tiempo y recursos ilimitados; de ahí que utilicemos los indicadores que a nuestro juicio nos brinden el mejor reflejo del ecosistema en su conjunto. Puesto que es el caudal lo que nos interesa gestionar en primer lugar, los indicadores deben ser las especies y los componentes sensibles a las condiciones de caudal en cuanto a la velocidad de la corriente, la profundidad, la anchura del río, la frecuencia de las inundaciones, etc.

Los indicadores más utilizados son los peces, los invertebrados bentónicos (que habitan en el fondo) –insectos, crustáceos, gusanos y caracoles–, la vegetación ribereña, la química del agua y los sedimentos.

Usando diversos indicadores, el grupo de especialistas en caudales ecológicos puede construir un cuadro de las necesidades del caudal del río, desde los caudales bajos hasta las grandes inundaciones. Por supuesto que pueden utilizarse muchos otros indicadores, si es que se dispone de los recursos y el conocimiento. Las aves y los anfibios (ranas y sapos) son particularmente útiles en las llanuras aluviales y los humedales; las algas, las bacterias y los hongos pueden añadir dimensiones importantes a la comprensión de todas las necesidades del caudal.

## Los peces

Éstos son generalmente los más conocidos de la biota del río, y también le interesan a la mayoría de la gente debido a la pesca. Tienen toda una variedad de estilos de vida y etapas (apareamiento, puesta de los huevos, juventud y edad adulta) que necesitan todas diferentes hábitat y condiciones. Por lo general, requieren por lo menos un poco de agua (en los estanques), un caudal base para inundar los hábitats, algún caudal más elevado (para iniciar la migración de las crías), y en el caso de los hábitat de las llanuras aluviales o criaderos, inundaciones para levantarlos por encima de la llanura aluvial y llenar los humedales. A partir de un muestreo de las especies de peces seleccionadas y caracterizando sus preferencias de hábitat, es posible predecir los caudales que van a conservar estos hábitats. Si un caudal en particular provee un abundante hábitat para las especies más sensibles, entonces podemos suponer que otras especies menos sensibles también serán acogidas.

## Los invertebrados

Estos constituyen el grupo más diverso de animales del río, pero son pequeños y difíciles de identificar, a menos que se tenga capacitación especial. Al igual que los peces, cada grupo se desarrolla en un hábitat diferente, y las condiciones hidráulicas tienen las mismas características que las de los peces. Aunque los invertebrados son, al menos, mucho más fáciles de atrapar, ponga una red en la corriente, párese aguas arriba y patee el sustrato hacia la red. Por lo general los hay cientos por muestra, y decenas de especies diferentes, de modo que el contenido de información de una muestra puede ser considerable. Los invertebrados son, al igual que los peces, de lo más útil para indicar las necesidades del caudal de base –los flujos bajos que mantienen el agua volcándose sobre los rápidos y filtrándose lentamente entre las raíces y las plantas de las márgenes les sirven de hábitat de refugio.

## PARTE D:

### Indicadores

#### La vegetación ribereña

Estas son las plantas que habitan en las márgenes del río. Los ríos suelen identificarse desde el aire por la carretera de un verde encendido que serpentea a través del paisaje, anunciando las plantas arraigadas en el agua subterránea que se filtra desde el río. Estas plantas crecen con frecuencia en bandas o zonas características, a diferente distancia del río: los carrizos, las juncias y los juncos que viven a la orilla del agua, los arbustos que brotan a poca distancia del agua y los árboles más grandes que crecen un poco por encima de las márgenes, y cuyas raíces ayudan a estabilizar esas márgenes. Esta sucesión es una indicación de la disponibilidad del agua y de la frecuencia con que las inundaciones alcanzan diferentes niveles. Un botánico con experiencia puede saber por la distribución de las especies y sus plántulas, qué tan frecuentes y qué tan grandes deberían ser las inundaciones, y cuánto caudal de base es necesario para conservar húmedas las raíces.

#### La calidad / la química del agua

La química del agua se ve afectada por la geología y los suelos de la cuenca de captación, por la temperatura, por el flujo que diluye o concentra los elementos y, por supuesto, por la actividad humana. La química natural del río cambia conforme se acumulan las sales y fluyen los nutrientes. Un río tiene también su propia capacidad natural de purificación, a través de los flujos turbulentos que airean el agua y los procesos microbianos y de las algas que absorben los nutrientes. Así, la labor del químico del agua, en una evaluación de caudales ecológicos, es caracterizar la gama natural de las concentraciones en el río, y analizar cómo éstas pueden cambiar conforme los caudales se modifican.

#### Los sedimentos

La erosión es un proceso natural, pero suele acelerarse con los usos humanos de la tierra. Los sedimentos son transportados por el río: son retirados de unas áreas y depositados en otras, dependiendo de los caudales y el tipo de suelo. Estos procesos construyen o erosionan las márgenes del río, a las que luego estabiliza la vegetación. Así, el geomorfológico fluvial (el especialista en el transporte de sedimento en los ríos) debe analizar los sedimentos del río, y evaluar los efectos (la erosión neta o la sedimentación) que tendrán diferentes regímenes de caudal. Una cosa es segura: una modificación del régimen de caudal se va a traducir en un cambio en las dinámicas de transporte del sedimento, con lo que el canal va a cambiar a largo plazo. El geomorfológico tiene que determinar qué tan rápidos y extensivos van a ser esos cambios, y establecer los caudales que conserven las formas del canal en un estado tal que continúe proveyendo los hábitats necesarios.

#### Los indicadores socio-culturales

En algunas partes del mundo los ríos pueden estar vinculados con una gama de valores sociales, culturales y religiosos importantes. Por ejemplo, en el Sur de Asia, los ríos tienen un papel vital en una serie de ceremonias religiosas, y esto puede requerir que el río tenga un determinado caudal en ciertas épocas del año.





© S BLACK / WWF-Canon

**Kafue, Zambia.** La dinámica de la espectacular planicie de Kafue en Zambia depende de la temporada de inundación estacional lo cual ayuda a la recarga de acuíferos y al pastoreo de las especies locales. Desde la construcción de la planta hidroeléctrica en el río Kafue, este vital flujo depende de la operación de la presa.



© M HARVEY / WWF-Canon

# ANEXO A

## Jerarquía de objetivos

### -Método de establecimiento de indicadores medibles para establecer una visión

Un proceso que ha resultado ser muy efectivo para determinar los objetivos para los caudales ecológicos, y otros temas del medio ambiente, es la jerarquización de objetivos. Una de las grandes fortalezas de este proceso es que vincula las aspiraciones ambientales (a menudo vagas) de las partes interesadas no especializadas en el tema, con los requisitos (a menudo muy técnicos) de los científicos, y permite, por consiguiente, que ambos grupos se comuniquen en el proceso para determinar los objetivos. Una jerarquización de objetivos comienza planteando una visión genérica para el río, por lo general sugerente aunque no cuantificable.

Un ejemplo podría ser el siguiente:

"Conservar cuanto sea posible la biodiversidad natural, y a la vez abastecer las necesidades de la comunidad y minimizar los riesgos para la salud".

Para ser útil, este objetivo general debe descomponerse en sus partes, de modo que los administradores de los recursos puedan saber para qué deben gestionar, y cómo medir el cumplimiento de los objetivos. La jerarquización de objetivos cada vez más puntualizados puede servir de vínculo entre los indicadores medibles, que pueden no ser fácilmente comprendidos por muchos de los interesados, y la visión. El cuadro que sigue muestra un ejemplo hipotético utilizando la visión anterior.

En el ejemplo, cualquiera puede entender la visión y el objetivo superior, pero no hay forma de medir directamente su cumplimiento. Los sub-objetivos siguen siendo comprensibles y se vinculan con el objetivo superior, pero todavía pueden dar lugar a diferentes interpretaciones. Los indicadores medibles son cuantificables e inequívocos, pero los objetivos relativos a las larvas de *Caddis hydropsychid* o al fosfato soluble reactivo son oscuros para la mayoría de las personas. La jerarquización de los objetivos tiene, por lo tanto, el propósito de vincular la visión –sugerente pero no cuantificable–, a un conjunto de indicadores –medibles pero oscuros. Por supuesto, puede haber varios niveles intermedios de objetivos, y literalmente cientos de indicadores, que van a conformar la base de un sistema de monitoreo vinculado a respuestas de gestión adecuadas.

#### Ejemplo de una jerarquización de objetivos

##### Visión:

"Conservar cuanto sea posible la biodiversidad natural, y a la vez abastecer las necesidades de la comunidad y minimizar los riesgos para la salud".

##### Objetivo superior:

"Suministrar a todos los hogares del área de captación agua potable por tubería, sin comprometer su disponibilidad aguas abajo, la salud ambiental, o los bienes y servicios naturales".

##### Sub-objetivos:

- Reducir al mínimo la propagación del mosquito
- Mantener una pesca de subsistencia
- Conservar la buena calidad del agua

##### Indicadores medibles:

- Garantizar caudales de más de  $1,5 \text{ m}^3 \text{ seg}^{-1}$  en los sitios aguas abajo durante la estación seca
- Mantener un índice de bentos invertebrados > 100 durante la estación seca, con larvas de *Caddis hydropsychid* como indicadores en todas las muestras de la corriente
- Mantener una captura por unidad de esfuerzo (CPUE) mayor que dos peces cíclidos de masa > 250g por línea de mano por hora
- Evitar el aumento de la salinidad por encima de  $50 \text{ mS m}^{-1}$  durante más de 5% de la estación seca
- Mantener el pH entre 6,8 y 8,0
- Mantener fosfatos solubles reactivos en concentraciones por debajo de  $1 \text{ mg l}^{-1}$  durante más de 95% del año



# ANEXO B

## Glosario

---

### **Régimen de perturbación:**

Patrón de los acontecimientos en un ecosistema, que elimina organismos y abre espacio u otros recursos. Se considera que las perturbaciones proporcionan el mosaico de las diferentes condiciones que permiten que distintos animales y plantas prosperen en lugares diversos en diferentes momentos. El régimen de perturbaciones es, por consiguiente, un factor de la biodiversidad determinante en un ecosistema.

### **Geomorfología:**

Estudio de los relieves propios de la corteza terrestre y los procesos que les dan forma. Los geomorfólogos buscan comprender por qué los paisajes se ven tal como se ven: tratan de comprender la historia y la dinámica de los relieves de la corteza terrestre y de predecir los cambios futuros mediante una combinación de observaciones de campo, experimentos físicos y modelos numéricos. La geomorfología fluvial observa los procesos que transportan sedimento desde la cuenca de captación a través del canal del río, la erosión y el azolvamiento que modela el canal del río y determina la forma física de sus diferentes hábitats.

### **Hidrología:**

Estudio del movimiento y la distribución de agua a lo largo y ancho de la Tierra. Los hidrólogos se ocupan tanto del ciclo hidrológico –los procesos de evaporación, precipitación, escorrentía e infiltración subterránea–, como de los recursos hídricos –la cantidad de agua disponible y su distribución.

### **Hidráulica:**

Parte de la ciencia y de la ingeniería que se ocupa de las propiedades mecánicas de los líquidos. La hidráulica de la corriente o del río trata de las propiedades del agua que fluye en el canal –qué tan profunda es, qué tan rápidamente fluye, con qué amplitud se va a extender, y lo que va a hacer en cuanto a mover materia en el río. Para los ecólogos (y los pescadores), las condiciones hidráulicas describen los tipos de hábitat de un río en el que se pueden encontrar diferentes especies.

### **Zona ribereña:**

Interfaz entre la tierra y un río. La vegetación ribereña se compone de comunidades de plantas que crecen a lo largo de las márgenes del río. Estas plantas se caracterizan por utilizar el agua que se filtra en las márgenes. La vegetación ribereña es importante por su biodiversidad y por su papel en la estabilización de las propias márgenes de los ríos. Las zonas ribereñas se producen de muchas formas –entre las que se incluyen pastizales, bosques y humedales–, y requieren la humedad periódica de las crecidas y las inundaciones para deshacerse de sedimentos, y para promover la germinación y el crecimiento de las plantas.

### **Perímetro mojado:**

En una sección transversal de un río, el perímetro mojado es el ancho del río (medido de un lado al otro del lecho) que está cubierto de agua. Éste aumenta con el caudal creciente, creando hábitats acuáticos adicionales.

# ANEXO C

## Referencias adicionales

---

Acreman, M. and M.J. Dunbar (2004). Defining environmental river flow requirements – a review. *Hydrology and Earth System Sciences*, 8(5), 861-876.

IUCN, (2003). FLOW – the essentials of environmental flows. <http://www.iucn.org/themes/wani/flow/main.html>

King, J.M., R.E. Tharme, and M.S. de Villiers, (2000). *Environmental Flow Assessments for Rivers: Manual for the Building Block Methodology*. Report No. TT131/00. From: The Water Research Commission, Private Bag X03, 0031 Rietfontein, Pretoria, South Africa.

Le Quesne, T., G. Pegram and C. Van Der Heyden (2007) *Allocating Scarce Water – A WWF primer*. WWF-UK.

Postel, S. and B. Richter (2005) *Rivers for life: Managing water for people and nature*. Island Press, Washington. <http://www.nature.org/initiatives/freshwater/conservationtools/art16895.html>

Schofield, N., A. Burt and D. Connell, (2003). *Environmental water allocation: principles, policies and practices*. Land & Water Australia. <http://products.lwa.gov.au/products/pr040738>

The Nature Conservancy (2006) *Environmental flows: Environmental perspectives on river basin management*. Special issue: developing a global environmental flows. [http://www.nature.org/initiatives/freshwater/files/ef\\_nl\\_5.pdf](http://www.nature.org/initiatives/freshwater/files/ef_nl_5.pdf)

# Referencias citadas en el texto

---

Bunn, S. E. And A. H. Arthington (2002) Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. *Environmental Management*, 30: 492-507.

Noss, R. F. (1990), 'Indicators for Monitoring Biodiversity: A Hierarchical Approach,' *Conservation Biology*, 4: 355-364.

Resh, V. H., A.V. Brown, A. P. Kovich, M. E. Gurtz, H. W. Li, G. W. Minshall, S. R. Reice, A. L. Sheldon, J. B. Wallace, and R. C. Wissmar (1988) The role of disturbance in stream ecology. *Journal of the North American Benthological Society* 7:433-455.

Richter, B. D., J.V. Baumgartner, R. Wigington, and D. P. Braun (1997). How much water does a river need? *Freshwater Biology* 37: 231-249.

South African National Water Act, No. 36 of 1998. *Government Gazette* Vol.398 No.19182, Cape Town, 26 August 1998.

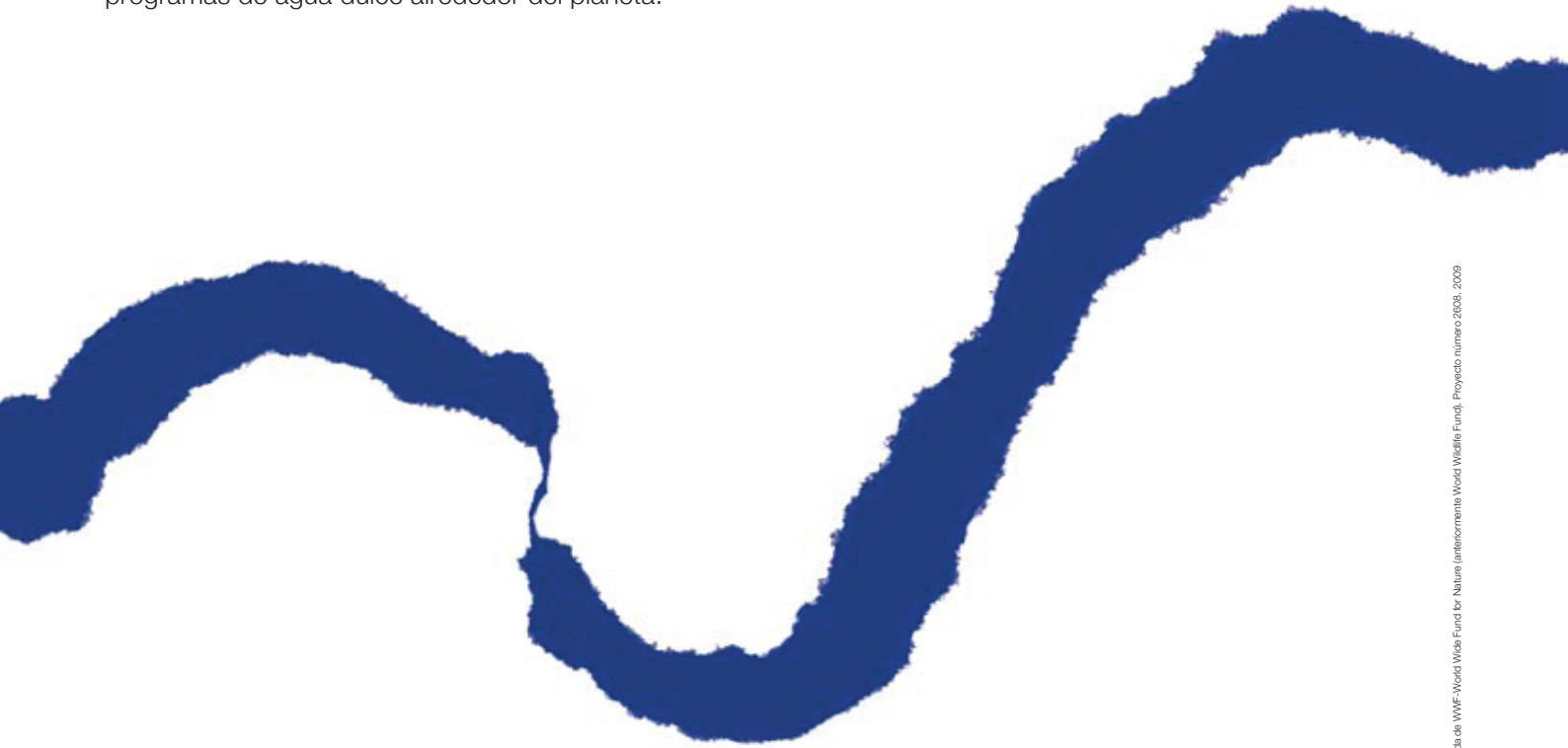
Tennant, D. L. (1976) Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. *Fisheries*, 1: 6-10.

United Nations (1992) Agenda 21, United Nations conference on environment and development. United Nations, Conches.

World Bank (2008), Integrating Environmental Flows into Hydropower Dam planning, Design, and Operations, Water Resources and Environment Technical Guidance Note, World Bank 11 June 2008.

## Acerca de WWF

Con una red global que abarca más de 100 países y el respaldo de casi 50 años de trabajo, WWF es una de las organizaciones de conservación con mayor experiencia en el mundo, y contribuye activamente a la ejecución de proyectos y programas de agua dulce alrededor del planeta.



Con el apoyo de la Alianza



FUNDACIÓN  
GONZALO RÍO ARRONTE, I.A.P.



**HSBC  
Climate  
Partnership**



**por un planeta vivo®**

### Febrero de 2009

La reproducción total o parcial de esta publicación debe mencionar el título y el crédito de WWF-Reino Unido como propietario de los derechos de autor.

Ninguna fotografía de esta publicación puede ser reproducida sin autorización previa.  
© Texto 2007 WWF-UK.

Todos los derechos reservados.

La misión de WWF es detener la degradación ambiental del planeta y construir un futuro en el que los humanos vivan en armonía con la naturaleza, conservando la diversidad biológica del planeta, garantizando el uso sostenible de los recursos naturales renovables y promoviendo la reducción de la contaminación y el desperdicio de los recursos.

[wwf.org.uk/freshwater](http://wwf.org.uk/freshwater)

[wwf.org.mx](http://wwf.org.mx)

#### WWF-UK

Panda House  
Weyside Park  
Godalming  
Surrey GU7 1XR.  
+44 (0) 1483 426444

#### WWF-México

Ave. México 51  
Col. Hipódromo  
C.P. 06100  
México, D.F.  
+52 (55) 5286 5631