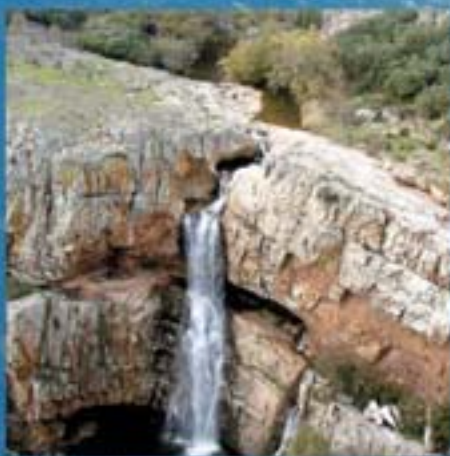


# Evaluación y Provisión de Caudales Ambientales en los cursos de agua mediterráneos



Fotografías cedidas por el CENEAM - O. A. DE PARQUES, ESPAÑA



Este documento ha sido  
desarrollado en concordancia  
con las actividades de  
la Red Mediterránea de  
Organismos de Cuenca

**Conceptos, Métodos y Práctica emergente**

**Mayo 2004**



Los diferentes sectores interesados en el uso del agua están ejerciendo presión para proteger las funciones y los servicios ecológicos, sociales e hidrológicos —que proveen los sistemas de recursos naturales— e introducir estos enfoques en la planificación y gestión de los recursos hídricos a todo nivel, empezando por la planificación y gestión locales hasta llegar al nivel de la cuenca

## Introducción

**D**urante la última década se han realizado grandes avances con respecto al reconocimiento de la relación existente entre las necesidades ambientales y los retos impuestos por la gestión de los recursos hídricos en el Mediterráneo.

Las iniciativas de políticas como la Directiva Marco de Aguas de la Unión Europea (2000) y las nuevas legislaciones nacionales que fomentan la gestión integrada de los recursos hídricos en países no miembros de la UE en el Mediterráneo, representan una indicación clara de las principales transformaciones de las que son objeto el seguimiento, la evaluación y la gestión de los recursos hídricos.

En un inicio marcado por el pasado, el medio ambiente es considerado cada vez más como la base de la gestión sostenible de los recursos hídricos y su protección a largo plazo en lugar de un elemento marginal o de poca importancia.

En los últimos años se ha despertado la conciencia pública de, por ejemplo, el valor del papel desempeñado por los ecosistemas de agua dulce y

los humedales en el ciclo hidrológico de las cuencas hidrográficas, además de su rol crítico en la provisión de hábitat para muchas especies de plantas y animales. Las medidas para conservar y mejorar la calidad ecológica de los ríos están aumentando como parte de las estrategias para resguardar la calidad y cantidad de los recursos de agua dulce en el futuro, particularmente en las cuencas sometidas a presiones externas.

Aunque el panorama parece prometedor, hay muchos obstáculos al cambio que necesitan ser superados antes de que se comprenda realmente la importancia de las funciones ecológicas e hidrológicas provistas por los humedales y los sistemas de recursos naturales. Los caudales ambientales, alrededor de los cuales se está desarrollando una nueva generación de herramientas y métodos, han emergido como un concepto clave para vincular los intereses de la gestión ambiental con aquellos de la gestión de los recursos hídricos.

## ¿Qué es un caudal ambiental?

Un caudal ambiental es la provisión de agua en los ríos y sistemas asociados de agua subterránea, de

### Cuadro 1:

### Términos utilizados para describir los caudales relacionados con el mantenimiento ecológico de los cursos de agua

- **Caudal Ecológico:** caudal especificado para mantener algunas características del ecosistema fluvial, frecuentemente para limitar la abstracción o diversión de aguas durante la temporada seca.
- **Caudal de Reserva:** término utilizado para la cantidad de agua reservada para asegurar la sostenibilidad a largo plazo de las funciones y servicios de los ecosistemas acuáticos.
- **Caudal de compensación:** término utilizado para denotar el volumen de agua descargada aguas abajo de una presa.
- **Caudal de crecidas:** caudal más grande que el promedio descargado para limpiar el sistema fluvial de sedimentos y residuos para que puedan llevarse a cabo los procesos ecológicos clave.
- **Requisitos de los Caudales Mínimos (IFR):** término temprano y menos completo utilizado para definir el caudal ambiental en los cursos de agua, con frecuencia dirigido a la supervivencia de la fauna piscícola. Actualmente el término implica métodos holísticos para establecer regímenes de caudales.
- **IFR de Mantenimiento:** régimen de caudales requerido para mantener las funciones del ecosistema fluvial que permitan la reproducción de plantas y animales en la mayoría de los años.
- **IFR de Sequía:** régimen de caudales reducido drásticamente y provisto en los años de sequía para mantener las especies sin favorecer necesariamente la reproducción.

suficiente calidad, cantidad, duración y estacionalidad, para mantener los ecosistemas de agua dulce y los humedales así como los beneficios que éstos proveen, especialmente en los cursos de agua sujetos a usos conflictivos y a regulaciones del caudal.

Es el volumen de agua asignado para alcanzar una condición ambiental determinada, siguiendo un proceso de evaluación ambiental, social y económica en el que se ha logrado establecer un equilibrio aceptable entre las condiciones requeridas por el ecosistema y las necesidades económicas y sociales.

El Cuadro 1 muestra varios términos que han sido utilizados en la definición de caudales para el mantenimiento ecológico de los cursos de agua. Aunque los enfoques más limitados ponían énfasis en el caudal mínimo (a menudo un valor fijo), actualmente se reconoce que, si el objetivo es satisfacer las condiciones requeridas para sustentar los ecosistemas de agua dulce y los servicios que éstos proveen (ej., caudales reducidos, crecidas estacionales y excepcionales, y pulsos fluviales como las descargas punta diarias de las presas hidroeléctricas), resulta imprescindible la aplicación de un régimen completo de caudales.

Los enfoques más completos consideran además las interacciones entre los flujos superficiales y subterráneos, así como los impactos causados por la regulación de caudales en el hábitat, la morfología del río, la calidad del agua, y los ciclos de los nutrientes y sedimentos.

Los valores socioeconómicos, recreativos y de patrimonio cultural son elementos importantes en los enfoques modernos de evaluación y provisión de caudales ambientales que pretenden optimizar los beneficios para todos los usuarios del agua y repartir los riesgos de manera equitativa

## ¿Dónde encajan las evaluaciones de caudales ambientales en la gestión integrada de los recursos hídricos?

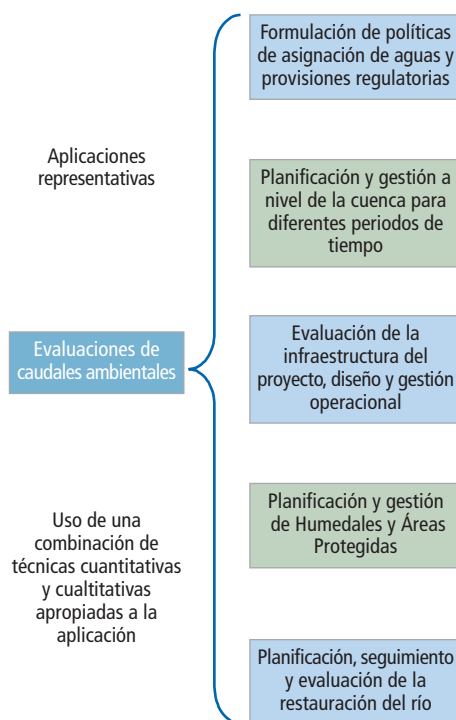
Los conocimientos científicos adquiridos a través de la evaluación de las necesidades de caudales ambientales, realizada dentro de un marco más amplio de planificación de cuencas, permiten un

análisis más claro e informado de las medidas requeridas, por ejemplo:

- Proteger y optimizar las funciones hidráulicas provistas por los ecosistemas y humedales para mejorar la disponibilidad o calidad del agua;
- Minimizar o mitigar los impactos de nuevos proyectos de desarrollo de los recursos hídricos y políticas de regulación de caudales;
- Restaurar los humedales deteriorados y los ecosistemas afectados por desarrollos anteriores, y
- Establecer políticas de reparto de los beneficios y riesgos, y calcular el coste de compensar a los pobladores.

La Figura 1 ilustra cómo las evaluaciones de caudales suministran información a la planificación de recursos hídricos a diferentes niveles, con diversos fines y distintos periodos de tiempo.

**Figura 1**  
**Evaluaciones de caudales ambientales en la gestión integrada de los recursos hídricos**



Las evaluaciones de caudales ambientales ofrecen una manera sistemática de equilibrar los valores económicos, sociales y ambientales en la asignación y gestión de aguas, donde la cuantificación de las necesidades ambientales ha sido reconocida como parte olvidada de la ecuación desde hace mucho tiempo



La protección de la pesca dio paso a la creación de la primera legislación de caudales ambientales en Italia en 1978. De manera similar, la Ley de Pesca de 1984 fue la primera legislación en Francia que recalcó la importancia de los caudales ambientales

En la planificación de cuencas, las evaluaciones de caudales ambientales (ECAs) son necesarias para establecer objetivos de caudales a largo plazo y definir una política de asignación de aguas sensible a las necesidades ambientales. A nivel del proyecto, las evaluaciones de caudales dan apoyo a la evaluación del proyecto y a la valoración de los impactos ambientales, contribuyendo además a la gestión adaptable mediante medidas como el establecimiento de políticas de gestión de las descargas aguas abajo de las presas.

Los conservacionistas han abogado durante mucho tiempo por el uso de las evaluaciones de caudales ambientales como una herramienta primordial para vincular la gestión de humedales con la planificación a nivel de la cuenca, reconociendo así que los ecosistemas acuáticos y los humedales no pueden ser gestionados sin considerar antes las actividades que ocurren aguas arriba y que podrían ejercer una influencia negativa en todo el sistema.

La experiencia demuestra que la realización de ejercicios participativos en la evaluación de caudales ambientales que reúnen a equipos multidisciplinarios y a actores interesados en los usos del agua, crean las condiciones adecuadas para una discusión más fundamentada sobre los objetivos globales de la gestión de ríos. Cuando las negociaciones sobre la asignación de aguas se vuelven difíciles, resulta vital realizar ejercicios participativos, que al ser conducidos apropiadamente, ayudan a romper las barreras de comunicación y reducir los conflictos.

Es importante introducir la evaluación de caudales ambientales en las primeras etapas del proceso de planificación, de lo contrario, los problemas pueden volverse más graves y las soluciones implicar costes ambientales, económicos y sociales mucho más elevados.

### ¿Cuáles son las disposiciones políticas y reguladoras relevantes?

Las Convenciones Internacionales así como muchos Acuerdos pan-mediterráneos sobre el desarrollo sostenible proporcionan una base importante para el desarrollo de políticas y

#### Cuadro 2:

### Compromisos internacionales y regionales que incluyen caudales ambientales

- **Sobre la gestión integrada de los recursos hídricos**

La Declaración Med-21 (Turín-1994) y declaraciones posteriores sobre la gestión local del agua (la más reciente siendo la de Turín de 1999), proporcionan las especificaciones de los caudales ecológicos de los cuerpos de agua superficiales en los países mediterráneos.

- **Sobre la conservación y gestión de humedales**

De acuerdo a la Declaración de Venecia sobre los humedales mediterráneos (1996), basada en Ramsar (1971), es necesario adoptar políticas que aseguren la calidad y cantidad de agua requeridas para mantener las funciones y los valores naturales de los humedales en los países mediterráneos.

- **Sobre los ecosistemas de agua dulce**

La Convención de Diversidad Biológica (1992) dispone que se determinen los caudales requeridos para mantener los ecosistemas de agua dulce y que se evalúen las medidas necesarias para asegurar dichos caudales.

regulaciones nacionales de caudales ambientales. El Cuadro 2 nos muestra tres ejemplos.

Estos acuerdos representan el consenso logrado para trabajar hacia la evaluación y provisión y caudales ambientales de acuerdo al contexto, como medio para promover la gestión sostenible de los recursos hídricos y conservar la rica biodiversidad de la región mediterránea y sus valores patrimoniales

### La Directiva Marco de Aguas de la Unión Europea (DMA, 2000)

La Directiva Marco de Aguas es la legislación pan-europea de mayor alcance que une los intereses

## Objetivos globales de la Directiva Marco de Aguas 2000 (Artículo 4)

- Prevenir un mayor deterioro así como proteger y mejorar el estado de los ecosistemas acuáticos y las zonas húmedas asociadas;
- Fomentar el uso sostenible del agua basado en la protección a largo plazo de los recursos hídricos disponibles;
- Aumentar la protección y mejora del ambiente acuático
- Asegurar la reducción progresiva de la contaminación del agua subterránea y prevenir futuras contaminaciones; y,
- Contribuir a mitigar los efectos de las crecidas y sequías.

de la gestión del medio ambiente y los de la gestión de los recursos hídricos (ver Cuadro 3). La DMA introduce dos conceptos clave en la agenda legislativa de los países miembros de la UE, el "estado ecológico" de los cuerpos de agua y la "gestión de aguas" a nivel de la cuenca hidrográfica.

La DMA obliga a estos países a modificar su legislación nacional con el fin de alcanzar un "buen estado" de los cuerpos de agua para el año 2015. El "buen estado ecológico" (GES), un componente importante del "buen estado", debe incluir una evaluación de las comunidades biológicas y de las características del hábitat e hidrología de los cuerpos de agua, en combinación con la evaluación convencional de la calidad química.

No obstante, los críticos argumentan que todavía existe un gran vacío entre teoría y práctica especialmente, entre lo que requiere la DMA y lo que muchos países están llevando a cabo actualmente.

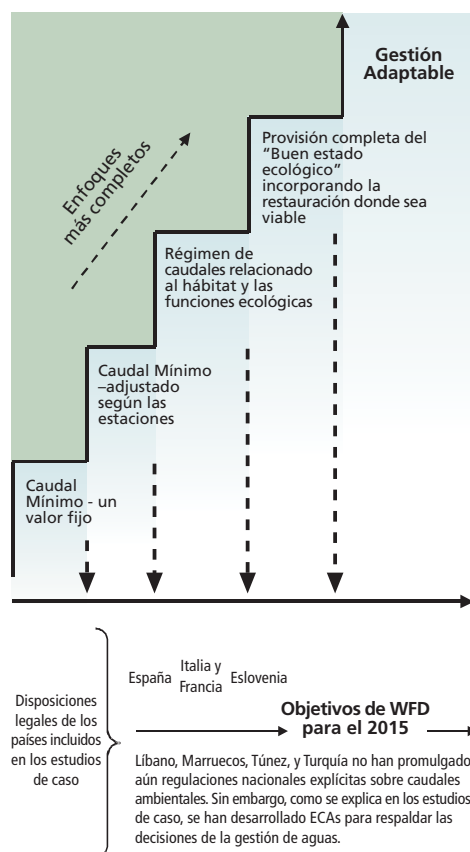
### Política nacional y marcos reguladores

Hasta ahora, solamente un pequeño grupo de países mediterráneos han introducido legislación nacional que requiera explícitamente la evaluación

y provisión de caudales ambientales. Sin embargo, los caudales ambientales se encuentran incluidos implícitamente en la legislación ambiental y las políticas de aguas de la mayoría de los países.

Los países del norte del Mediterráneo han pasado por varias fases en lo que respecta a sus regulaciones, a menudo comenzando con requisitos de caudales mínimos y progresando hasta llegar a nociones más holísticas de calidad ecológica. Esta evolución se ilustra en la Figura 2.

**Figura 2.**  
**Evolución de las normativas de caudales ambientales en los países mediterráneos incluidos en los estudios de caso**



El conflicto percibido entre las necesidades económicas y la conservación de la vida silvestre y los hábitats es artificial, lo cual es perjudicial para lograr un consenso en las estrategias prácticas y sensibles para gestionar los recursos naturales en vistas del interés común



El conflicto percibido entre las necesidades económicas y la conservación de la vida silvestre y los hábitats es artificial, lo cual es perjudicial para lograr un consenso en las estrategias prácticas y sensibles para gestionar los recursos naturales en vistas del interés común

Dependiendo de la situación particular, las regulaciones necesarias son adoptadas a nivel nacional o a nivel de la cuenca. La Tabla 1 muestra el desarrollo de las leyes nacionales en Italia en referencia a las evaluaciones de caudales; las regulaciones nacionales italianas requieren que los Organismos de Cuencas establezcan normas específicas para los caudales ambientales adecuadas al contexto propio de la cuenca.

## Percepción y realidad – ¿Qué barreras deben ser superadas?

A pesar del progreso logrado hasta ahora y del cambio de actitudes con respecto a la necesidad de evaluar los caudales, existen todavía muchas barreras perceptivas contra la adopción generalizada de caudales ambientales en el Mediterráneo.

### Percepción 1: Los caudales ambientales son principalmente para los países “ricos en agua” del Mediterráneo

Un error común es que los caudales ambientales son principalmente para los países con altos niveles de precipitación y ríos perennes – generalmente cuencas en las costas del norte del Mediterráneo. Por ello, se cree que tienen menor importancia en cualquier otro lugar del Mediterráneo donde la combinación de una baja precipitación y una demanda no regulada del agua han provocado una escasez crónica de agua.

La realidad es que los caudales ambientales son importantes en todas las cuencas de la región. Ayudan a restaurar y mejorar las funciones hidráulicas desempeñadas en el ciclo del agua por los humedales y los recursos naturales hidrodependientes (ej., retención de agua, almacenamiento, depuración, y zonas de protección contra la sequía e inundaciones) – mientras mantienen sanos los ecosistemas y los servicios ecológicos asociados. Lo que es más, las cuencas que más beneficios pueden obtener de los caudales ambientales son precisamente las más pobres en términos de agua.

En el contexto de la gestión agresiva de la demanda de agua (GDA) y la aparición de alternativas de abastecimiento no convencionales, los caudales ambientales proporcionan una herramienta adicional para mitigar el deterioro de la calidad del agua y la escasez crónica de agua dulce en las cuencas hidrodeficitarias, evitando así crisis similares en otras cuencas sometidas a grandes presiones externas.

Además, la disminución de los ecosistemas hidrodependientes no solamente pone en peligro los valores ambientales y patrimoniales, sino que afecta directamente a los sectores económicos que dependen de dichos ecosistemas. Un ejemplo de ello es el sector turístico, un sector de rápido crecimiento y generador de altos niveles de empleo en muchos países, para el cual los servicios ecológicos proporcionados por los ecosistemas son fundamentales.

**Tabla 1:**  
**Evolución de los criterios para definir los requisitos de caudales en Italia**

|      |                                                                                                                                                                                                   |      |                                                                                                                                                          |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1978 | “Un caudal residual mínimo para asegurar la vida piscícola”.                                                                                                                                      | 1999 | “La protección cuantitativa de los recursos hídricos contribuye al logro de los objetivos de calidad y la explotación sostenible del agua”.              |
| 1994 | “El caudal necesario para la vida en los ríos de modo que el equilibrio del ecosistema no se vea afectado”.                                                                                       | 2002 | “El caudal que debe mantenerse aguas abajo de las diversiones de aguas para mantener las condiciones vitales de funcionalidad y calidad del ecosistema”. |
| 1995 | “El caudal que debe mantenerse aguas abajo de los desvíos de aguas que, aunque casi crítico, sirva para mantener las condiciones instantáneas vitales de funcionalidad y calidad del ecosistema”. |      |                                                                                                                                                          |

\*Ver el estudio de caso del río Vomano en el Dossier

## **Percepción 2: La provisión de caudales ambientales implica que los ríos vuelvan a su estado natural**

La comisión RAMSAR reconoce que sería imposible devolver la mayoría de los ríos y humedales a su estado natural debido a los patrones de uso y a los impactos antropogénicos establecidos a largo plazo.

En realidad, la asignación de un caudal ambiental no puede ser visto únicamente en términos de un régimen de caudales que devuelva al río o a un humedal a un estado completamente natural, sino más bien como el régimen de caudales que conserva las funciones y atributos de los ecosistemas y humedales deseados por las comunidades y usuarios del río, y que además asegura la disponibilidad sostenida de los bienes y servicios que éstos proveen.

## **Percepción 3: Los caudales medios son suficientes para determinar las asignaciones de aguas**

El tercer error común es que los caudales promedio son suficientes para determinar los caudales ambientales, y por extensión, para establecer las políticas de regulación y extracción de aguas para los diferentes usos.

La realidad es que el caudal medio del río puede ser uno de los componentes menos importantes del caudal natural, mientras que la variabilidad en la cantidad, calidad, duración, y estacionalidad de los caudales son esenciales para los ríos sanos.

Esto es particularmente cierto en las cuencas mediterráneas donde las crecidas estacionales pueden estar seguidas por largos periodos de lluvia escasa o episodios de sequía de varios años. Aunque en estas circunstancias los ecosistemas y la vegetación ribereña autóctona están generalmente adaptados a los ciclos de sequía, los lechos secos del río y los caudales intermitentes, dependen de cierta cantidad de agua para reajustar los procesos biológicos críticos cuando vuelva la lluvia. En tales circunstancias, las asignaciones basadas en las condiciones del caudal mínimo o promedio no son útiles.

En situaciones de sequía graves, puede ser necesario asignar la mayor parte del agua disponible a las necesidades humanas e incluso proteger el medio ambiente – siempre que se permita que los ecosistemas puedan recuperarse una vez que la lluvia regrese. La evaluación de caudales ambientales establecerá lo que es mejor para cada cuenca en particular.

Finalmente, el grado de “buena salud” que deberá tener un río o el sistema de agua subterránea asociado es más bien un juicio social que variará de país a país y de cuenca a cuenca.

## **CONCEPTOS Y MÉTODOS**

Los primeros trabajos en metodologías de caudales ambientales realizados a finales de los años 70 y en los 80, fueron aplicados principalmente a ríos perennes en climas templados. Los intereses de la pesca fueron unos de los primeros en fomentar estas evaluaciones para proteger las especies de salmónidos (ej. trucha) en peligro en los ríos del norte de Europa y Norte América.

Los conceptos actuales de la evaluación de caudales ambientales tienen un alcance mucho más extenso; reflejan los esfuerzos de colaboración de los investigadores en las disciplinas físicas, naturales y sociales trabajando en diferentes aspectos de la ecología, la hidrobiología y la gestión sostenible de los recursos hídricos.

En la última década, los métodos se han extendido a los sistemas fluviales en las regiones semiáridas, más relevantes a la situación mediterránea. En Europa ha habido una inyección considerable de recursos financieros y técnicos para desarrollar métodos y herramientas relacionados a la determinación del estado ecológico de los cuerpos de agua dulce, con el fin de respaldar la Directiva Marco de Aguas.

## **¿Cuáles son los componentes esenciales de los caudales ambientales?**

Los regímenes de caudales de los ríos pueden dividirse en caudales base, crecidas pequeñas que ocurren cada año, y grandes avenidas ocasionales que cubren las planas de inundación.



Los sectores agrícola y turístico producen cada uno cerca de 14% del PIB de la región – donde la agricultura representa en promedio el 70% del uso consuntivo del agua. El mantenimiento y la restauración de los servicios del ecosistema son factores importantes en el sector turístico de la economía



La DMA define el “buen estado ecológico” cualitativamente, con referencia a las poblaciones y comunidades de peces, los macroinvertebrados, los macrófitos, los fitobentos y el fitoplancton, además de la forma del canal y la profundidad del agua que afectan los elementos biológicos

## • Caudales base

El caudal base afecta la naturaleza del río y del ecosistema de humedales; en el contexto mediterráneo, los caudales base definen si el río es perenne o intermitente. Los caudales base crean una variedad de condiciones para los procesos del ecosistema en las diferentes estaciones del año.

El periodo de estiaje junto con la calidad del agua, son factores críticos en el mantenimiento del hábitat físico y en asegurar la sostenibilidad a largo plazo de todo el ecosistema de agua dulce. Los caudales mínimos alteran además la intrusión de agua marina en la desembocadura del río y los ecosistemas de estuario en las zonas costeras.

## • Caudales de inundación

Las crecidas recargan los sistemas ribereños de agua subterránea y erosionan y dan forma al lecho del río y los estuarios para mantener su estabilidad y estructura. Las avenidas son esenciales para sincronizar una serie de procesos ecológicos en el sistema fluvial, que van desde la freza y la migración de los peces hasta la germinación de semillas en las riberas; provocan además el crecimiento explosivo de muchas especies de plantas y animales de la plana de inundación.

Las crecidas pequeñas eliminan el agua de baja calidad, remueven los residuos y limpian el lecho del río creando diferentes tipos de hábitats. Las grandes inundaciones son responsables de los cambios en la morfología del río así como por el transporte y depósito de sedimentos, nutrientes, huevos y semillas en las planas de inundación. En algunas cuencas sustentan la agricultura de las planas de inundación así como una variedad de actividades de subsistencia relacionadas con las avenidas.

Una evaluación de caudales ambientales buscará cuantificar y determinar qué elementos del régimen natural de caudales son críticos para lograr los objetivos y servicios ecológicos que se desea proteger o restaurar. Por ejemplo, podría descubrirse que la magnitud de la inundación es más importante que la duración de la misma si el objetivo es eliminar del río los depósitos de sal o sedimentos. En otras partes del mismo río podría ser importante anegar las planas de inundación por un periodo mínimo de tiempo para estimular la reproducción de los peces.

Los humedales necesitarán caudales que correspondan a su periodo hídrico (esto es, los patrones de profundidad del agua, y la duración, frecuencia y estacionalidad de las crecidas) para

| Clase de Método                                     | Sub-clase                              | Ventajas                                                             | Desventajas                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Métodos de índices directos o de tablas de consulta | Hidrológico<br>Ecológico               | Una vez calculado, su uso es rápido                                  | No específico del escenario. Los índices hidrológicos no son válidos ecológicamente y los índices ecológicos necesitan datos para ser calculados     |
| Métodos de análisis de datos hidrológicos           | Hidrológico<br>Hidráulico<br>Ecológico | Específico del escenario. Recopilación limitada de información nueva | Requiere series de tiempo largas. No hace uso explícito de la información ecológica<br>La recopilación de datos ecológicos requiere demasiado tiempo |
| Modelo de Hábitats                                  | Físico y Ecológico                     | Replicable, predecible                                               | La recopilación de datos hidráulicos y ecológicos es cara                                                                                            |
| Métodos funcionales                                 |                                        | Flexible, robusto e inclusivo                                        | Los resultados pueden variar entre los equipos de expertos. Podría no llegarse a un consenso.                                                        |
| Métodos más extensos                                |                                        | Más completos y dirigidos a explorar opciones                        | Requiere un programa completo de estudios y recursos suficientes                                                                                     |

mantenerse a sí mismos y a los servicios hidráulicos que proveen. A su vez, el período hídrico del humedal, entre otros factores, determina la composición de la vegetación, los hábitats existentes para los organismos acuáticos y las características de producción que son valoradas. Igualmente, el patrón de caudales del río influye directamente sobre la estructura y la función de los ecosistemas de agua dulce, como se explica en el Cuadro 4.

#### Cuadro 4:

#### Regímenes de caudales y ecosistemas acuáticos

La alteración del régimen de caudales del río tiene muchos efectos dominó sobre la ecología. Primero, la cantidad de agua determina la cantidad y naturaleza del hábitat apto para los organismos acuáticos; una mayor cantidad de agua generalmente significa más contacto con la orilla o la plana de inundación, incrementando el suministro de nutrientes y los tipos de comida disponibles para los organismos acuáticos. Segundo, la velocidad del movimiento del agua a través del sistema influye en los procesos que ocurren en el ecosistema y las clases de organismos que pueden vivir en ellos. Tercero, el hecho de que los aportes hidrológicos ocurran en el momento oportuno es crítico para crear y mantener hábitats estacionales así como para asegurar el suministro de sedimentos y nutrientes. Los organismos están adaptados a una estacionalidad específica de niveles de agua altos y bajos, y ciertas especies dentro de la comunidad podrían requerir niveles de caudales extremos para poder subsistir.

#### ¿Cuáles son los enfoques principales?

Existen dos enfoques principales para la determinación de los requisitos de caudales ambientales, los cuales están basados en los objetivos y en los escenarios. Dentro del marco de referencia más amplio de establecer los objetivos de la gestión de los recursos hídricos para la cuenca, los

objetivos o escenarios pueden derivarse a partir de un tramo particular del río, la subcuenca, el estuario, o un área del humedal.

#### Enfoques basados en los objetivos

Aquí, el propósito es establecer indicadores ambientales basados en objetivos pre-establecidos, para posteriormente identificar un régimen de caudales que cumpla dichos objetivos.

La DMA establece el objetivo cualitativo de alcanzar un "buen estado ecológico" de los cuerpos de agua. Mientras que los criterios generales están especificados, los objetivos deben ser convertidos en indicadores de rendimiento específico. Es necesario además identificar los caudales límite, por encima o por debajo de los cuales resulta evidente un cambio en el estado del ecosistema.

#### Escenarios negociados

Un enfoque alternativo es comparar los efectos de una variedad plausible de escenarios de asignación de recursos hídricos y de caudales en los ecosistemas y los diferentes intereses en el uso de agua representados en la cuenca. Esto conduce a un enfoque negociado para establecer el régimen de caudales más conveniente, donde los Organismos de Cuencas o las Autoridades gubernamentales son los mediadores finales.

#### ¿Qué métodos se utilizan para cuantificar los caudales ambientales?

Los métodos que apoyan estos enfoques se dividen en dos grupos: métodos cuantitativos y metodologías más extensas.

#### A. Métodos cuantitativos

Los métodos cuantitativos tienden a ser prescriptivos y directos. Existen cuatro familias principales de métodos, que de menor a mayor complejidad e intensidad de información, son:

- Métodos de índices directos o de tablas de consulta
- Métodos de análisis de datos hidrológicos



La evaluación de caudales ambientales fue un elemento clave en los esfuerzos gubernamentales para lograr un equilibrio entre los intereses de uso del agua para riego y usos municipales, y los aportes de agua dulce para preservar la naturaleza ecológica del conjunto de humedales del Lago Ichkeul

*Estudio de caso de Ichkeul, Túnez*

- Métodos análisis funcionales
- Modelos de Hábitats físicos

Estos métodos son discutidos en mayor detalle en el libro "Caudal" y en el material adicional del CD del Dossier Informativo.

## B. Metodologías más extensas

Los procedimientos más exhaustivos pueden incorporar uno o más de los métodos cuantitativos mencionados arriba en un marco de evaluación más extenso. Estos métodos tienden a ser interactivos y examinan una serie de regímenes de caudales, cada uno de ellos relacionado con diferentes objetivos de caudales fluviales.

La metodología IFIM es el método más antiguo y comúnmente usado a nivel internacional, mientras que el DRIFT es el más reciente.

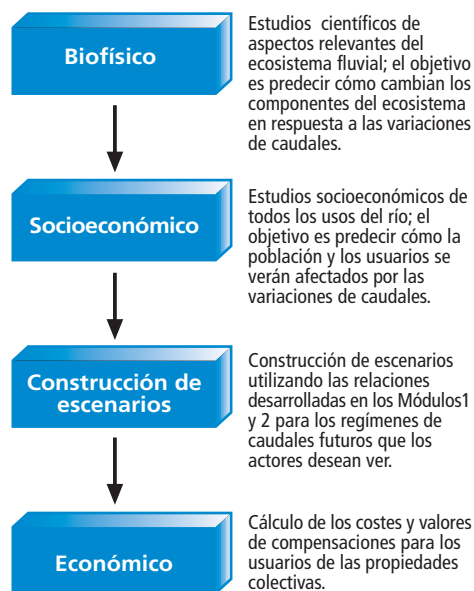
- Metodología de Caudales Mínimos (IFIM por sus siglas en inglés)

El método IFIM (Instream Flow Incremental Methodology) consta de cinco etapas: identificación del problema, caracterización de la cuenca de recepción, modelos, formulación y evaluación de escenarios de caudales, y aportes a las negociaciones. Es un enfoque basado en escenarios y aunque es usualmente preferido para las negociaciones, no es muy adecuado para establecer regímenes de caudales para objetivos ecológicos predeterminados.

- Respuesta aguas abajo a la transformación impuesta de caudales (DRIFT por sus siglas en inglés)

La metodología DRIFT (Downstream Response to Imposed Flow Transformation) desarrollada en Sudáfrica, incluye todos los aspectos del ecosistema fluvial; emplea cuatro módulos para construir escenarios y sus implicaciones ecológicas, sociales y económicas (ver la Figura 3). Una característica innovadora es el módulo socioeconómico, que en el contexto de los países en desarrollo, puede ser utilizado para predecir los impactos de cada escenario en los usuarios cuya subsistencia depende de los recursos del río.

**Figura 3**  
**Los cuatro módulos del método DRIFT**



## ¿Cómo se seleccionan los métodos?

No existe un enfoque o método único para evaluar los requisitos de caudales mínimos que pueda ser aplicado en todos los casos. La elección de la metodología a seguir estará determinada por la información y recursos disponibles y el asunto a ser analizado.

En el caso de evaluar varias cuencas, un método rápido como el de índices directos puede ser el más indicado, mientras que el modelo de hábitat físico sería el más apropiado para la evaluación de un solo lugar o sección del río afectado. Las evaluaciones de caudales asociadas con los proyectos de grandes presas o esquemas de trasvases, en los que es muy probable que se necesite considerable negociación y compensaciones entre los intereses ambientales y de desarrollo, generalmente precisan un enfoque más completo que el que requieren las evaluaciones de caudales para estudios de planificación poco detallados.

## ¿Qué medidas están disponibles para proveer caudales ambientales?

La forma más adecuada para realizar la provisión de caudales ambientales depende de la cuenca en



El Plan Integral para la protección del Delta del Ebro (PIPDE) propone la definición de un régimen hidrológico (incluyendo eventos de inundaciones) que permita el desarrollo de las funciones ecológicas y los valores asociados del río, el delta y el ecosistema marino adyacente.

*Estudio de caso del Ebro, España*

cuestión. En combinación con una política de asignación de aguas sensible a los impactos ambientales, las medidas pueden ser categorizadas en:

(a) **Gestión activa de caudales:** cuando las acciones son llevadas a cabo a través de las infraestructuras de regulación de caudales, como abriendo una compuerta de descarga de fondo en una presa para poner en práctica el régimen de caudal acordado, o

(b) **Gestión controlada de caudales:** cuando las abstracciones o diversiones del mismo río, o del acuífero subterráneo que abastece al río, están reguladas para alcanzar el caudal ambiental deseado.

Algunas medidas pueden ser puestas en marcha rápidamente, como la mejora de las descargas de las presas; otras medidas en cambio necesitan más tiempo para surtir efecto, como aquellas que se basan en cambios estructurales de largo plazo en la demanda de agua o en la gestión de los usos del territorio en la cuenca. Estas acciones reducen la presión sobre la extracción de aguas y dan más flexibilidad para asignar agua para sustentar los sistemas ecológicos. En situaciones en las que la asignación del agua para usos consuntivos está sobresaturada, satisfacer las necesidades de agua de los ecosistemas acuáticos puede significar reducir el consumo de agua en uno o más sectores, ya sea temporal o permanentemente. Es necesario tomar decisiones difíciles para lograr un equilibrio entre continuar satisfaciendo las necesidades inmediatas con prácticas insostenibles y mejorar la protección a largo plazo de la cantidad y calidad del agua.

### Las descargas aguas abajo de las presas son un buen punto de partida

Las 4,000 grandes presas existentes en los ríos mediterráneos son un buen punto de partida para mejorar los caudales ambientales. A pesar de que las oportunidades dependen del tipo de presa y su función, las políticas actuales de operación de los embalses deberían ser revisadas para encontrar formas de incorporar criterios sensibles a los impactos ambientales.

Los caudales gestionados constituyen otro enfoque nuevo donde los objetivos ambientales

pueden ser incorporados en políticas de gestión de caudales, junto con las tradicionales compensaciones económicas y técnicas. Otras medidas técnicas pueden ser consideradas para mejorar la calidad de las descargas aguas abajo de los grandes embalses (ej., para solventar los problemas en los niveles de temperatura y oxígeno disuelto).

### Integración de otros recursos y acciones de gestión ambiental

Idealmente, las acciones de un programa de caudales ambientales estarían apoyadas por un paquete completo de regulaciones para la cuenca e intervenciones de gestión. Estas medidas incluyen generalmente la gestión del uso de la tierra en la cuenca de recepción para controlar la erosión y la sedimentación, la gestión de la contaminación agrícola e industrial que afecta a la calidad del agua superficial y subterránea, el tratamiento de aguas residuales municipales y el control de la salinidad. Otros pasos pueden incluir la protección legal de los humedales, la gestión de áreas protegidas y los programas para la restauración de hábitats.

### Gestión adaptable: seguimiento, revisión periódica y ajustes

La determinación de las necesidades de agua de los ecosistemas sanos de agua dulce y humedales debería basarse en la mejor información y conocimientos disponibles. Aún así, pocas veces es posible predecir exactamente cómo los ecosistemas responderán a los cambios en los regímenes de caudales o la calidad del agua. Por lo tanto es necesario hacer un seguimiento de la respuesta del sistema a lo largo del tiempo, acompañado por evaluaciones regulares y ajustes en caso de ser requeridos. El seguimiento y la revisión constituyen una parte esencial tanto de la determinación de los caudales ambientales como de su gestión.

La Tabla 2 indica la gran variedad de valores naturales provistos por los sistemas fluviales y humedales que pueden ser protegidos o mejorados con la optimización del régimen de caudales ambientales, aspectos que pueden ser incorporados en el seguimiento.



La sequía y la alteración de la hidrología del humedal Sultan Sazlıği tuvieron varios efectos en la población local que dependía del mismo. Más del 80% cosechan carrizos para sus necesidades personales (ejemplo: para alimentar a los animales, para cubrir los techos de las casas y graneros). Después de la agricultura, la tala de carrizos es la segunda fuente más importante de ingresos.

*Estudio de caso de la zona húmeda de Sultan, Turquía*

**Tabla 2: Elementos naturales valiosos de los sistemas fluviales protegidos o mejorados por los caudales ambientales**

| Elemento(s)                                                      | Value(s)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Acuíferos y aguas subterránea</b>                             | Sistemas de aguas subterránea como fuentes directas de agua – durante todo el año, durante la estación seca, o como reservas para zonas de almacenamiento contra los periodos de sequía                                                                                                                                                                                              |
| <b>Funciones y servicios de los humedales</b>                    | Prevención, pérdida o deterioro de las funciones ecológicas, sociales e hidráulicas de los humedales (ej., como una reserva genética aparte de las funciones hidráulicas y de calidad del agua que incluyen las recargas de agua subterránea, protección contra las inundaciones, estabilización de la línea costera, control de la erosión, y retención de sedimentos y nutrientes) |
| <b>Planas Inundables</b>                                         | Papel de apoyo en la pesca; agricultura de planas de inundación, particularmente en zonas semiáridas                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Estuarios</b>                                                 | Áreas para hábitat de cría y reproducción para peces marinos y crustáceos; funciones conjuntas e interrelaciones de las lagunas costeras                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Elementos recreativos, estéticos, turísticos y culturales</b> | Agua limpia y rápidos para uso recreativo (rafting); características valoradas por los pescadores, observadores de aves, fotógrafos y ecoturistas                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Peces y demás vida acuática</b>                               | Conservación de la biodiversidad; los peces como una fuente valiosa de proteínas para los pobladores, aves y demás animales acuáticos; la vida acuática que forma la base de la cadena alimenticia (ej., cadenas tróficas pelágicas, bénticas y litorales)                                                                                                                           |
| <b>Aves acuáticas</b>                                            | Conservación de la biodiversidad apoyando a cerca de 2 billones de aves migratorias de 150 especies, que utilizan los cursos de agua mediterráneos como zonas de descanso temporales o como lugares estacionales                                                                                                                                                                     |
| <b>Vegetación de ribera</b>                                      | Estabilización de las orillas del río y la línea costera reduciendo la erosión y mejorando la calidad del agua                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Otras funciones y servicios del ecosistema</b>                | La capacidad de los ecosistemas acuáticos de regular los procesos ecológicos esenciales, como por ejemplo depurar el agua, limitar la eutrofización, o controlar los vectores de enfermedades                                                                                                                                                                                        |

## Ejemplo(s) de provisión de caudales ambientales

- Caudales que recarguen los acuíferos a lo largo del tramo del río y las planas de inundación.
- Caudales que respondan al periodo hídrico de los humedales
- Caudales que mantengan una calidad del agua apropiada
- Caudales que mantengan los niveles de agua subterránea para los sistemas de humedales alimentados por dichos acuíferos
- Crecidas que inunden la plana de inundación en el momento apropiado del año
- Caudales que mantengan el equilibrio necesario entre el agua salada y dulce, y la conexión del océano a los estuarios
- Caudales que prevengan la intrusión de agua salada río arriba y en los acuíferos costeros asociados
- Caudales que eliminen los sedimentos y algas, y mantengan la calidad del agua
- Caudales que maximicen los elementos naturales estéticos, incluyendo muchos de los caudales mencionados anteriormente
- Caudales que mantengan el hábitat físico
- Caudales que mantengan una calidad del agua apropiada
- Caudales que permitan el paso de los peces migratorios
- Pequeñas avenidas que provoquen inicios del ciclo biológico como la freza o puesta de huevos de los peces
- Caudales que mantengan la vegetación ribereña, las planas de inundación y los hábitat de humedales para las aves acuáticas
- Caudales que combatan la salinización de los lagos y mantengan un balance adecuado del agua salada y dulce en las lagunas costeras y las desembocaduras de los ríos
- Caudales que mantengan la humedad del suelo en las orillas del río
- Caudales elevados que depositen nutrientes en las riberas y las planas de inundación y distribuyan las semillas
- Crecidas posteriores a los periodos de sequía para reajustar el crecimiento
- Caudales que mantengan la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas

Adaptado de: "Wetland Conservation," editado por P.J. Dugan y publicado por UICN, 1990; y "Water Resources and Environment - Environmental Flows: Concepts and Methods – Technical Note C1", editado por Richard Davis y Rafik Hirji, Banco Mundial, 2003

Evaluación y provisión  
de caudales ambientales  
en el Mediterráneo

## Estudio de casos: experiencias emergentes



El Dossier Informativo incluye ocho estudios de caso que muestran un perfil de la experiencia mediterránea con respecto a la evaluación de caudales ambientales y las medidas necesarias para proveerlos; algunas de las evaluaciones descritas están aún en progreso. Como un grupo, los estudios de caso ilustran cómo las ECAs han informado las decisiones de gestión de aguas en diferentes situaciones, y cómo pueden continuar haciéndolo en el futuro. Los estudios de caso adicionales incluidos en el Dossier Informativo proporcionan una muestra de la experiencia internacional.

### ● Túnez: Regulación de caudales y conservación de humedales en un país seco: Ichkeul, Túnez

Este caso muestra cómo los estudios de ECAs suministraron la información necesaria para la rehabilitación del Lago Ichkeul y del sistema de humedales asociado que forman parte del Parque Nacional de Ichkeul en Túnez, declarado patrimonio de la humanidad

Autor: *Mike Smart*, Consultor Independiente, antiguamente Presidente del Comité de Dirección de MedWet1

### ● España: Evaluación del caudal ambiental para el Delta del Ebro

Este caso revisa el contexto y la aplicación de los métodos de ECAs en el sistema del río Ebro. Describe cómo las ECAs han servido para establecer condiciones límite en la asignación de aguas – considerando las extracciones, trasvases, políticas de funcionamiento de los embalses y en términos más generales, la gestión de la cuenca de recepción.

Autor: *César Alcácer*, Consultor Independiente, España

### ● Marruecos – Elementos esenciales en la evaluación de caudales ambientales del río Moulouya

Este caso describe ECAs orientadas a la investigación para apoyar la evaluación de medidas para regular las descargas aguas abajo de las presas en el río Moulouya en Marruecos – incluyendo la protección a largo plazo de los recursos hídricos superficiales y subterráneos.

Autor: *Maria Snoussi*, Universidad Mohamed V, Marruecos



● **Italia – Caudales ambientales y la gestión integrada de los recursos hídricos: el estudio de caso del río Vomano**

Este caso describe cómo las ECAs fueron aplicadas en el sistema fluvial de Vomano, en Italia central, para incorporar los objetivos ambientales de manera explícita en los métodos multicriterio utilizados para establecer políticas de regulación de caudales y planes de gestión de cuencas.

Autor: *Stefano Maran*, Departamento Ambiental, CESI, Italia

● **Eslovenia: El río Rižana Evaluación del caudal ambiental / Métodos en desarrollo para la evaluación de caudales ambientales y aplicaciones recientes en el río Rižana**

Este caso describe la legislación nacional y los métodos en desarrollo para establecer los requisitos de caudales ambientales para los ríos eslovenos. El caso expone los métodos recientes utilizados para identificar los requisitos de caudales ambientales para el río Rižana que fluye en Škocjanski Zatok.

Autor: *Nataša Smolar-Žvanut*, Limnos, Grupo de Ecología del Agua, Eslovenia

● **Libano – Evaluación de los caudales de agua superficiales y subterráneos del Humedal de Aammiq**

Este caso muestra cómo la ECA fue utilizada para identificar las medidas necesarias para equilibrar la extracción del agua con la protección de un sistema de humedales alimentado por manantiales subterráneos de gran importancia ecológica.

Autor: *Richard Storey*, A Rocha, Libano

● **Francia – El río Roina: Rehabilitación hidromorfológica y ecológica de un hidrosistema altamente antropizado**

Este caso muestra cómo las ECAs fueron aplicadas en el Plan Decenal de Rehabilitación Hidráulica y Ecológica del río Roina (2000) en Francia, cuyo objetivo era restaurar las funciones del ecosistema en varias secciones derivadas del antiguo cauce del Roina.

Autor: *Yves Souchon*, CEMAGREF, Unidad de Investigación Biológica de Ecosistemas Acuáticos, Laboratorio de Hidroecología cuantitativa, Francia

● **Turquía: Sultan Sazlıği: Proyecto Piloto GEF-II de Gestión de la Biodiversidad y los Recursos Naturales**

Este caso describe la ECA para la zona húmeda de Sultan Sazlıği, un gran conjunto de humedales en Turquía. Discute cómo la sequía que afectó los humedales en el 2001-2002 resultó en la adopción de varias medidas para afrontar el problema inmediato y derivó en la el establecimiento de medidas a largo plazo para la restaurar los caudales.

Autores: *Uygar Özesmi*, Universidad de Erciyes e İbrahim Güre, Universidad de Gazi, Turquía



Así como los objetivos de la evaluación de caudales ambientales fueron diseñados para afrontar las limitaciones de personal, la falta de datos básicos y una gestión de aguas impredecible, los métodos empleados también fueron seleccionados por ser rápidos, de baja tecnología y flexibles

*Estudio de caso  
del Humedal de  
Aammig, Líbano*

## ¿Qué se necesita para despertar la conciencia pública y crear capacidad para los caudales ambientales?

El desarrollo y la ejecución de un programa exitoso de caudales ambientales dependen del compromiso y la acción de muchos sectores de la comunidad – gobiernos, usuarios del agua, grupos no gubernamentales incluyendo los representantes de los usuarios del río y los grupos de interés ambiental.

Los expertos en temas de agua y medio ambiente y las comunidades científicas en el Mediterráneo tienen la experiencia y el conocimiento necesarios para proporcionar el componente básico para la evaluación de caudales ambientales. Sin embargo, hay una falta general de conciencia de la nueva generación de métodos y herramientas para aplicar las ECAs en diferentes situaciones. Así, aunque los elementos esenciales están al alcance de la mano, el desafío consiste realmente en unir todos estos componentes de una forma integrada.

En particular, se necesitan mayor cantidad de actividades conjuntas y nexos más fuertes entre los gestores del agua, los conservacionistas, los suministradores de servicios públicos, los planificadores, los organismos científicos y los investigadores, para desarrollar herramientas y aplicaciones piloto. Es necesario disponer de herramientas para aplicaciones sumamente especializadas así como de herramientas sencillas y fáciles de usar para fortalecer y apoyar a los organismos que representan a múltiples actores y operan tanto a nivel local como a nivel de la cuenca.

Otro de los retos en la ECA consiste en mejorar la diseminación de información cuantitativa sobre las funciones hidráulicas provistas por los humedales y los ecosistemas de agua dulce. Esto es importante no solamente para despertar la conciencia ambiental sino también para mostrar cómo los beneficios pueden ser

incluidos en las decisiones de planificación, asignación del agua y regulación de caudales.

La mejor oportunidad radica en integrar sistemáticamente los conceptos y métodos de caudales ambientales en los nuevos enfoques de la gestión integrada de cuencas que se están desarrollando actualmente.

¿Dónde se puede encontrar más información disponible sobre los procedimientos de caudales ambientales?

El Dossier Informativo que acompaña este folleto contiene material que creemos será útil para los lectores; la información recopilada está dirigida a los actores involucrados en la determinación y mantenimiento de los caudales ambientales incluyendo los diseñadores de políticas, los gestores del agua, los practicantes, los operadores de las presas y los gestores de los Organismos de Cuenca, así como los actores no gubernamentales y las demás partes interesadas de la sociedad en los campos de la gestión de aguas y del ambiente.

También se puede tener acceso a estos materiales en la página web de la oficina de UICN en el Mediterráneo y a través de los enlaces que se proporcionan a otras páginas web importantes.

UICN desea compartir su experiencia con los miembros y colaboradores, y apoyar a las partes interesadas en desarrollar la capacidad necesaria para aplicar las evaluaciones de caudales ambientales en el Mediterráneo.

**Agradecimientos:** Agradecemos a todas las organizaciones que tan amablemente han aceptado mantener copias electrónicas de sus documentos sobre caudales ambientales en este Dossier Informativo. Adicionalmente, nos gustaría agradecer la ayuda y el tiempo dedicado de muchas personas que proporcionaron valiosas ideas y comentarios a los autores de los estudios.



Este paquete de información ha sido posible gracias a la financiación de la Iniciativa del Agua y la Naturaleza respaldada por el Gobierno de Holanda y del Reino Unido y con el apoyo financiero del Ministerio de Asuntos Exteriores, Dirección General de Cooperación para el Desarrollo, Italia.



El soporte central para las actividades de la UICN en el Centro de Cooperación del Mediterráneo está proporcionado por:

