

Marco metodológico para la restauración fluvial en el nuevo contexto normativo y técnico



F. Magdaleno Mas ^{1,2}, R. Martínez Romero ^{1,3}

¹ Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. CEDEX (Ministerio de Fomento. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino). Madrid.

² Dr. Ingeniero de Montes. fernando.magdaleno@cedex.es

³ Ingeniero de Montes. roberto.martinez@cedex.es

RESUMEN

La restauración de ríos comprende un amplio abanico de técnicas dirigidas a la mejora de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas fluviales. El diseño de la restauración debe plantearse considerando la recuperación de los procesos que aseguran la integridad ecológica del sistema, sobre una imagen de referencia coherente con las características sociales y ambientales del tramo fluvial. En este artículo se propone un protocolo de aproximación a la restauración fluvial, basado en el nuevo contexto normativo y técnico, y se muestra un conjunto de casos de estudios desarrollados en España que han permitido plantear esta aproximación en diferentes cuencas.

Palabras clave: restauración, ríos, agua, cauce, cuenca

1. INTRODUCCIÓN

La restauración de ríos puede definirse como el proceso encaminado a la recuperación de la integridad ecológica de un medio fluvial degradado, a través de la mejora de su estructura y funcionamiento, y por tanto de sus valores y funciones ecológicas. Comporta un proceso complejo que debe iniciarse, invariablemente, con el reconocimiento de los factores de alteración responsables de la degradación de la estructura y funciones del ecosistema fluvial, o del deterioro en su capacidad de recuperación. Por ello, requiere un buen conocimiento y comprensión de dichas funciones, y de los procesos físicos, químicos, biológicos e hidrogeomorfológicos que les dan forma.

Junto a este concepto de restauración existen otros términos y aproximaciones, como la rehabilitación o el acondicionamiento de un tramo fluvial, que poco tienen que ver con el objetivo y metodología de la restauración, pero que aún se usan de manera generalizada para designar actuaciones realizadas en los cauces o en su entorno, estrictamente centradas en la mejora del aspecto del río, o en la optimización de la capacidad hidráulica del cauce (CIREF, 2010). La restauración difiere de estas otras actuaciones en incluir un proceso integral, que no se alcanza mediante el manejo aislado de los distintos elementos que componen el sistema, sino interviniendo de una manera global, avanzando hacia la consecución de la imagen de referencia fijada en el ecosistema. No se puede hablar por tanto de restauración en aquellos casos en los que la actuación vaya encaminada a generar usos que tengan un objetivo básicamente antrópico (recreativo, hidráulico, estético, etc.).

La restauración fluvial ha experimentado notables avances en España en los últimos años, al incorporarse a los proyectos un enfoque basado en un mayor respeto a la dinámica espacial y temporal del río. A lo largo de este artículo, se propone una aproximación a la restauración de ríos alterados, basados en el nuevo contexto propuesto por la normativa europea y española, considerando al tiempo los últimos avances técnicos y científicos planteados en esta materia.

2. PROTOCOLO METODOLÓGICO

La restauración de ríos comprende un amplio conjunto de medidas diseñadas para permitir la recuperación natural del equilibrio dinámico y de las funciones de los sistemas fluviales. La primera de ellas, y posiblemente la más importante, es la eliminación de las actividades causantes de la degradación. En algunas ocasiones es suficiente con detener estas actividades, pero en otras resulta necesario llevar a cabo una restauración activa, que incluya la puesta a punto de medidas capaces de reparar los daños generados sobre la dinámica fluvial.

La restauración de ríos se encuentra respaldada, en la actualidad, por un contexto normativo en Europa y en España que demanda la mejora ambiental de los ríos y masas de agua degradadas, y que exige un cambio en los procedimientos tradicionales de gestión, a través de un enfoque ecosistémico que posibilite el aprovechamiento del agua y de los espacios ligados a las masas

de agua, sin que eso conlleve graves alteraciones de la calidad de los ecosistemas acuáticos y riparios. En este contexto normativo destaca la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE), pero también la Directiva sobre evaluación y gestión de riesgos de inundación (2007/60/CE), la Directiva Hábitat (92/43/CEE), y otras relacionadas con las aguas subterráneas, la vida piscícola, la avifauna, los materiales forestales de reproducción, etc. De manera conjunta, las Directivas europeas plantean un acercamiento a la gestión fluvial basado en la consecución de unos niveles de calidad ambiental suficientes para permitir, a largo plazo, el mantenimiento de los valores y funciones ambientales que hacen posible su aprovechamiento, y la protección de los hábitats y especies de mayor interés para la conservación. Las Directivas plantean el desarrollo de medidas de diferente alcance, dirigidas a la resolución de los principales problemas de degradación a los que se enfrentan los ríos, y precisamente impulsan la restauración fluvial como una de las herramientas esenciales para promover esta recuperación ecológica de los cauces fluviales.

La identificación de los problemas de degradación de un sistema fluvial requiere un adecuado diagnóstico del estado de sus diferentes elementos (BERNHARDT *et al.*, 2005). Este diagnóstico puede realizarse a través de un amplio rango de indicadores, capaces de evaluar su nivel de degradación biológica, físico-química e hidromorfológica, tal y como exige la legislación vigente en esta materia. Los indicadores permiten analizar los aspectos del sistema que cuentan con un mayor nivel de degradación, y plantear, a partir de su estudio, los mecanismos más favorables para la restauración integral del medio alterado. En los últimos años se han propuesto diversos indicadores, diseñados y calibrados en ríos españoles, que permiten soslayar los problemas generados por la aplicación, en los cauces ibéricos, de métodos de diagnóstico desarrollados en regiones con funcionamiento ecohidrológico muy diferente al que se presenta en nuestro entorno de gestión. Contamos, por tanto, con indicadores de tipo hidrológico, geomorfológico o biológico plenamente contrastados, y que deben ser utilizados en esta fase de diagnóstico, ya que facilitan enormemente la identificación posterior de las técnicas más adecuadas a las condiciones específicas del tramo que debe ser restaurado.

2.1. La restauración hidrológica

Debido a la influencia del régimen de caudales sobre los procesos ecomorfológicos del río, es recomendable iniciar la restauración por el restablecimiento de las pautas hidrológicas que más inciden sobre los parámetros ecológicos del sistema. Este hecho, reconocido en la actualidad como un paradigma entre numerosos técnicos e investigadores, resulta imprescindible para asegurar el éxito de los proyectos de restauración, dado que constituye un motor fundamental en la creación de hábitats en el medio fluvial, de una estructura y composición adecuadas en el bosque de ribera, de la correcta conectividad longitudinal y transversal de materia y energía en el espacio fluvial, y también de la puesta en valor del tramo restaurado, desde un punto de vista pai-

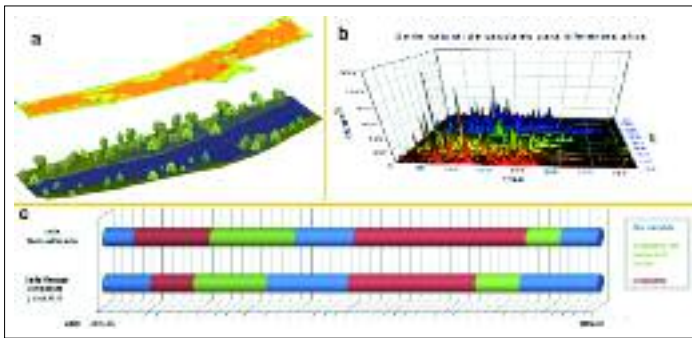


Fig.1.- Desarrollo de estudios hidrológicos y biológicos en el marco de los trabajos de estimación de caudales ambientales en las cuencas españolas (CEDEX, 2010): a.- Simulación del hábitat fluvial mediante modelos 2D; b.- Estudio de series de caudales para el desarrollo del régimen ambiental de caudales; c.- Datos de caudales proporcionados por la aplicación SEDAH (CEDEX, www.sedah.es) para el estudio de caudales alterados mediante indicadores de alteración hidrológica (p.e. IAHRIS (MARTÍNEZ SANTA-MARÍA, FDEZ. YUSTE, 2006) o IHA)

sajístico, recreativo y cultural. La recuperación del régimen hidrológico del río debe centrarse en la mejora de las componentes esenciales (magnitud, frecuencia, duración, estacionalidad y tasa de cambio) de los eventos hidrológicos más relacionados con el correcto funcionamiento de los procesos básicos del río (HUGHES y ROOD, 2003).

Como ejemplo de herramienta para la restauración fluvial efectiva, la administración española ha impulsa-

do, en los últimos años, el desarrollo de un nuevo Reglamento de Planificación Hidrológica (R.D. 907/2007) y de una Instrucción asociada (ARM/2656/2008), que introducen un nuevo procedimiento de estimación de los caudales ambientales que deben mantenerse en el conjunto de las cuencas hidrográficas intercomunitarias, con objeto de favorecer la mejora ambiental de las masas de agua degradadas. La metodología exigida introduce técnicas de base hidrológica y biológica para asegurar la conservación de los patrones ecohidrológicos naturales del río (fig.1). La aplicación de regímenes de caudales ambientales basados en este procedimiento puede ayudar a la consecución de los objetivos de toda restauración fluvial en la que el régimen hidrológico sea un aspecto limitante (MAGDALENO, 2009).

2.2. La restauración geomorfológica

Adicionalmente resulta precisa, en muchas ocasiones, la realización de análisis geomorfológicos previos a la redacción y puesta a punto del proyecto. En su forma más simple, puede tratarse de estudios generales de la morfología y dinámica fluvial del río, pero paulatinamente se ha ido reconociendo el interés de llevar a cabo evaluaciones más detalladas y completas de estos aspectos.

La restauración geomorfológica de un río requiere fundamentalmente espacio. Tanto a nivel de proyecto como de anteproyecto, este espacio se ha de proporcionar con criterio técnico, especialmente en zonas en las

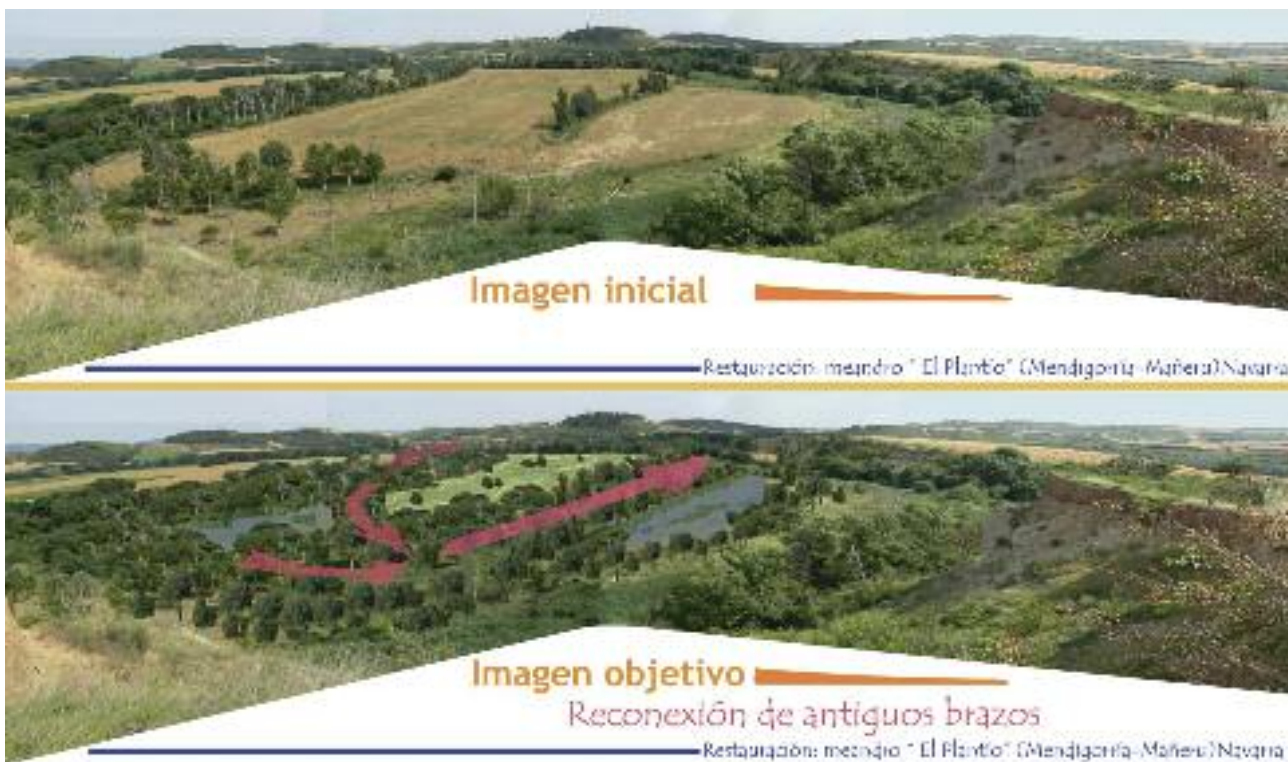


Fig.2.- Restauración geomorfológica de un meandro abandonado en el río Argua en las proximidades de Mendigorria (Navarra). El proyecto ha permitido la recuperación de la estructura y funcionalidad del meandro como espacio fluvial laminador de avenidas y como hábitat refugio de especies de singular valor, como el visón europeo (Gobierno de Navarra – CEDEX)



Fig.3.- Zonificación de la vegetación de ribera española, basado en el trabajo de síntesis de la caracterización florística llevada a cabo por el CEDEX desde comienzos de los años 90. Esta zonificación puede facilitar la selección de las especies más adecuadas para la mejora de los bosques de ribera

que existen asentamientos humanos e infraestructuras. Para este fin existen metodologías que permiten delimitar este espacio fluvial, conocido también como territorio fluvial (OLLERO, 2007). El territorio fluvial delimitado ha de ser coherente con las simulaciones hidráulicas realizadas para diferentes periodos de retorno, con el fin de caracterizar e identificar las zonas inundables y favorecer la reducción de los riesgos asociados a las crecidas fluviales. La integración de estas simulaciones con los estudios de régimen de caudales ambientales, aportan la base para un éxito funcional sostenible del sistema posterior a las actuaciones.

La recuperación del espacio necesario para la dinámica del río conlleva, en ocasiones, la eliminación o la modificación de los encauzamientos de tramos, o bien la reconexión de meandros aislados del cauce principal como consecuencia de actividades humanas. La conexión ecológica de estos meandros no es sencilla y hay que contar con el conjunto de estudios previos que permitan conocer los procesos erosivos y de acreción que experimenta el lecho del río. Una vez conocidas estas alteraciones, resulta posible ajustar un diseño que haga posible la reconexión de los caudales líquidos y sólidos que discurren por el cauce principal con las zonas en las que se asientan los meandros abandonados (fig.2).

2.3. La restauración de la vegetación riparia

En las últimas décadas, la Dirección General del Agua del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y el CEDEX han realizado una completa caracterización florística de las formaciones vegetales de ribera existentes en toda la geografía española, recorriendo más de 12.000 kilómetros de tramos fluviales en el territorio nacional. Estos trabajos constituyen hoy en día una referencia de interés para la selección de las especies más indicadas en la restauración forestal de las áreas fluviales degradadas. Fruto de este amplio estudio



Fig.4.- Delimitación de la zona de estudio en la aplicación del índice RFV. El índice liga la zona de muestreo con una variable morfológica del río, la anchura de bankfull (wb), permitiendo de este modo dimensionar la zona de estudio en función del tamaño del propio río

se realizó un intenso trabajo de síntesis de toda la información para elaborar un mapa de caracterización de las formaciones riparias (fig.3). La información de las más de 1.100 teselas analizadas y la zonificación de las especies de ribera se puede consultar en la página web: <http://vegetacionderibera.cedex.es>

En continuidad con esta línea de trabajo y a fin de seguir generando herramientas que ayuden a la valoración del bosque de ribera, es interesante considerar la incorporación de índices que definan el estado del bosque de ribera en la fase previa a la ejecución de los trabajos de restauración (entre otros, destacan índices como el RFV, el QBR, el RQI, etc.). Uno de los índices que puede ser aplicado por estar ligado a una variable geomorfológica –el bankfull o nivel del cauce ordinario– es el índice RFV (MAGDALENO *et. al.*, 2010). Su aplicación no debe restringirse exclusivamente a la zona de actuación, sino que ha de aplicarse aguas arriba y aguas abajo de ésta, posibilitando de este modo un seguimiento posterior mucho más global. El índice de evaluación del estado del bosque de ribera (RFV) se basa en la valoración de la continuidad espacial del bosque de ribera (en sus tres dimensiones – longitudinal, transversal y vertical) y de la continuidad temporal del bosque, representada por la regeneración natural de la vegetación, garante de su continuidad futura, a partir de la agregación directa del valor de esos cuatro elementos.

Una herramienta que permite apoyar la obtención semi-automática del índice es la aplicación RiC-DAR (CEDEX, 2010), un software que usa información láser (LiDAR) de alta densidad, caracterizando aspectos morfológicos del cauce y ofreciendo una nueva aproximación al análisis de la morfometría de la vegetación riparia (fig.5).

A partir del diagnóstico de la vegetación, se pueden diseñar las actuaciones necesarias para mejorar su composición específica, y la estructura y funcionamiento de los bosques riparios (MAGDALENO, 2011). Entre otras, destaca la utilización en entornos urbanos y periurbanos de técnicas de bioingeniería, que permiten solventar problemas de estabilidad de los cauces, sin prescin-



Fig.5.- Interfaz gráfica de la aplicación RiC-DAR. La aplicación permite, a partir de datos LiDAR, la caracterización morfológica de los cauces y la valoración del estado del bosque de ribera, mapeando con colores el estado de los diferentes tramos

dir de la existencia de una formación vegetal riparia que permita el desarrollo de diferentes procesos ecológicos.

2.4. La restauración de los hábitats

Otro elemento de gran importancia en el desarrollo del proyecto de restauración es la mejora de los hábitats fluviales, con el fin de optimizar la diversidad biológica del sistema fluvial, y de mejorar la relación de los procesos biológicos con el resto de componentes del medio. La evaluación del estado de los hábitats conlleva la clasificación de las interacciones existentes en el medio fluvial, y la identificación de los lugares y condiciones de referencia, así como el análisis de las comunidades biológicas existentes en la masa de agua. El estudio de todas estas variables tiene por fin conocer, de forma integrada, el estado actual del sistema, y los principales factores responsables de dicho estado. Existe, al igual que en el caso anterior, diversos indicadores que permiten la evaluación del estado de las comunidades, especialmente de aquellas que cuentan con un mayor carácter indicador del estado ecológico del sistema en su conjunto (peces, invertebrados, diatomeas, etc.). A partir del conocimiento del estado inicial del tramo de estudio, se pueden plantear las soluciones necesarias para incrementar la calidad o la distribución de los hábitats fluviales, sin que ello requiera un empeoramiento de las condiciones hidráulicas del medio, tal y como se ha evidenciado en diversos trabajos realizados en los últimos años (fig.6).

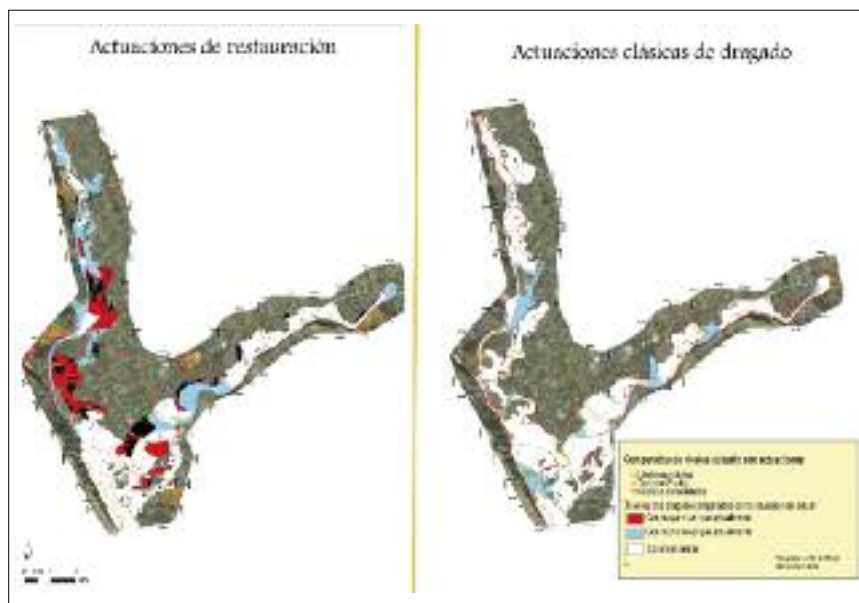


Fig.6.- Las imágenes aéreas muestran un tramo de estudio de la confluencia de los ríos Arga y Aragón. En este trabajo, desarrollado por el Gobierno de Navarra, con el apoyo de diversas entidades (CEDEX, U. Zaragoza, UPV-EHU, UPC, UPM) se analizaron diferentes alternativas de restauración de hábitats y de mejora del riesgo de inundaciones, adoptando la solución que optimizaba ambos aspectos, y contribuyendo a establecer un cambio de paradigma en la gestión tradicional de ríos alterados por regulación fluvial y por la ocupación histórica de sus llanuras de inundación

2.5. El seguimiento de las actuaciones

Por lo que respecta a los programas de evaluación y seguimiento de las restauraciones, deben constituir una parte importante del proceso. Un programa de seguimiento tiene que cumplir las siguientes funciones:

- En primer lugar, debe servirnos para conocer el éxito de las diferentes actuaciones incluidas en el proyecto, y para acumular conocimiento y experiencia para futuras intervenciones.

- Debe minimizar algunas prácticas inadecuadas, tales como el diseño de actuaciones sin objetivo claro, el planteamiento de los proyectos como simples ensayos, o la falta de respuesta por un desconocimiento del medio fluvial.
- Debe fomentar la cooperación entre técnicos, gestores, investigadores y el resto de agentes públicos y privados implicados en la gestión de estos sistemas.
- Debe permitir una racionalización de las inversiones, con objeto de centrar la financiación en aquellas actuaciones que ofrezcan mejores resultados.

Existen diversas aproximaciones al seguimiento ambiental de los proyectos, que ya están siendo utilizados por diversos organismos de cuenca.

3. DISCUSIÓN

Un proyecto de restauración fluvial ha de ser considerado de modo integral, y en la medida de lo posible considerando las interacciones entre la cuenca y el tramo de estudio. Igualmente, resulta importante no ceñirse exclusivamente, en la fase de análisis, al área en la que se prevé realizar la mayor parte de las actuaciones, sino considerar también todas las presiones que puedan estar afectando al tramo, tanto aguas arriba como aguas abajo de su ubicación. Igualmente resulta importante el estudio de la componente temporal en el río, analizando la evolución histórica del comportamiento del sistema fluvial, y planteando su posible funcionamiento futuro, mediante simulaciones y planes de seguimiento de las actuaciones desarrolladas.

El éxito de un proyecto de restauración viene caracterizado por cinco puntos clave (PALMER, 2005):

- Por un lado la imagen objetivo que se plantea conseguir en el proyecto ha de ser una imagen dinámica, han de recuperarse los procesos y funciones del río. En definitiva, ayudar al río a conseguir un equilibrio dinámico sostenible.
- Las diferentes componentes y variables ecológicas del río deben ser fácilmente evaluadas, de modo que pueda observarse y medirse la mejora llevada a

cabo por el proyecto de restauración en el ecosistema.

- Una vez ejecutada la actuación, el sistema debe automantenerse, el río es el que tiene que preservar el buen estado de manera sostenible.
- Las actuaciones practicadas deben realizarse minimizando los daños a los elementos naturales que aún estén presentes en el entorno fluvial.
- Es fundamental realizar una valoración de la situación previa y posterior a las actuaciones. Esta valoración y los diferentes elementos que forman parte del proyecto deben ser difundidos y publicados, de modo que puedan llegar a la mayor parte posible de la sociedad.

Se puede, por tanto, establecer que los proyectos de restauración fluvial planteados de manera holística aportan un amplio conjunto de beneficios socio-ambientales:

- Mejora del hábitat fluvial y recuperación de especies vegetales y animales.
- Mantenimiento del equilibrio geomorfológico.
- Reducción del riesgo de inundaciones.
- Recuperación de la conectividad longitudinal.
- Recuperación de la conectividad transversal, permitiendo la dispersión de nutrientes y materia orgánica en la llanura de inundación.
- Recuperación de los valores sociales, culturales y paisajísticos del río.

La restauración fluvial se convierte de este modo en una herramienta fundamental para promover el cumplimiento de las exigencias normativas, y para compatibilizar la protección ambiental con el aprovechamiento de los recursos que los sistemas fluviales ofrecen a la sociedad. Afortunadamente, la reciente Estrategia Nacional de Restauración de Ríos y el apoyo de asociaciones profesionales creadas con esta finalidad, como el CIREF (Centro Ibérico de Restauración Fluvial), está permitiendo dar pasos en este sentido, que permiten confiar en que la restauración fluvial sea, en el futuro, no una excepción, sino una norma y una realidad en nuestros ríos alterados. 🌳

- BERNHARDT, E. S.; PALMER, M. A.; ALLAN, J. D.; *et al.*; 2005. Synthesizing U.S. River Restoration Efforts. *Science* 308 (5722): 636-637.
- CIREF (Centro Ibérico de Restauración Fluvial). 2010. *¿Qué es restauración fluvial?* Nota técnica 4. 12 p.
- HUGHES, F. M. R.; ROOD, S. B.; 2003. Allocation of river flows for restoration of floodplain forest ecosystems: a review of approaches and their applicability in Europe. *Environmental Management* 32:12-33.
- MAGDALENO, F.; 2011. *Manual de técnicas de restauración fluvial*. CEDEX. Monografía M-100, 2ª edición. 300 pp.
- MAGDALENO, F.; 2009. *Manual técnico de cálculo de caudales ambientales*. Colegio de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. 240 p.
- MAGDALENO, F.; MARTÍNEZ, R.; ROCH, V.; 2010. Índice RFV para la valoración del estado del bosque de ribera. *Ingeniería Civil* 157: 85-96.
- MARTÍNEZ SANTA-MARÍA, C.; FERNÁNDEZ YUSTE, J. A.; 2006. *Índices de alteración hidrológica en ecosistemas fluviales*. CEDEX. Monografía M-85. 178 p.
- OLLERO, A.; 2007. *Territorio fluvial. Diagnóstico y propuesta para la gestión ambiental y de riesgos en el Ebro y los cursos bajos de sus afluentes*. Bakeaz/Fundación Nueva Cultura del Agua, Bilbao. 256 p.
- PALMER, M. A.; BERNHARDT, E. S.; ALLAN, J. D.; *et al.*; 2005. Standards for ecologically successful river restoration. *Journal of Applied Ecology* 42: 208-207.