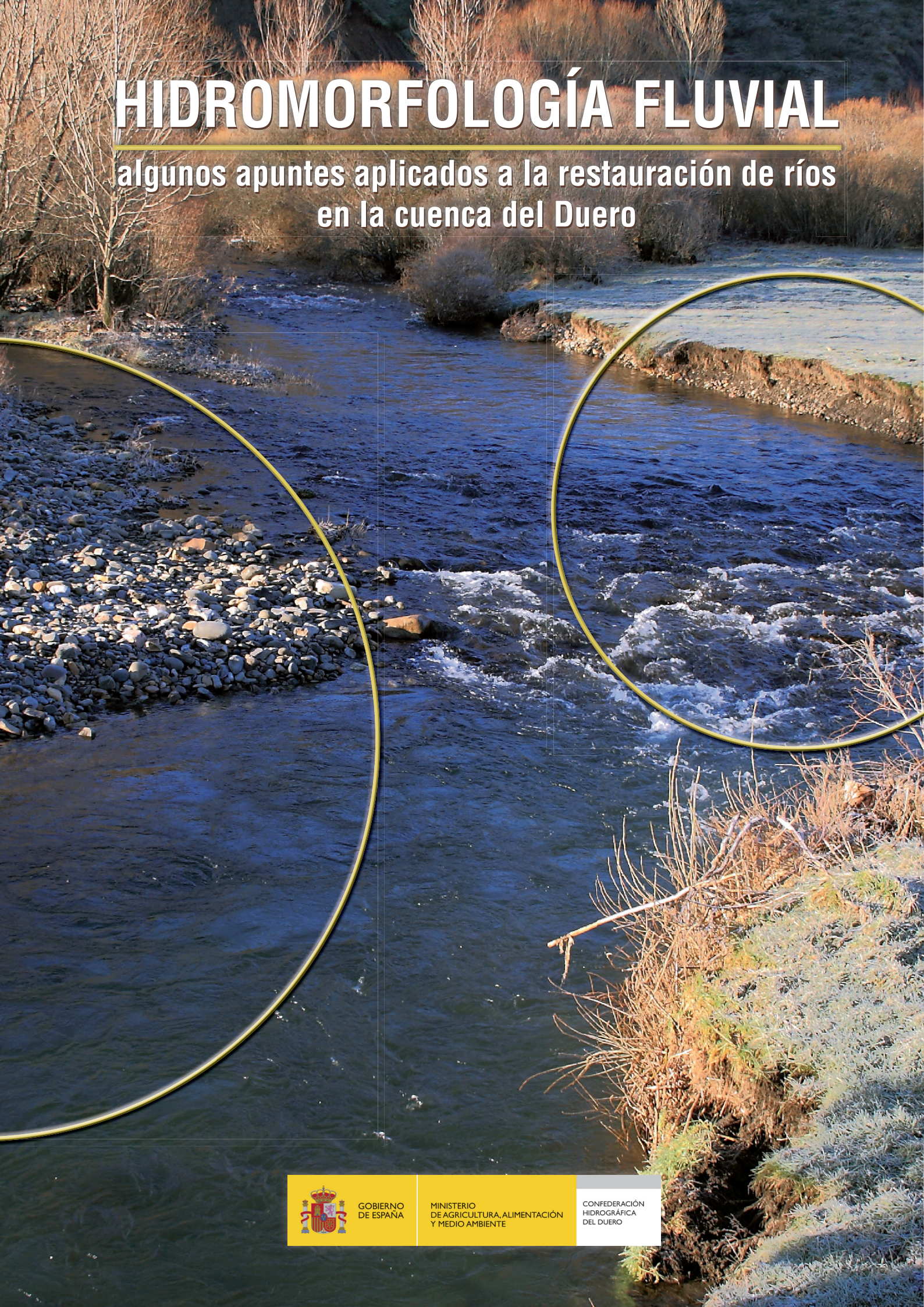
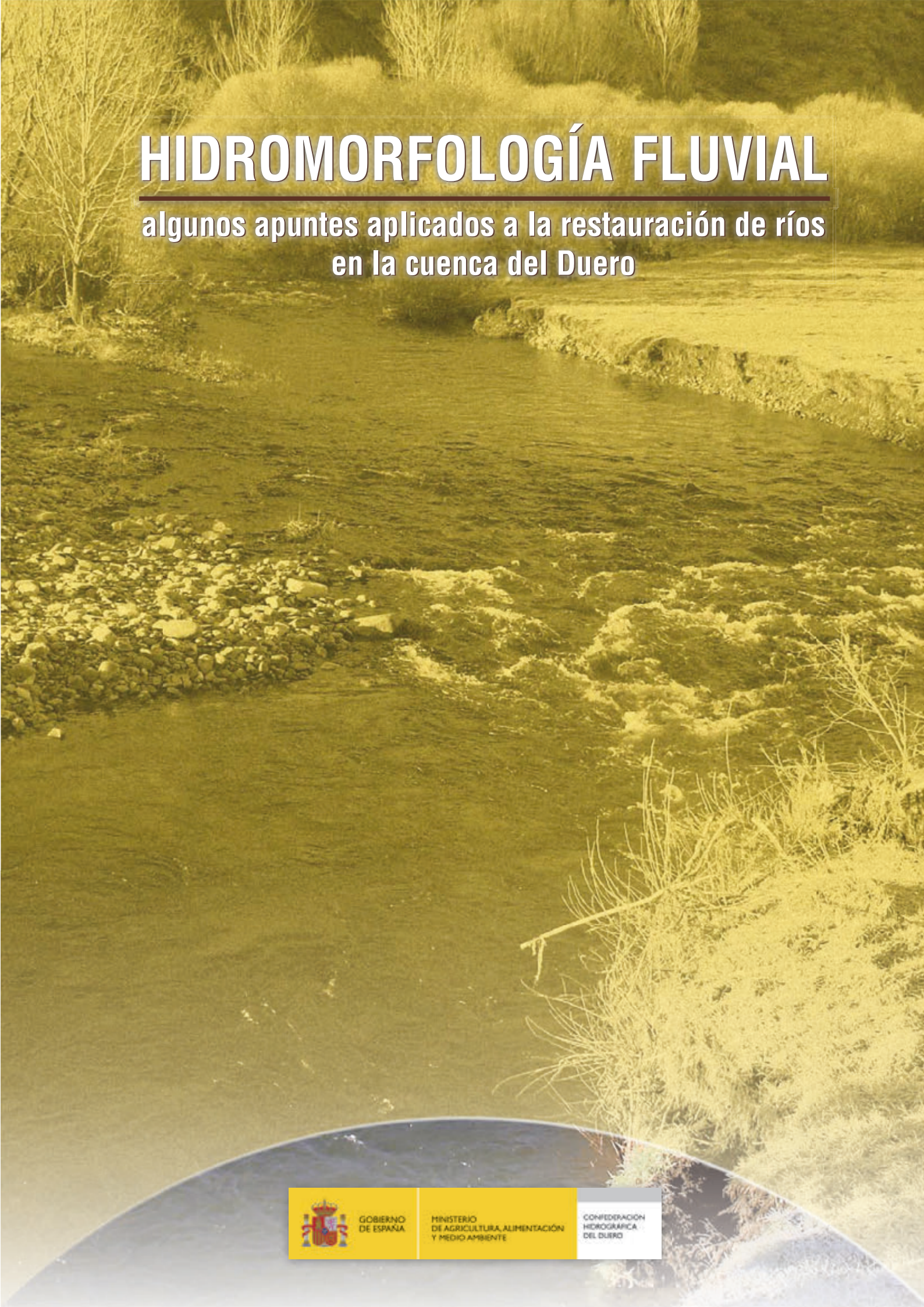
HIDROMORFOLOGÍA FLUVIAL

algunos apuntes aplicados a la restauración de ríos en la cuenca del Duero



GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO



HIDROMORFOLOGÍA FLUVIAL

algunos apuntes aplicados a la restauración de ríos en la cuenca del Duero

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO

Autores:
Daniel Ballarín Ferrer (Mastergeo, S.L. / Departamento de Geografía - Universidad de Zaragoza).
Ignacio Rodríguez Muñoz (Confederación Hidrográfica del Duero).

Colaboradores:
Alfredo Ollero Ojeda (Departamenteo de Geografía. Universidad de Zaragoza).
Daniel Mora Mur (Mastergeo, S.L.).

Coordinación y revisión de contenidos:
Rosa Huertas González (Confederación Hidrográfica del Duero).
Celia García Asenjo (AT Confederación Hidrográfica del Duero).

Fotografías:
- Ignacio Rodríguez Muñoz, todas excepto:
- Vanesa Acín. Pág. 75 (superior izquierda).
- Mateo Herranz. Contraportada.
- Juan Carlos López-Amezua. Pág 14, 24, 46, 50, 54, 82 (inferior izquierda), 86 y 116.
- José Ignacio Santillán. Pág. 96.
- Pedro San Venancio. Pág. 90.
- Jesús Mª Vielba/David Rodríguez. Pág. 71 (nº 2).

Ilustraciones:
Juan Carlos López – Amezua

Desarrollo editorial:
Coordinación: Ambigés, S.L.
Diseño y maquetación: Kikomaratón
Impresión y encuadernación: Gráficas Celarayn, S.L.
Fotocomposición: Gráficas Celarayn, S.L.

Datos técnicos:
Formato: 21 x 29.7 cm.
Caja de texto: 17 x 20 cm.
Composición: Dos columnas.
Tipografía: Rotis Sans Serif a cuerpo 12
Encuadernación: Rústica cosido hilo vegetal
Papel: Estucado multicapa brillo 135 g/m²
Cubierta: Estudado multicapa 350 g/m²
Tintas: 4/4 .

© Edita:
Confederación Hidrográfica del Duero (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente)
1ª edición, diciembre 2013
C/ Muro, 5
47004 Valladolid
www.chduero.es

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:
http://publicacionesoficiales.boe.es/
NIPO: 283-13- 013-4 (papel)
NIPO: 283-13- 014-X (linea)
Depósito legal: VA-874-2013

HIDROMORFOLOGÍA FLUVIAL

algunos apuntes aplicados a la restauración de ríos en la cuenca del Duero

Valladolid, 2013

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 9

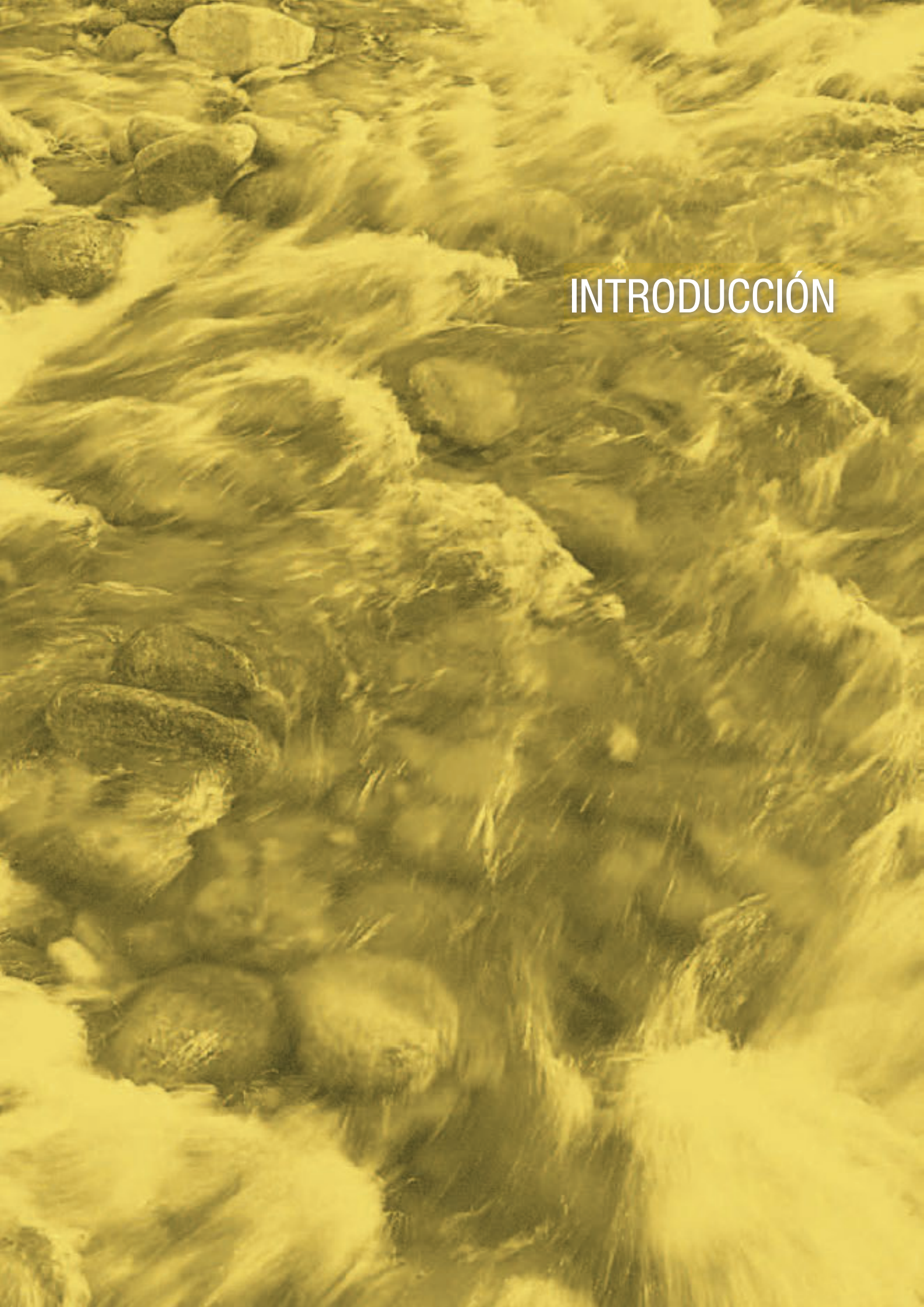
Capítulo 1
QUÉ ES LA RESTAURACIÓN FLUVIAL 15

Capítulo 2
PRESIONES HIDROMORFOLÓGICAS 25
2.1 IDENTIFICACIÓN DE PRESIONES 26
2.2 ELEMENTOS, PRÁCTICAS Y USOS QUE GENERAN ESTAS PRESIONES 30
2.3 EL EFECTO DE LAS PRESIONES: IMPACTOS HIDROMORFOLÓGICOS 42

Capítulo 3
LOS INDICADORES HIDROMORFOLÓGICOS Y LA RESTAURACIÓN FLUVIAL 51
3.1 CAUDAL 52
3.2 CAUCE 61
3.3 CONTINUIDAD LONGITUDINAL 69
3.4 DINÁMICA LATERAL EN ORILLAS 72
3.5 DINÁMICA VERTICAL 75
3.6 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS 78
3.7 DISPOSICIÓN DE LOS SEDIMENTOS 80
3.8 VEGETACIÓN DE RIBERA 82

Capítulo 4
SEGUIMIENTO DE LAS ACTUACIONES DE RESTAURACIÓN FLUVIAL 87
4.1 ALCANCE TEMPORAL 89
4.2 ALCANCE ESPACIAL 91
4.3 ALCANCE CUALITATIVO Y CUANTITATIVO 91
4.4 FICHAS DE SEGUIMIENTO 92

REFERENCIAS 117
1. Referencias bibliográficas 118
2. Referencias en Internet 120
3. Referencias normativas 122



INTRODUCCIÓN

Los ríos son el principal nexo de unión entre las tierras emergidas y los océanos. Son un elemento esencial en el ciclo hidrológico y en los ciclos biogeoquímicos y de desmantelamiento continental, motores del funcionamiento de la Biosfera.

Por otra parte, son sistemas naturales extremadamente complejos y diversos, debido a la gran cantidad de variables que intervienen en su funcionamiento. Estas variables se encuentran en cambio continuo en el espacio y en el tiempo, originando una gran diversidad de respuestas. Y a la enorme variabilidad natural hay que añadir la que está generada por la acción humana, que obliga a los ríos a complejos procesos de ajuste y a diferentes velocidades de respuesta.

Quienes trabajan con los ríos son conscientes de este "universo fluvial" diverso y complejo, para el que se han desarrollado diferentes enfoques, abundantes modelos y fórmulas que se aproximan a la realidad. Pero es imposible controlar y medir todas las variables y, sobre todo, es imposible pronosticar con exactitud todas las posibles respuestas.

Muchos científicos continúan profundizando en todos estos aspectos, pero otros, con no menos sentido común, comienzan a hacer un esfuerzo por simplificar los métodos de análisis y por aceptar el amplio margen de imprevisibilidad en las respuestas fluviales. La visión empírica, sensorial y sobre el terreno ha de prevalecer sobre la racionalista en la aproximación

Río Curueño. León.
Grupo de alumnos y profesores haciendo mediciones granulométricas en una barra de acarreos.

a los ríos. El experto fluvial debe ser capaz de identificar la situación y de diagnosticar el estado del río a partir de una buena inspección visual y con las mediciones imprescindibles.

Pero, ¿quién es ese experto fluvial?, o dicho de otro modo, ¿a quién se dirige esta publicación?

Sería pretencioso por nuestra parte atribuir la categoría de experto a todo aquel que con la lectura de este documento se acerque a un río. Nada más alejado de nuestra intención. Sin embargo, esta publicación pretende ser tan útil para aquellos que en su trayectoria profesional tengan relación directa con los cursos fluviales y la restauración fluvial, como para quienes quieran aproximarse a este mundo.

Para los primeros, puede que el desarrollo profesional les haya conducido a inercias que con el paso del tiempo se hayan demostrado poco recomendables. Es posible que a este grupo le invite a reflexionar y posteriormente a actuar en consecuencia. Con ello se habrá conseguido el primero de los objetivos planteados. En cuanto al segundo grupo, los profanos en la materia, pueden descubrir todo un universo de aspectos tanto técnicos como sensoriales en torno a los cursos fluviales que a buen seguro sentarán las bases de una profundización posterior en función de los intereses de cada cual.

Con este doble objetivo de aproximación y reflexión sobre los ríos hemos planteado una estructura sencilla para esta publicación que facilite la comprensión de aspectos que tienen cierta complejidad técnica. Las imágenes e ilustraciones son básicas para evidenciar muchos de los fenómenos y consecuencias que se describen por lo que existe un abuso consciente con el fin de mejorar la comprensión de lo explicado en el texto. A pesar de haberse elegido intencionadamente ejemplos de la cuenca del Duero, la mayoría de los hechos y cuestiones que reflejan las imágenes son universales y aplicables a otras cuencas hidrográficas.

Los ríos son, como ya se ha dicho, sistemas naturales con un funcionamiento complejo y dinámico. Las intervenciones humanas generan presiones sobre ellos que deben ser minimizadas y corregidas. Las actuaciones de restauración fluvial deben encaminarse a la búsqueda de la naturalización de los cursos fluviales mediante una recuperación del régimen hidrológico y del espacio de libertad fluvial, eliminando, en la mayor medida posible, el exceso de presencia antrópica de nuestro ríos, repletos de todo tipo de artefactos hidráulicos o de otra naturaleza. A estos aspectos se dedican los dos primeros capítulos de esta publicación.

El régimen hidrológico de un río condiciona la forma de éste, mientras que el estudio de los indicadores geomorfológicos es clave para determinar su estado ecológico. Esta es una cuestión mal entendida en nuestros días sobre la que hay que insistir: la base biotópica de los ecosistemas fluviales es el régimen y su consecuencia, la forma. Sin un buen conocimiento de la dinámica fluvial es muy difícil realizar un análisis y diagnóstico certero del estado de un río, tal y como se hace en ocasiones a través de bioindicadores inadecuados por una desacertada aplicación de la Directiva Marco del Agua. Con este fin el capítulo tercero recoge los indicadores hidromorfológicos básicos a considerar en un proceso de restauración fluvial.

Y, enlazando con los contenidos anteriores, el capítulo cuarto se centra en establecer una sistemática para el seguimiento de las actuaciones de restauración fluvial con el fin de validar los datos en un proceso continuo de aprendizaje. Conscientes de la complejidad de algunos de los contenidos tratados en este trabajo se aportan unas fichas de seguimiento para facilitar la recogida de datos.

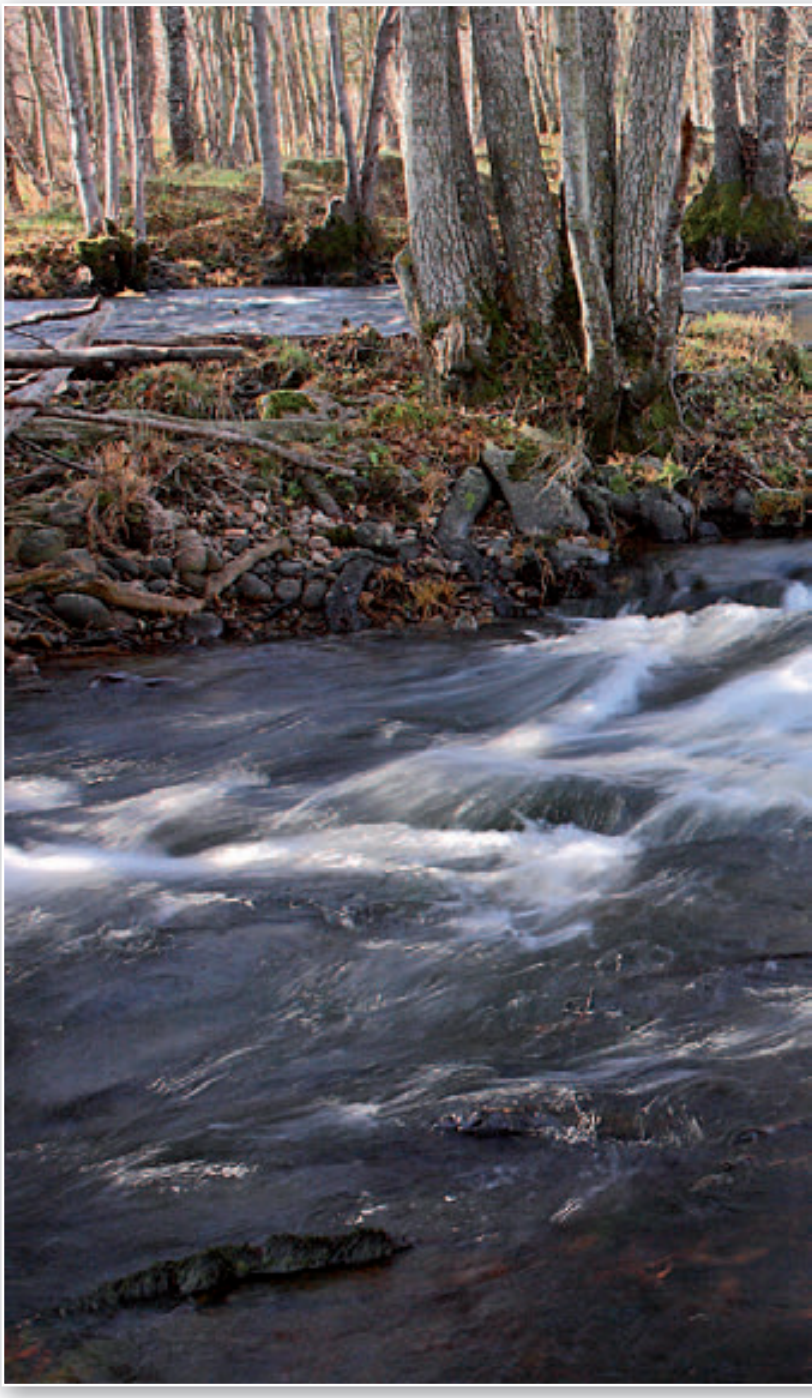
Y, como señalábamos en el inicio de esta introducción, habrá quién satisfaga sus inquietudes con la lectura de este documento pero otros, sin

embargo, precisarán profundizar en determinados aspectos. A ellos está dirigido el último apartado de referencias bibliográficas, en la red y en la normativa vigente.

Confiamos que esta publicación resulte fundamentalmente útil tanto para la toma de decisiones sobre nuestros ríos como para una reflexión general sobre el papel que nos hemos atribuido en un sistema tan complejo como es la biosfera.

Sirva como colofón esta cita de Aldo Leopold, ecólogo y ambientalista norteamericano que desarrolló una línea fundamental de pensamiento basada en la forma de preservar nuestro entorno y que resume con certeza el espíritu de este trabajo:

"La esencia de la conservación no reside en los planes físicos de los gobiernos sino en los procesos mentales de los ciudadanos".



Río Aravalle. Ávila.

1

QUÉ ES LA RESTAURACIÓN FLUVIAL

La restauración fluvial es un conjunto de medidas de gestión y de intervención encaminadas al logro de unos objetivos muy sencillos: que el régimen hidrológico y la morfología del río sean lo más parecidos posible a las condiciones naturales del mismo.

Hoy su necesidad no se discute. Pocos ecosistemas han sufrido un grado de transformación mayor con la consiguiente pérdida de bienes y servicios medioambientales. Por otra parte, al analizar detenidamente las cosas podemos ver que muchas de esas transformaciones han resultado contraproducentes, innecesarias e incluso insostenibles tanto hidráulica como económicamente.

Muchas actuaciones en nuestros ríos son definidas como restauración fluvial, pero este concepto no puede ser tomado de una manera tan amplia y, a veces, frívola. Es necesario identificar de la forma más exacta posible qué es restauración fluvial y qué no lo es. Igualmente hay que tipificar las actuaciones que conducen a mejoras o rehabilitaciones fluviales pero no alcanzan el grado de restauración.

Por tanto, la auténtica restauración fluvial es auto-restauración (pasiva o de mínima intervención) y principalmente hidromorfológica, operando con las dos variables fundamentales del sistema fluvial, que realizan el trabajo: caudal y sedimentos. Si se recupera el funcionamiento hidromorfológico natural, lo hace también el biotopo y ello favorece la recuperación del conjunto de los seres vivos, lo que los ecólogos denominan biocenosis, y cuyo conjunto configura el hábitat o ecosistema.

En síntesis, restaurar es restablecer o recuperar un sistema natural, en este caso un sistema fluvial, a partir de la eliminación de los impactos que lo degradan y a lo largo de un proceso prolongado en el tiempo, hasta alcanzar un funcionamiento lo más natural y autosostenible.

¿Qué nos aportan los ríos?

En la literatura científica se habla también de "Servicios medioambientales de los ecosistemas fluviales" tal vez por deformación de una visión economicista de la naturaleza. En todo caso se quiere referir con esta expresión a un conjunto de funciones naturales que son muy útiles e imprescindibles para el funcionamiento de la Biosfera.

Son el principal sistema de erosión, transporte y sedimentación dentro del ciclo de denudación continental, y desempeñan otras funciones asociadas (corredor ecológico, corredor bioclimático, hábitat, sistema regulador de escorrentías extremas, sistema de depuración, sistema regulador de la salinidad marina y de la dinámica litoral, etc.); así como otras que se manifiestan localmente (ecotono, barrera, filtro, fuente y sumidero de agua, fuente y sumidero de carbono, partículas, organismos, nutrientes, etc.).

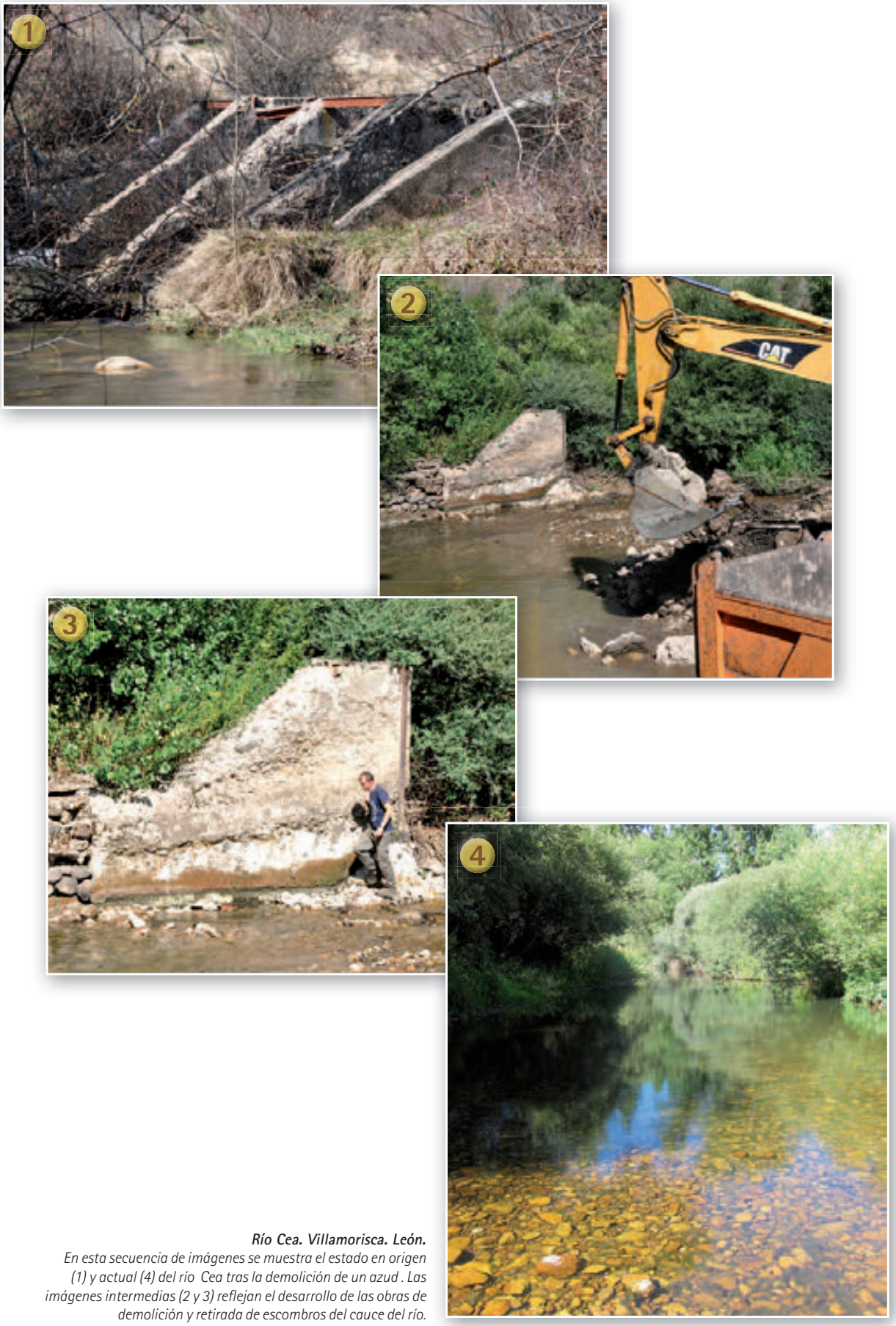
Todas estas funciones se alternan en el tiempo sobre un mismo espacio, y tienen una enorme eficiencia en los intercambios de materia y energía.

Por tanto la acción humana en la restauración fluvial debería consistir exclusivamente en eliminar los impactos que impiden la auto-restauración fluvial. En definitiva, restaurar un río es permitirle recuperar su libertad, liberarlo de las presiones e impactos a las que está sometido. Y esto es muy complicado, porque implicaría modificar muchos usos del agua y del territorio y desterrar bastantes prejuicios.

Río Gamo. La Lurda. Salamanca.
Ortoimagen en la que se observa muy bien la brusca transición entre un tramo canalizado cuya llanura de inundación ha sido ocupada por cultivos y otro con su morfología original, en este caso meandriforme, y la llanura de inundación poco modificadas. (Fuente: Google-Earth).

Sistema fluvial

Sistema complejo integrado en los ciclos del agua, de la materia sólida y biogeoquímicos, resultado de un complejo mecanismo climático, hidrológico, geomorfológico y ecológico de movilización o conducción superficial de las aguas continentales, acompañadas de los materiales que transportan, sedimentos, nutrientes y seres vivos o partes de estos, en el sentido de la pendiente, a veces contracorriente, hasta que llegan a los océanos o a los lagos o mares interiores. Cuenta con una enorme capacidad de transporte de masa y energía. Son sistemas abiertos, actúan como corredores de intercomunicación de ecosistemas, son enormemente dinámicos en el espacio y en el tiempo y considerablemente complejos, de manera que las interrelaciones entre elementos son innumerables.

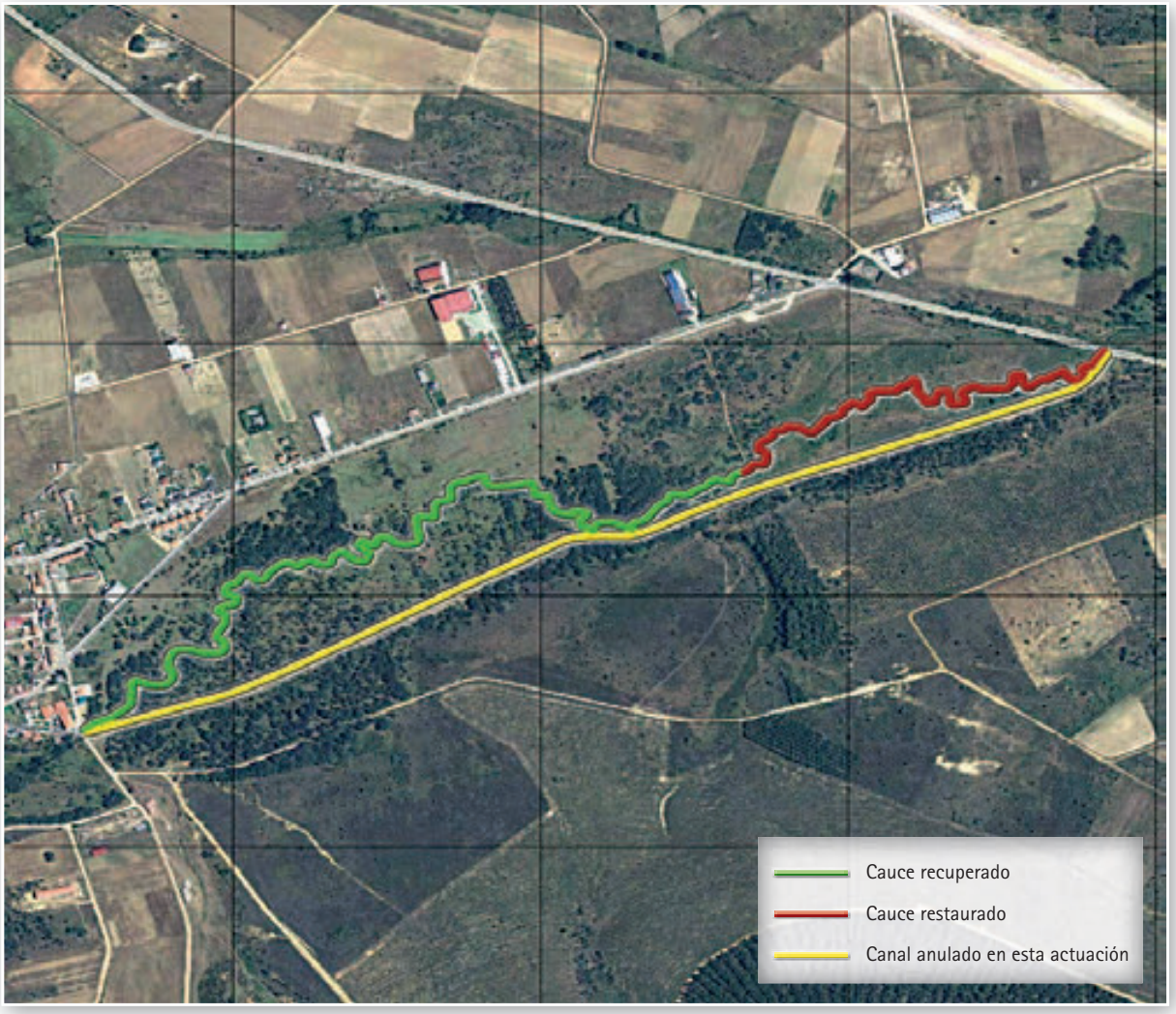


Río Cea. Villamorisca. León.
En esta secuencia de imágenes se muestra el estado en origen (1) y actual (4) del río Cea tras la demolición de un azud . Las imágenes intermedias (2 y 3) reflejan el desarrollo de las obras de demolición y retirada de escombros del cauce del río.

Si no podemos eliminar todos los impactos nunca podremos conseguir una auténtica restauración. Por ello la restauración fluvial es, en la mayoría de los casos, un objetivo utópico. Pero no por ello debe ser despreciado. Hay que intentar la restauración si es posible y, si no lo es, hay que ayudar al río a mejorar en su funcionamiento. A esto ya no deberíamos llamarlo restauración, para no llevar a engaño, sino **rehabilitación o mejora**. Y para hacer rehabilitación hay que pensar en restauración, hay que ayudar al río desde los principios fundamentales de la restauración acercándolo a la mejor situación para que pueda auto-recuperarse en el mayor grado posible.

Como se verá en el siguiente capítulo, ayudar al río es, por ejemplo, retirar obstáculos transversales al cauce (presas, azudes, vados, puentes...), desencauzar, retirar defensas y obstáculos laterales, ampliar el espacio de libertad del río...
Hay otras muchas acciones bastante frecuentes en nuestros ríos a las que se da el nombre de restauración de forma incorrecta y engañosa. En muchos casos no pretenden más que publicidad o justificar inversiones con fondos destinados a actuaciones medioambientales o evitar procedimientos de evaluación ambiental.

Así nunca es restauración, y es totalmente contrario a sus principios, la estabilización de un cauce fluvial, independientemente de la



Río Castrón. Ferreras de Abajo. Zamora.
Imagen aérea de la recuperación del río Castrón tras su proceso de descanalización. En amarillo se observa el trazado del canal de rectificación que ha sido rellenado dejándolo hidráulicamente inactivo. El canal amarillo tenía una longitud de 1.850 m mientras que el cauce recuperado sobrepasa los 3.000 m (Fuente: Iberpix. Instituto Geográfico Nacional, IGN).

Río Castrón. Ferreras de Abajo. Zamora.
Imagen actual de uno de los numerosos meandros que se han recuperado y que vuelven a funcionar como tales tras casi 30 años desde que el cauce fuera rectificado en el marco de una concentración parcelaria.

técnica que se utilice. En la misma línea, nunca es restauración, sino todo lo contrario, impedir la erosión de márgenes o la inundación, o ampliar la sección de desagüe de un cauce. Ni revegetar, ni plantar árboles, ni cultivar chopos, ni ajardinar, ni maquillar, camuflar o decorar actuaciones de estabilización o de urbanización, ni construir meandros donde nunca los hubo son actuaciones de restauración. No podemos tampoco hablar de restauración cuando los objetivos de la actuación sean estéticos o recreativos. Ni tampoco es restauración reformar cauces para beneficiar a determinadas especies, ni conformarnos con depurar el agua. Todo esto no es restauración fluvial, y en muchos casos ni siquiera rehabilitación o mejora, aunque la actuación se presente bajo esa denominación.

Las obras de demolición de azudes y otros obstáculos que hayan quedado fuera de uso son muy aparatosas y parece que, más que mejorar, van a producir un impacto negativo en el río. Nada más lejos de la realidad. Una vez rematadas y retirados los residuos de demolición, el río recupera sus condiciones naturales a una gran velocidad, gracias a su resiliencia. Una pequeña riada siempre ayuda a movilizar los sedimentos acumulados y a que se redistribuyan aguas abajo. A veces se producen cambios en la morfología, consecuencia del reequilibrio de la pendiente.

En el caso concreto de la estabilización del cauce, que es una medida muy frecuente especialmente en ámbitos urbanos y que en general se ve como positiva, debemos ser conscientes de que es una acción muy perjudicial para la dinámica fluvial. Contribuye a simplificar, constreñir y estrechar el río y, al evitar la erosión de las orillas, impide localmente la aportación de sedimentos al lecho, lo que reduce la diversidad de hábitats y limita drásticamente su renovación. Con ello el río sufre un proceso progresivo de "fosilización" y se genera una sensación de falsa seguridad que resulta muy peligrosa. De ahí que este tipo de medidas se deban reducir al mínimo estrictamente imprescindible, allí donde existan procesos urbanísticos irreversibles y no se deben extender a zonas peri o extraurbanas.

En buena medida los principios de la restauración fluvial chocan con las demandas sociales de estabilidad, seguridad, urbanización, ocio, etc., así como con numerosos intereses económicos y corporativistas y toda una serie de prejuicios estéticos. Si queremos conseguir que el estado de nuestros ríos mejore y que la restauración fluvial sea cada vez menos utópica y más viable, es necesario un cambio de mentalidad.

Río Cea. Soto de Valderrueda. León.
Demolición de azud.

Río Carrión. Monzón de Campos. Palencia.
Demolición de azud.

Es imprescindible ***"desaprender"*** algunos estereotipos erróneos y obsoletos. Es necesario consolidar, mediante la educación y programas de formación adecuados, los principios básicos de la restauración y los beneficios que aporta al buen funcionamiento de la biosfera y por extensión los beneficios que aporta al ser humano como parte de ella.

La restauración fluvial no es sencilla. Y aunque los objetivos sean parciales, como ocurre con la rehabilitación o la mejora, el proceso no deja de ser largo y complejo y los resultados pueden tardar en ponerse de manifiesto. Un proceso de restauración o de rehabilitación fluvial implica las fases y tareas que se detallan en el siguiente esquema.

Restauración o rehabilitación fluvial

¿Qué es?

El proceso de recuperación de un sistema fluvial hasta que alcance un funcionamiento natural y autosostenible. No es una acción sino un proceso largo llevado a cabo por el propio río, a ser posible con la menor intervención humana.

¿Cómo se consigue?

- **Eliminando todos los impactos o presiones que degradan** el sistema fluvial en la cuenca, en la llanura de inundación y en el cauce.
- Con **caudales naturales**, con **sedimentos** que puedan movilizarse, con **crecidas** que puedan acelerar los procesos y con **estiajes** que puedan limitar la expansión de especies exóticas.
- Con **espacio** continuo y ancho para el río, sin obstáculos.
- Con el **trabajo exclusivo del río** (auto-restauración o restauración pasiva) a lo largo de un proceso prolongado en el **tiempo**.

.../

/...

¿Qué habrá recuperado el sistema fluvial al final del proceso de restauración fluvial?

- Sus **procesos** naturales y todas las **interacciones** entre sus elementos y con otros sistemas.
- Su **estructura**, es decir, todos sus componentes y flujos en toda su complejidad y diversidad.
- Sus **funciones** en el sistema Tierra: transporte, regulación, hábitat, ciclos biogeoquímicos...
- Su **territorio**, es decir, el espacio propio y continuo que debe ocupar para desarrollar todos sus procesos y funciones.
- Su **dinámica natural** (movilidad, cambios, ajustes) en el espacio y a lo largo del tiempo.
- Su **resilencia** o fortaleza frente a futuros impactos, su capacidad de auto-regulación y auto-recuperación.
- El resto de los beneficios medioambientales que aporta a la sociedad: laminación de avenidas, sumidero de carbono, paisaje, recursos naturales, recarga de acuíferos, etc.

Fases del proceso de restauración fluvial

a) Fase preliminar

1: **Estudiar** cómo es y cómo funciona el sistema fluvial y **diagnosticar** sus problemas.

2: **Consensuar** y decidir cuál es el **objetivo** y el alcance de la restauración o de la rehabilitación.

3: **Divulgar** y **sensibilizar** explicando a la sociedad los problemas del sistema fluvial y las soluciones planteadas.

b) Fase inicial

4: **Eliminar** los impactos y obstáculos totalmente (para restauración) o en la medida de lo posible (para rehabilitación).

5: **Garantizar** la materia y energía necesarias para el funcionamiento del sistema fluvial: CAUDAL + SEDIMENTOS + CRECIDAS + ESTIAJES.

6: Lograr todo el espacio o **territorio** necesario para la recuperación del sistema fluvial.

c) Proceso de restauración o de rehabilitación

7: Es la **auto-recuperación**, la realiza el sistema fluvial y necesita **tiempo**.

8: **Seguimiento** de los procesos y observación y evaluación continua, en los que puede jugar un buen papel el voluntariado.

9: **Intervención** modificando algunos parámetros para acelerar o corregir algún proceso (no es recomendable, sólo excepcionalmente y en rehabilitación, no en restauración).

2

PRESIONES HIDROMORFOLÓGICAS

2.1 Identificación de presiones

2.2 Elementos, prácticas y usos que generan estas presiones

2.3 El efecto de las presiones: impactos hidromorfológicos

Las presiones son todas aquellas acciones y usos humanos que pueden afectar negativamente a los ríos y sistemas fluviales alterando y modificando su comportamiento natural. Y estas afecciones o impactos negativos no se producen solo sobre el cauce, sino también sobre los ecosistemas asociados.

Se trata de un término acuñado por la Directiva Marco del Agua (DMA 2000/60/CE) que equivale a las acciones que producen impacto ambiental negativo. Las presiones deben ser descritas por los Estados miembros de la Unión Europea en los planes de cuenca o planes hidrológicos como los conocemos en España.

2.1 IDENTIFICACIÓN DE PRESIONES

Hay una gran cantidad de presiones que podemos detectar en los sistemas fluviales aunque algunas son difíciles de identificar ya que por habituales nos hemos acostumbrado a no considerarlas como tales. En otros casos las presiones no son tan evidentes y por ello es necesario un esfuerzo de sensibilización social sobre las mismas. Las más importantes son las siguientes:

Contaminación

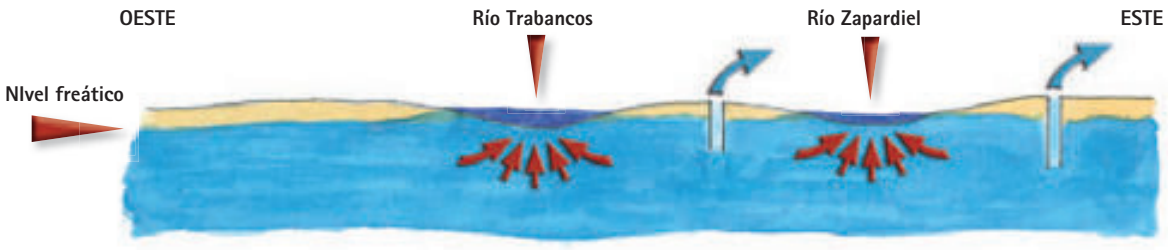
Puede ser **puntual**, cuando su procedencia está claramente determinada, o difusa, cuando procede de numerosas fuentes no localizadas. Las principales fuentes emisoras de contaminantes son los vertidos urbanos e industriales, mientras que la mayor parte de la contaminación difusa procede de fuentes agropecuarias (fertilizantes y fitosanitarios). Las retenciones que producen los azudes y presas favorecen la sedimentación de nutrientes y estos producen procesos de eutrofización.

Extracción de agua

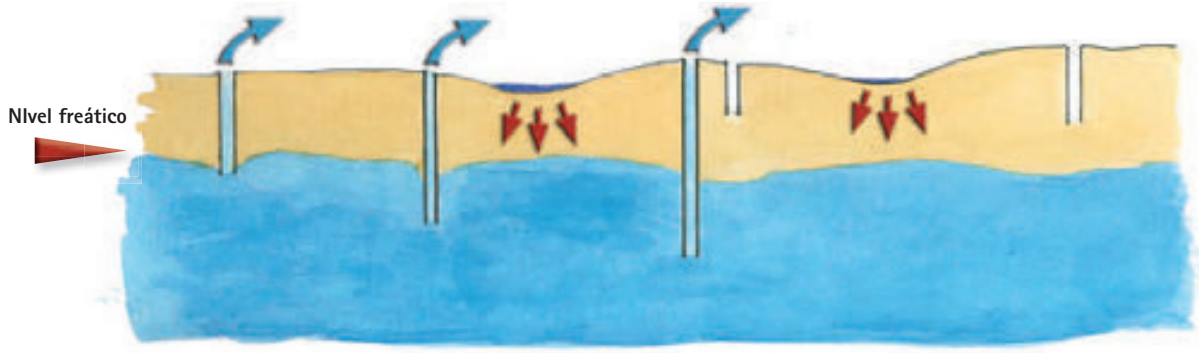
Puede llegar a suponer la pérdida de caudal si la extracción se realiza de forma abusiva. Durante el estiaje, cuando el agua es más escasa, se pueden producir afecciones muy negativas. No es necesario que la extracción se haga de forma

Río Tormes. Embalse de Almendra. Salamanca-Zamora.
Floración de cianofíceas (también conocidas como algas verde-azules). Este tipo de floraciones pueden tener incidencia sanitaria, ya que algunas especies de cianofíceas producen unas toxinas muy venenosas conocidas con el nombre de microcistinas.

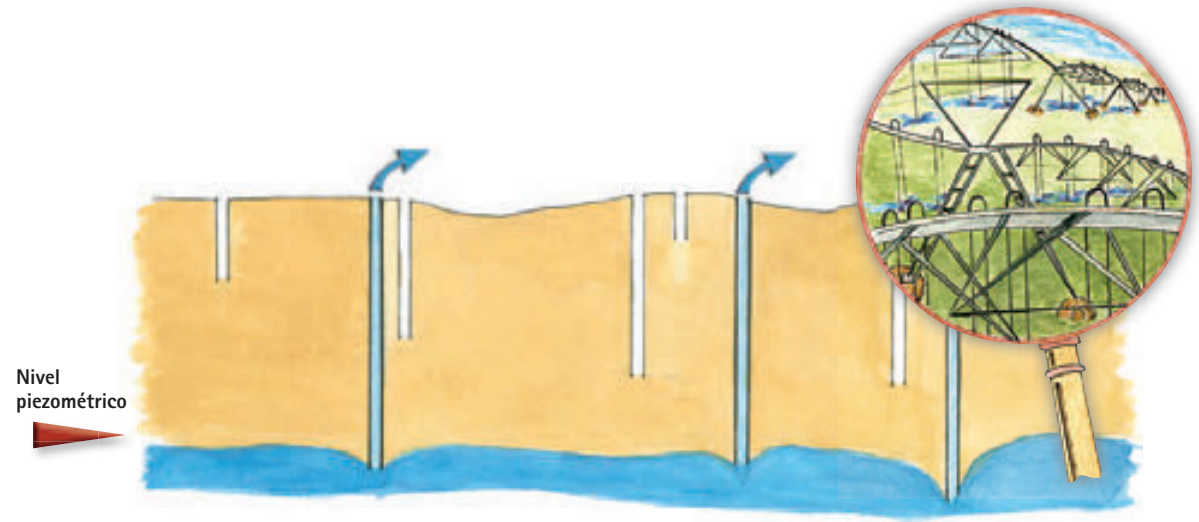
Esquema de la evolución del nivel freático en las subcuencas del río Zapardiel y río Trabancos durante los últimos 30 años



En un primer estadio la explotación de las aguas subterráneas es escasa y se limita a pozos de reducida profundidad, y con ello se mantiene el régimen permanente del caudal de los ríos. Los ríos reciben parte de la aportación de las aguas subterráneas. "Son ríos ganadores".



El aumento de los riegos con aguas subterráneas se incrementa por el aumento de la superficie de riego. Esta situación provoca el descenso del nivel freático y la consiguiente profundización de los aprovechamientos mediante sondeos que sustituyen a los pozos.
Parte del caudal de los ríos se infiltra y podemos hablar por ello de "ríos perdedores" que ven disminuir su caudal de forma muy notable.



En la situación actual la sobre-explotación de los acuíferos es una realidad que ha modificado el régimen permanente de los ríos Zapardiel y Trabancos pasando a ser ocasional y efímero, dependientes exclusivamente de los aportes de aguas superficiales. A ello ha contribuido de forma importante el desarrollo de una tecnología más sofisticada que permite aumentar la profundidad de los sondeos.

directa sobre las aguas superficiales para que se noten los efectos de la pérdida de caudal. La sobre-explotación de acuíferos redunda en una disminución de las aportaciones, ya que ríos que antes eran "ganadores", es decir, aquéllos cuyos caudales se veían incrementados por descargas subterráneas, pasan a ser "perdedores", y una buena parte de sus caudales se infiltran en el terreno para compensar la bajada de los niveles freáticos y piezométricos. El ejemplo típico en nuestro país es el alto Guadiana, pero en la cuenca del Duero también tenemos nuestros "guadianas", ríos como el Zapardiel o el Trabancos, que prácticamente han desaparecido por la sobre-explotación de aguas subterráneas.

Retención de caudales sólidos

Puede ser total respecto de los arrastres de fondo en el caso de las grandes presas. La cuestión de los caudales sólidos está muy desatendida en la comprensión de los problemas medioambientales de nuestros ríos y, sin embargo, es vital. Los caudales sólidos, es decir, los sedimentos movilizados por el caudal líquido, configuran el canal o los canales y en definitiva la forma del río, así como la llanura de inundación. Además son el sustrato de la vida, ya que sobre ellos se instala buena parte de la biota (algas, macroinvertebrados*...) que compone la base del sistema trófico del río, por no hablar de su papel como área de cría de las especies piscícolas, de los anfibios y otra fauna asociada.

Regulación del agua

En los ríos, la presencia de infraestructuras que regulan el paso del agua, como embalses o canales de derivación, puede producir afecciones a los sistemas fluviales cambiando el régimen del río. Es muy común ver cómo las crecidas invernales generadoras del cauce prácticamente desaparecen, mientras que en verano circulan cantidades anormalmente altas de agua, pro-

Canal del Duero. Valladolid.

La detracción de caudales que producen en el río puede ser superior al caudal que discurre aguas abajo de las tomas, llegando a veces a ser prácticamente total lo que produce efectos muy negativos en el río.

* *Macroinvertebrados. Invertebrados de tamaño mayor a 0.5 mm ubicados generalmente en los fondos de los ríos. La mayor parte son larvas o ninfas de insectos aunque también hay crustáceos y moluscos. Son indicadores de la calidad biológica de los cursos de agua y muy sensibles a las variaciones hidromorfológicas, físicas y/o químicas que pueden sufrir en general los medios acuáticos.*

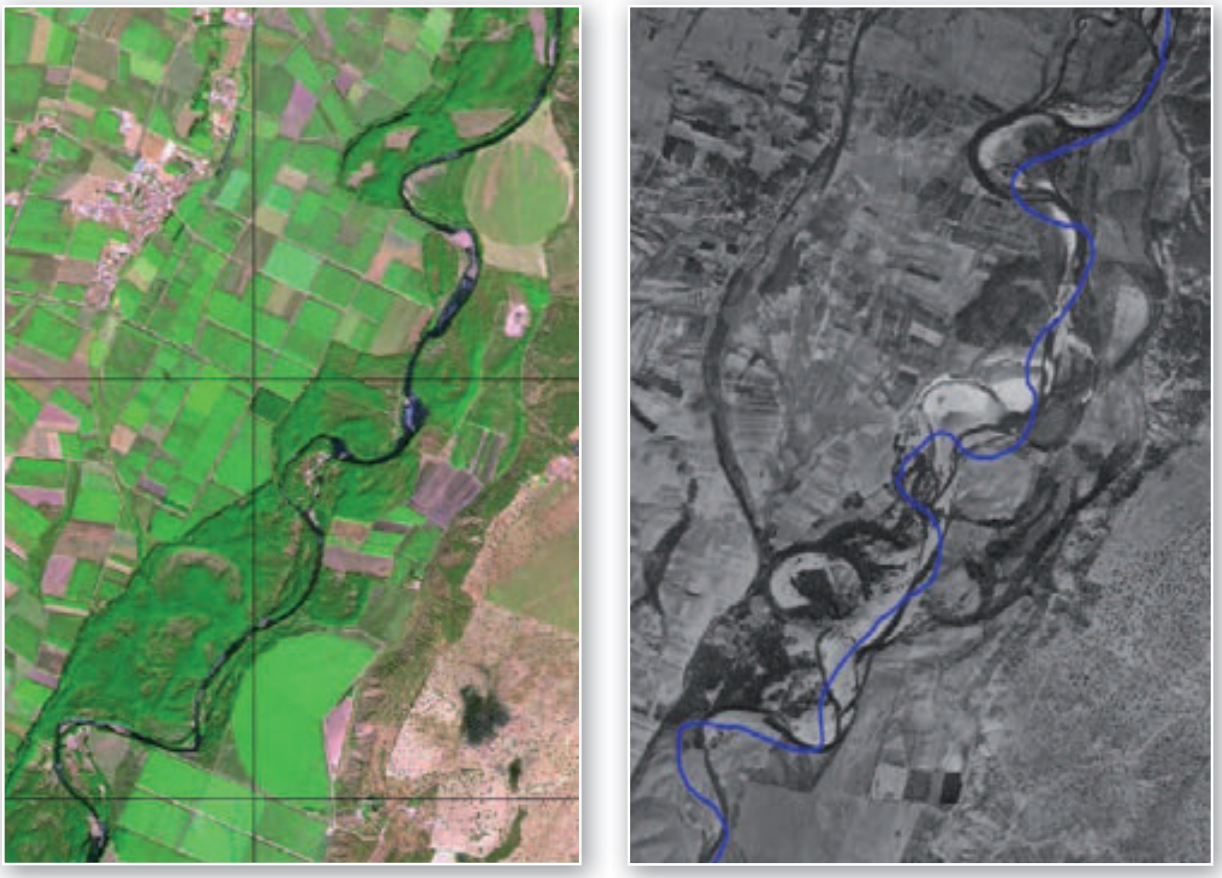
duciendo una inversión del régimen que produce drásticos cambios en los ecosistemas.

Alteraciones morfológicas

Son alteraciones de la forma del río. Suponen la modificación total o parcial de los sistemas fluviales. Entrarían aquí actuaciones como defensas, dragados, extracciones de áridos, rectificaciones de cauce, canalizaciones, urbanización y construcción de estructuras en las márgenes...

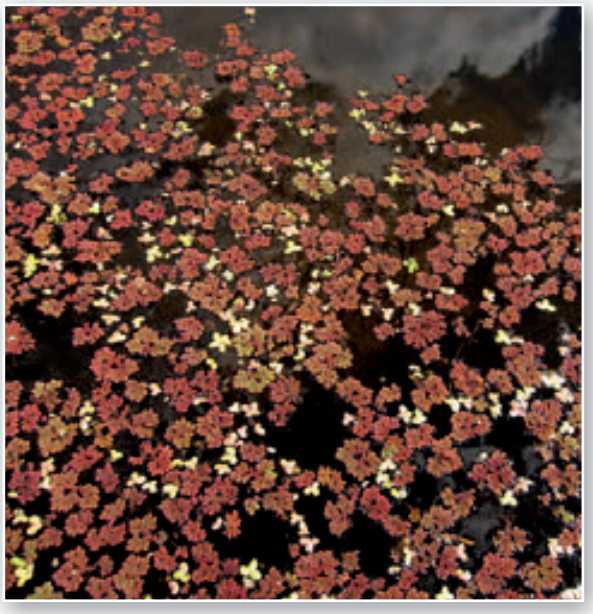
Ocupación de las llanuras de inundación

La accesibilidad al agua y el hecho de que los terrenos adyacentes a los ríos son los más productivos ha propiciado un fenómeno universal de ocupación de las llanuras de inundación y una exposición a las crecidas. Por supuesto, existen grados: no es lo mismo exponer al régimen de inundaciones las viviendas que las infraestructuras o los cultivos. Como consecuencia de esta ocupación, muchas veces se realizan alteraciones morfológicas en los cauces pretendiendo favorecer el drenaje e incrementando la velocidad del agua. También se aumenta la regulación con embalses, produciéndose toda una serie de sinergias negativas. Lo cierto es que el urbanismo moderno, lejos de guardarse del río, favorece la exposición, en muchas ocasiones injustificada e innecesaria, de bienes y personas a un riesgo de inundación a veces muy grave. Y ello bajo el engañoso lema de "vamos a vivir cara al río" o algo similar.



Río Esla. Santa Colomba de las Carabias. Zamora.

Imágenes comparativas donde la ortoimagen de la izquierda es actual (2009) mientras que la ortofoto situada a la derecha es del vuelo americano de 1956, sobre la que aparece dibujado el cauce actual en azul. La simplificación de las formas y anexos fluviales, reducidas a un canal único, más estrecho y la ocupación del espacio ribereño por cultivos herbáceos y de chopos en las zonas inundables, son evidentes y reflejan una gran pérdida de hábitats y de capacidad hidráulica. (Fuentes: Iberpix, Instituto Geográfico Nacional, IGN; Sistema de Información MÍRAME, Confederación Hidrográfica del Duero).



Río Tormes. Ávila.

Azolla filiculoides en un brazo secundario del río Tormes (Ávila). Se trata de un helecho de agua, procedente de América tropical que se usa en acuarofilia y en estanques de jardín como especie ornamental o para controlar el crecimiento de otras algas. Su capacidad de crecimiento es enorme, pudiendo llegar a tapizar grandes masas de agua, como ocurriera en el pasado geológico, durante el Eoceno, en el denominado "evento azolla".

Proliferación de especies invasoras

La introducción de especies exóticas tanto animales como vegetales puede llegar a ser un gran problema. Este fenómeno se puede ver favorecido en muchos casos por las presiones anteriores, ya que las especies exóticas pueden encontrar ecosistemas fluviales modificados en los que tienen más oportunidades adaptativas, lo que supone el desplazamiento y la disminución de las especies nativas.

2.2 ELEMENTOS, PRÁCTICAS Y USOS QUE GENERAN ESAS PRESIONES

Las presiones en los cursos fluviales son muy diversas como ya hemos visto. Detrás de todas ellas está la mano del hombre que bien para un mejor aprovechamiento de los cursos fluviales o para mejorar las vías de comunicación ha generado infraestructuras que irrumpen de forma drástica en el normal discurrir del régimen fluvial. En otras ocasiones las presiones son consecuencia de cambios de uso del suelo o nuevas necesidades surgidas alrededor de un desarrollo (urbano/rural) mal entendido. A todos estos elementos y prácticas vamos a dedicar este apartado en el que trataremos de identificar, explicar e ilustrar cada una de ellas.

Azud

Pequeña presa o barrera transversal colocada en un cauce fluvial con objeto de elevar y regularizar la lámina de agua y embalsar agua, facilitando la salida de un canal para abastecimiento, regadío o para uso hidroeléctrico (antes para fuerza motriz de molinos de harina, batanes y otros artefactos hidráulicos). El agua suele pasar por encima de la coronación y su capacidad de retención de caudal sólido es limitada. El trasiego de seres vivos o partes de estos no se ve totalmente obstaculizado si bien, a partir de cierta altura, constituyen una barrera infranqueable para el remonte de ciertas especies. Pueden tener mucha importancia en la retención de nutrientes, contribuyendo notablemente a la eutrofización de los ríos

cuando son muy abundantes en tramos medios y bajos, ya que constituyen una sucesión de láminas que "tablea" completamente el cauce. El incremento de anchura facilita la iluminación lo que unido a la disponibilidad de nutrientes y a la desaparición de los rápidos favorece las floraciones de algas, a veces con elevada producción de unas proteínas tóxicas que liberan ciertas especies llamadas microcistinas.

Río Duero. San Román de los Infantes. Zamora.
Azud de San Román.

Río Duero. Villaralbo. Zamora.
Estancamiento de las aguas del río Duero como consecuencia del azud de una minicentral. El represamiento mediante azudes alcanza en algunos ríos tal grado de intensidad que ya no es posible encontrar en ellos tramos que corran libres y que mantengan su original estructura de rápidos y remansos. Además de la pérdida de hábitats que comporta, actúa como decantador y constituye una trampa de nutrientes que favorece los procesos de eutrofización, de ahí el aspecto verdoso que tienen las aguas en verano y que produce problemas de potabilidad.

Río Tormes. Almendra. Salamanca.

Presa de Almendra, en el bajo Tormes, la más grande y la que contiene el mayor embalse de la cuenca del Duero. Desde su entrada en funcionamiento, en los años 70 del pasado siglo, el río Tormes desde este punto hasta su confluencia con el Duero ha dejado de ser un río debido a una detracción prácticamente total del caudal.

Presa

Se diferencia de los azudes en el tamaño y en la capacidad de embalse, mucho mayores en el caso de las presas. Ello les confiere capacidad de regulación, es decir de alteración del régimen de caudales aguas abajo. Son impermeables para los caudales sólidos de fondo, retienen sólidos en suspensión y nutrientes y no permiten el trasiego de seres vivos o partes de estos hacia aguas arriba, limitando sus desplazamientos aguas abajo. Como consecuencia de la presa se produce la sustitución del cauce por un embalse, cuyas aguas se destinan al riego de grandes superficies, el abastecimiento de poblaciones, la producción de energía eléctrica, los usos recreativos, etc.

Vado

Zona del río con poca profundidad o con alguna estructura artificial que favorece el paso de vehículos, animales o personas. Normalmente estas infraestructuras se localizan en cursos fluviales de pequeña entidad.

Río Eresma. Navas de Oro. Segovia.

El vado sobre un río es una pésima solución hidráulica. Además de producir un efecto muy negativo sobre el río, supone un enorme peligro para el tráfico rodado.

Río Aliste. Dómez. Zamora.

Acumulación de restos vegetales y sobreelevación de la lámina de agua por un mal diseño hidráulico en un puente.

Río Cea. Castrobol. Valladolid.

Acumulación de restos vegetales en los pilares de un puente.

Puente

Construcción que permite el paso entre orillas de los cursos fluviales a través de una plataforma elevada sobre el cauce. Existe una tipología muy variada de puentes. Los principales efectos sobre los sistemas fluviales se deben a la insuficiencia hidráulica para evacuar caudales de avenida y a la constricción del cauce. Los pilares y, en especial los tubos, suponen un obstáculo que puede retener flotantes, cegarse y actuar como una presa. Si llevan solera, al igual que el resto de obras transversales, pueden producir un foso de incisión aguas abajo. La falta de mantenimiento de vados y puentes agrava los problemas señalados.

Derivaciones y trasvases

La derivación de caudales líquidos con objeto de utilizarlos en otras actividades (agrícola,

Reseña cartográfica del trasvase del río Curueño al río Porma.
(Fuente: Iberpix. Instituto Geográfico Nacional, IGN).

de abastecimiento, industrial...) supone una reducción del caudal circulante, pudiendo llegar a detraer el total del caudal del sistema fluvial, dejando el curso seco. Los canales de derivación suelen partir de las presas y azudes, aunque a veces se pueden realizar a partir de un deflector o de un azud sumergido, lo cual minimiza las presiones sobre el cauce.

Vertidos y retornos

Se trata de aportaciones de caudal al sistema fluvial en zonas que no son las naturales. No tienen que ser necesariamente vertidos contaminantes directos, ya que puede tratarse de los sobrantes de acequias o canales, o alivios de depósitos.

Ejemplo de vertido directo al cauce.
Los vertidos de naturaleza urbana son muy abundantes y presentan, por lo general, un bajo grado de tratamiento.

Río Bernesga. León.

Incisión en el río aguas abajo de la ciudad de León. La canalización del tramo urbano y la extracción masiva e indiscriminada de áridos ha provocado el peor fenómeno de incisión que se produce en la cuenca del Duero, que supera en algunos puntos los 4 m. En la imagen se observa el lecho de arcillas desprovisto completamente de gravas y cantos rodados.

Extracción de áridos

Retirada de materiales de carácter minero que suele afectar a las zonas de acumulación de sedimentos en las orillas o al propio lecho. Normalmente, las extracciones de áridos tienen un fin comercial obteniéndose material de diverso tamaño que se emplea posteriormente en actividades como la construcción.

Dragado

Extracción de material en el propio lecho o en barras laterales, así como eliminación de islas, con el fin de dotar de mayor capacidad de desagüe al cauce. Es un sistema de defensa contrario a los habituales (motas, escolleras), ya que en lugar de estrechar el cauce, el dragado trata de ensanchar o profundizar el mismo. Los materiales resultantes de los procesos de dragado son en ocasiones empleados en el refuerzo de las márgenes o a veces se comercializan como si se tratase de una extracción de áridos. Además de sus graves impactos geomorfológicos y ecológicos, un problema habitual en los dragados es la rapidez con que pueden llenarse de nuevo de sedimentos las zonas dragadas, a raíz de cualquier crecida, lo que los hace especialmente insostenibles hidráulica y económicamente.

Río Eria. Castrocontrigo. León.

Dragado del cauce y construcción de escollera.

Río Torío. Garrafe de Torío. León.
Escollera estaquillada.

Escollera

Se trata de una defensa de margen muy común, con tipologías diversas (de piedra natural, de bloques o de escombros), resistente y fácilmente adaptable a la topografía de la orilla. Antiguamente se prefería la artificial, de bloques cúbicos de hormigón, pero hoy en día se utiliza la escollera natural, más útil por trabarse mejor unas piedras con otras. Además de aislada, la escollera suele emplearse como basamento de otras obras de contención o como refuerzo de diques en los tramos en que éstos se aproximan a la margen. Si la llaga no está recibida con mortero, entre los huecos es posible la colonización vegetal, resultando muy conveniente la plantación de estaquillas para acelerar el proceso de integración.

Gavión

Es otra defensa de margen consistente en una malla de acero rellena por piedras o gravas que se localiza en las orillas de los ríos. Los gaviones suelen permitir el crecimiento de especies vegetales al ser un sustrato más poroso.

Mota

Dique longitudinal sobreelevado que se sitúa entre el cauce y la llanura de inundación y que constituye el sistema de defensa más antiguo. No sirve contra la erosión de las márgenes del cauce sino para contener caudales de crecida, pretendiendo con su elevación impedir el

Río Valdeginate. Mazariegos. Palencia.
Mota en la margen derecha del río. El material acordonado procede del dragado del río, ahora convertido en un canal de sección trapezoidal (línea azul) invadido por macrofitos (flecha roja). Este dragado forma parte de las obras que se llevaron a cabo en los años 50 para drenar la Laguna de la Nava de Campos, humedal que podía alcanzar las 6.000 has, que se producía como consecuencia del desbordamiento de tres ríos en su confluencia: Valdeginate, Retortillo y Salón.

Río Esla. Valencia de Don Juan. León.

Deflectores en la margen izquierda del río Esla. La ocupación de la llanura de inundación del río en esta zona ha conducido a la necesidad de realizar costosas obras de defensa.

desbordamiento. Suelen presentar un perfil transversal trapezoidal y en muchos casos son aprovechadas como camino, pudiendo también llevar adosadas acequias. Están conformadas por tierra compactada, que puede estar recubierta por gravas en superficie o reforzada con gaviones, hormigón, escollera, etc.

Espigón o deflector

Defensa de margen consistente en muros de hormigón o gaviones de piedra que se ubican en el cauce de forma perpendicular o casi a las orillas para frenar la corriente del río, evitando que golpee directamente sobre las orillas produciendo una alteración hidrodinámica que puede cambiar el patrón de erosión-sedimentación.

Canalización

Sistema de defensa o encauzamiento en el que se modifica completamente el cauce o los cauces en ríos multicanal, mediante excavación que puede ir acompañada de la construcción de estructuras continuas en las dos orillas (diques, escolleras, gaviones, muros de hormigón, etc.), llegándose incluso en ocasiones a hormigonar toda la sección. El sistema fluvial se convierte en un canal artificial. En muchas ocasiones la canalización supone también la modificación del trazado del río, generalmente reduciendo la longitud del cauce, es decir, estableciendo un canal rectilíneo, a costa de la sinuosidad natural, que a veces comporta la corta de meandros. Esto se conoce con el nombre de **rectificación**.

Las cortas de cauce se pueden producir de forma natural, por estrangulamiento del meandro. Una consecuencia de la dinámica fluvial del río es que puede producirse una migración lateral del canal o los canales en su llanura de inundación, lo que se denomina avulsión. Esto lo podemos observar en numerosas zonas de nuestra cuenca dónde se observan "madres viejas" o "galachos" como los llaman en el valle del Ebro. Son los vestigios de antiguos canales que conformanban humedales aluviales de gran importancia y rareza, y que han sido sistemáticamente barridos del mapa en procesos de transformación agraria. Las cortas llevadas a cabo por el hombre suelen ser insostenibles a medio y largo plazo con implicaciones hidráulicas, ecológicas y económicas muy negativas.

Río Eresma. Coca. Segovia.

Corta natural de un antiguo meandro (en rojo) en el río Eresma, tras la desembocadura del Voltoya.

(Fuente: Iberpix. Instituto Geográfico Nacional, IGN).

Cuando la modificación del cauce es apenas perceptible se suele denominar encauzamiento, que sería una especie de canalización blanda. Si la canalización se produce en una zona húmeda aluvial, es decir, una zona muy llana en la que se genera un humedal producto del desbordamiento de uno o más ríos, entonces hablamos de drenaje. Suele conllevar una profundización mayor del cauce para lograr el "saneamiento" del terreno. Este es el caso de la canalización de los ríos Valdeginate, Retortillo y Salón en la Tierra de Campos palentina, en cuya confluencia se formaba la hoy desaparecida laguna de La Nava de Campos; o el caso de la canalización del río Salado aguas arriba de Villarrín de Campos en Zamora, para drenar parcialmente este saladar que forma parte del complejo lagunar de Villafáfila.

Desvíos de cauce

Actuaciones llevadas a cabo en zonas puntuales o a lo largo de tramos más largos de río que consisten en la desviación o simplificación del trazado del sistema fluvial. Generalmente se realizan, en teoría, para evitar riesgos de inundación, como el desvío del Esgueva en Valladolid. Este río desembocaba de forma divergente en la margen izquierda del Pisuerga, dividiéndose en dos y hasta tres canales distributarios y configurando un delta interior de gran amplitud. El asentamiento de Valladolid en la margen izquierda del Pisuerga, entre los canales del Esgueva, comportaba que las crecidas de éste, cuando sus aguas se encontraban con aguas también altas en el Pisuerga, anegasen buena parte de la ciudad.

Río Esgueva. Valladolid.

Desvío del Esgueva a la altura de Valladolid por el Noreste. Antiguamente el cauce del río Esgueva se dividía en dos cauces distributarios que discurrían atravesando o bordeando el núcleo urbano medieval hasta su desembocadura en el río Pisuerga.

(Fuente: Iberpix. Instituto Geográfico Nacional, IGN).

Río Arlanza. Lerma. Burgos.

Urbanización en la margen derecha del río Arlanza. De entre las posibles ocupaciones de las llanuras de inundación la que se lleva a cabo para construir urbanizaciones es la más peligrosa, ya que supone la exposición al riesgo de inundación de bienes inmuebles de gran valor y, sobre todo, de personas.

Urbanización

La progresiva ocupación de las llanuras de inundación a lo largo de los años por la expansión de las zonas urbanas, supone un cambio que repercute en factores como la escorrentía, la laminación, la infiltración, el aporte de sedimentos, etc.

Pastoreo

La ganadería como presión en los sistemas fluviales se observa principalmente en la pérdida de vegetación en las riberas debido al pisoteo y al ramoneo. Esto produce una ausencia de vegetación que, en momentos de crecida, sirve para obstaculizar el flujo del agua disminuyen-

Río Sequillo. San Pedro de Latarce. Valladolid.

Rebaño de ovejas abrevando en la margen derecha del río.

do la velocidad y favoreciendo la sedimentación de material sólido. Además, la presencia de mucho ganado en las márgenes de los ríos también afecta a las orillas allí donde los animales acceden al río a beber, modificándose la forma de la orilla por el pisoteo que se produce por los rebaños.

Plantación

Los cultivos de árboles, generalmente chopos, para su aprovechamiento industrial se localizan sobre todo en las márgenes de los ríos, eliminando la vegetación propia de ribera natural que pudiese existir en la zona. La preparación del terreno mediante nivelaciones y rellenos ha destruido numerosos anexos fluviales. En algunos casos, las plantaciones se defienden con defensas laterales del río, a veces motas, llegando al culmen del absurdo ya que un cultivo de llanura de inundación se intenta aislar de la inundación, lo que implica perder capacidad de laminación, de infiltración y recarga del acuífero aluvial y de sedimentación de los sólidos en suspensión que contribuyen a la fertilización del terreno.

Río Esla. Palanquinos. León.

La ocupación del río, la modificación de cauce y de la llanura de inundación y la eliminación de la vegetación de ribera natural son actuaciones ligadas a este tipo de cultivos cuando se llevan a cabo sin los debidos controles. (Fuente: Iberpix. Instituto Geográfico Nacional, IGN).

Ejemplo de escombrera a orillas de un río.

La presencia de restos en las márgenes de nuestros cauces es habitual lo que debe hacernos reflexionar acerca de esta práctica.

Vertedero/escombrera

Las márgenes y riberas de los ríos son las zonas donde se vierten y acumulan más basuras y escombros. En alguna ocasión, estos materiales se utilizan como relleno de motas o defensas laterales, por lo que aparecen en superficie cuando el sistema fluvial procede a erosionar las orillas.

Vías de comunicación

Suponen presiones sobre los sistemas fluviales porque muchas veces se construyen en el mismo corredor por el que discurren los ríos, especialmente en zonas de montaña o valles en V donde es más sencillo rellenar el cauce y sobreelevar la calzada que desmantelar la ladera. Las vías de comunicación afectan di-

Río Eria. Villanueva de Azoague. Zamora.

Carretera inundada en la margen derecha del río Eria (Zamora), en un lugar próximo a su desembocadura en el Órbigo. La ocupación de la llanura de inundación ha conducido a su vulnerabilidad a las inundaciones.

Principales presiones hidromorfológicas		
Elementos	Prácticas	Usos
Azud	Derivaciones y trasvases	Urbanización
Presa	Vertidos y retornos	Plantación
Vado	Extracción de áridos	Vertedero / Escombrera
Puente	Dragado	Vías de comunicación
Escollera	Espigón o deflector	Pastoreo
Gavión	Canalización	
Mota	Desvíos de cauce	

rectamente a la geomorfología del río cuanto más cerca del cauce discurran. En las llanuras de inundación los terraplenes pueden suponer un obstáculo a la corriente cuando se producen desbordamientos favoreciendo los represamientos e impidiendo el normal drenaje.

2.3 EL EFECTO DE LAS PRESIONES: IMPACTOS HIDROMORFOLÓGICOS

Muchos de nuestros cursos fluviales se encuentran muy deteriorados por la acción humana. Todos los elementos del sistema fluvial sufren los efectos de las presiones pero los hidromorfológicos además están sometidos a una generalizada ausencia de conocimiento, sensibilidad y valoración por parte de la sociedad y de los propios técnicos y gestores del territorio, lo cual los convierte en más vulnerables. Es un hecho que el agua y los sedimentos, como elementos simples, no gozan de la misma valoración que los seres vivos, por lo que muchas veces no preocupa en absoluto actuar de forma indiscriminada en su perjuicio. Esto constituye un gravísimo error, no ya solo por el valor intrínseco indudable que agua y sedimentos tienen, sino porque agua y sedimentos son las variables clave en el funcionamiento fluvial

Río Torío. Vegacervera. León.

Azud de una minicentral situado en las Hoces de Vegacervera.

y de ellas, de su buen estado, dependen todas las demás, y especialmente los seres vivos. Los caudales sólidos y líquidos son el motor de nuestros ríos, y son los causantes de la morfología del río. Ambos, caudales y morfología son la base física del ecosistema fluvial, lo que los ecólogos llaman el biotopo. Toda la biota o conjunto de seres vivos depende de ellos.

A modo de resumen de las presiones expuestas, puede concluirse que las alteraciones hidromorfológicas de los ríos tienen su origen en un desarrollo socioeconómico asentado en actividades que consumen agua, sedimentos ("áridos") y territorio (espacio fluvial), y en una sociedad que prefiere vivir junto a los ríos en situaciones de riesgo exigiendo seguridad frente a las inundaciones y estabilidad frente a la dinámica fluvial. Una sociedad además inmersa en modas y modelos urbanos que la alejan de los valores de naturalidad. Es muy significativo, por ejemplo, el desprecio social por las gravas a la vista, que se consideran suciedad, y por los cauces secos; o el aprecio por los remansos en detrimento de las aguas blancas o bravas. Esto implica una demanda continua y creciente de actuaciones sobre los cauces, generalmente "duras" por creerlas más eficientes y rápidas, ejecutadas con una despreocupación absoluta hacia las funciones del río y su funcionamiento hidromorfológico y ecológico. El resultado es el deterioro creciente, en muchos tramos irreversible, de estos sistemas naturales.

Los impactos hidromorfológicos de nuestros ríos modifican los caudales hídricos (líquidos/sólidos) y alteran tanto los procesos como las formas, manifestándose en ocasiones diferidos en el tiempo. Las principales alteraciones pueden clasificarse en cinco grandes grupos:

a) **Impactos causados por desnaturalización hidrológica.** Los embalses producen graves alteraciones del régimen y pérdida neta de caudales por incremento de la evaporación desde su vaso. La modificación del régimen altera la distribución de caudales, a veces produciendo una auténtica inversión de los mismos con máximos en verano y mínimos en invierno en los casos de embalses de regadío; y elimina o minimiza las puntas de caudal aguas abajo, reduciendo el número de crecidas ordinarias y atenuando los estiajes. Al modificarse el caudal cambia la potencia y competencia de la corriente y con ello se modifican los procesos de erosión, transporte y sedimentación, adaptándose a la nueva situación la morfología y las dimensiones del cauce. Los casos más extremos corresponden a los cortocircuitos hidroeléctricos en los que quedan prácticamente en seco tramos fluviales que pierden totalmente su dinámica hidromorfológica, convirtiéndose en cauces fosilizados, incapaces de movilizar los sedimentos.

Potencia y competencia

Son dos conceptos asociados. La potencia (Ω) es la cantidad de trabajo que ejerce la corriente fluvial y se obtiene en watios por metro (W/m) multiplicando la masa volumétrica del agua (1.000 kg/m^3) por la constante gravitacional (9,8 m/s^2), por el caudal (m^3/s) y por la pendiente del cauce (m/m), según la fórmula: $\Omega = r\ g\ Q\ S$. La competencia, determinada por la potencia, es la capacidad de la corriente para arrastrar los sedimentos, definiéndose en función del tamaño de dichos sedimentos. En los estudios fluviales suele emplearse un parámetro sencillo que sirve para comparar tramos fluviales y para dar una idea de la competencia y de los procesos geomorfológicos de cada uno de ellos: la **potencia específica**, que divide la potencia bruta entre la anchura del cauce en m: $\Omega e = r\ g\ Q\ S / w$ (resultado en W/m^2).

Río Órbigo. Castañón. León.
Canal de Castañón en la margen izquierda del Órbigo.

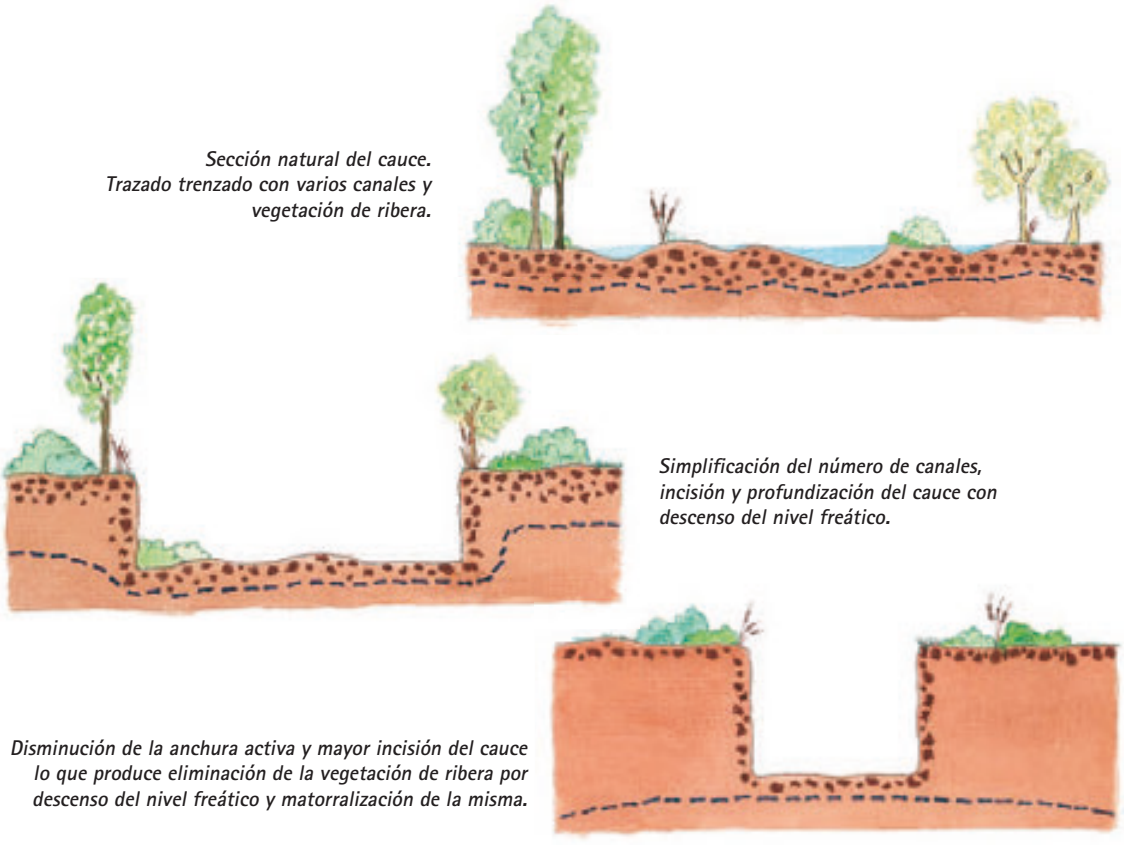
Río Pisuerga.
Venta de Baños. Palencia.
"Cortocircuito" hidroeléctrico en el río Pisuerga, aguas arriba de Venta de Baños. El cauce del meandro ha perdido dinámica geomorfológica por la disminución de caudal circulante lo que favorece una mayor colonización por la vegetación. La flecha va paralela al canal de derivación por dónde se produce el "cortocircuito". (Fuente: Iberpix. Instituto Geográfico Nacional, IGN).

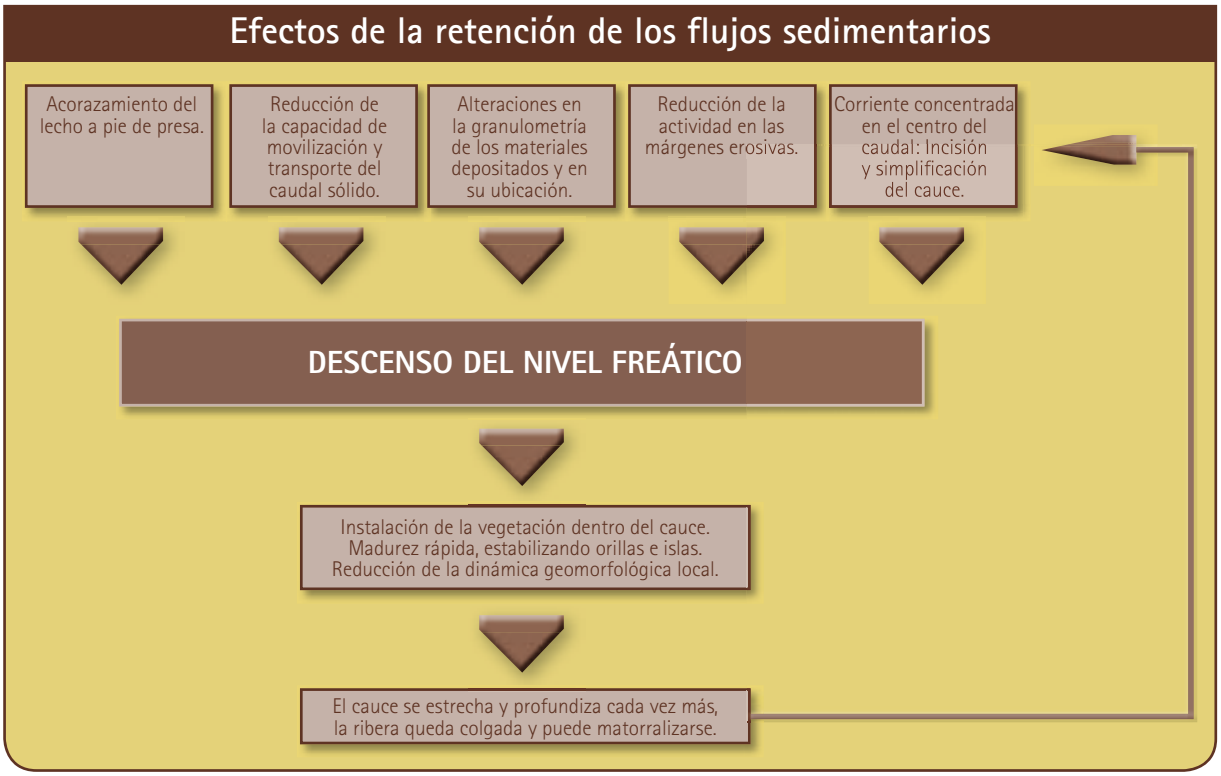
b) Impactos generados por reducción de flujos sedimentarios, retenidos sobre todo por las grandes presas, aunque también por azudes, vados, vías de comunicación, etc. El déficit sedimentario origina fundamentalmente incisión, y también cambios en la forma general del cauce, siendo responsable de tendencias como la desaparición de los cauces trenzados y su sustitución por cauces únicos. En ríos sinuosos y meandriformes el déficit de sedimentos provoca también incisión, pero acompañada de incremento de la sinuosidad, que se explica principalmente por la colonización y maduración vegetal de los lóbulos del meandro. Así, las barras de sedimentos no son ya movilizadas, mientras la vegetación que las coloniza conduce el flujo contra las márgenes cóncavas incrementando su erosión.

Río Duerna. Destriana. León.

Los ríos con gran cantidad de gravas y cantos rodados reciben el nombre de ríos de lecho móvil ya que las riadas los mueven con relativa frecuencia. En la provincia de León hay buenos ejemplos, como el Duerna que aparece en la foto.

Esquema de cambio de sección transversal de un río como consecuencia de la retención de caudal sólido





En la cuenca del Duero, bien porque haya menos embalses o porque no haya dado tiempo a llegar al tercero, prevalece el segundo estadio. El efecto combinado de la regulación y la utilización de caudales en primavera y verano para regar invierten el régimen. Así, cuando en condiciones naturales se produciría un marcado estiaje, el río lleva caudales mucho mayores, ya que se utiliza de canal de transporte del agua

Río Duero. Castronuño. Valladolid.

Antiguo meandro en el río Duero con aguas estancadas como consecuencia del embalse de San José. A pesar de su artificialidad y del hecho de que la dinámica fluvial se ha perdido, este espacio está reconocido dentro de la Red Natura 2000 como Lugar de Interés Comunitario y dentro de la Red de Espacios de Castilla y León como Reserva Natural.

destinada a los regadíos. Ello, en pleno periodo vegetativo, favorece el desarrollo de una vegetación de ribera de porte arbóreo en torno al canal principal. Además, la laminación de avenidas y la disminución de la aparición de caudales formativos, favorece la estabilización de las márgenes y riberas y se desarrolla un bosque galería maduro que incrementa dicha estabilidad en un proceso que se retroalimenta. Se da la paradoja de que, siendo muy artificial, es este el ecosistema fluvial que mayor grado de protección ha merecido dentro de los Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) de la Red Natura 2000 en la cuenca del Duero y posiblemente en el resto de cuencas españolas.

c) Impactos debidos a la reducción funcional de la llanura de inundación, cuya función laminadora y de disipación de energía es alterada por infraestructuras y usos del suelo que modifican su morfología y su funcionalidad. Los diques o motas evitan parcialmente los flujos desbordados, pero aumentan la velocidad de la corriente, acelerando los procesos de erosión lineal y lateral. Incrementan igualmente la peligrosidad aguas abajo y en la margen opuesta o allí donde la crecida rompa la defensa. También favorecen que la crecida se transmita rápidamente a través del freático, inundándose espacios alejados del cauce menor. En la fase de descenso de caudal se acumulan los sedimentos en el propio cauce, ya que la decantación sobre la llanura de inundación ha sido imposibilitada al evitarse el desbordamiento. En consecuencia, hay modificaciones en forma, granulometría y distribución de los depósitos sedimentarios tanto en el lecho como en las márgenes. En los puntos en los que haya cedido la defensa rompiéndose se originarán fuertes socavaciones por entrada brusca de agua en la llanura de inundación, así como pequeños abanicos de sedimentos caóticos.

Río Pisuerga. Tariego de Cerrato. Palencia.

Crecida ordinaria del Pisuerga que ocupa su cauce en su tramo medio. El cauce de los ríos no se corresponde con el canal de aguas bajas que acostumbramos a ver la mayor parte del año, sino que es mucho más amplio. La llanura de inundación comienza a partir del cauce de crecida, que es desde dónde está tomada la imágen.

Este tipo de procesos puede registrarse también aguas abajo allí donde la corriente alcance un sector no defendido.

d) **Impactos por acciones directas (canalizaciones, defensas, dragados, extracciones) sobre la forma del cauce, fondo y márgenes**. Sus efectos son muy intensos localmente, con importantes repercusiones también aguas abajo que se manifiestan en el tiempo con bastante celeridad. Los dragados y extracciones también repercuten aguas arriba por erosión remontante. La pérdida de naturalidad en un cauce es una pérdida de patrimonio natural y de geodiversidad, poniéndose en peligro la dinámica fluvial y el buen estado ecológico. Generalmente se tiende a reducir la complejidad natural del trazado, transformando el cauce en un simple canal de desagüe. Ello implica un incremento de la pendiente y de los procesos de incisión en el fondo del lecho. Los sedimentos se evacuan con facilidad por el centro del canal, pero pueden quedar colgados depósitos laterales. Pueden registrarse cambios importantes en la ubicación de la sucesión de rápidos y remansos (vados y pozas). En general, el constreñimiento de la dinámica lateral provoca incrementos en la longitudinal y vertical, con efectos de incisión. Sin embargo, en tramos fluviales con tendencia a la acreción o colmatación, se ha observado que esta tendencia suele acentuarse al ser constreñidos por las defensas, ya que la corriente tiende a sedimentar y se ve forzada a hacerlo en menor espacio, elevándose el cauce.

La incisión es de dos tipos:

- Remontante o regresiva: producida por la extracción de áridos por dragado o la dis-

Río Eria. Felechares de la Valdería. León.

Rotura de una mota-escollera construida dentro del cauce tras una crecida.

minución de sección de los cauces por encauzamiento, canalización o rectificación. (Ver página 95).

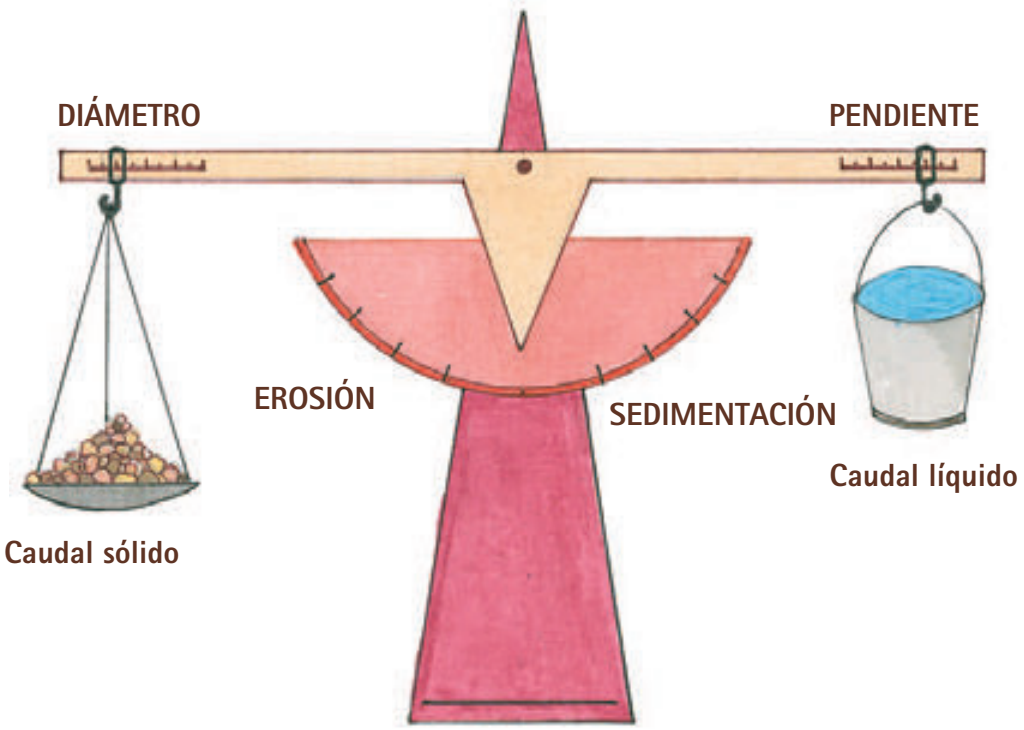
- Progresiva: producida por el represamiento y la retención de caudal sólido que ejercen las presas.

En el primer caso la modificación de los parámetros hidráulicos produce incrementos de velocidad y de la tensión de arrastre que arrasan los lechos, produciendo un incremento del transporte del caudal sólido de fondo y la profundización del lecho.

En el segundo la trampa de caudal sólido que supone un embalse, resulta tan eficaz en lo que a caudal de fondo se refiere que el río se reequilibra aguas abajo variando la pendiente, lo que implica profundizar en su lecho para alcanzar un nuevo equilibrio entre caudal y pendiente por un lado y caudal sólido y tamaño medio de dicho caudal, equilibrio que se conoce como balanza de Lane.

e) Impactos por deterioro de la continuidad, anchura, estructura, naturalidad y conectividad del corredor ribereño. En general, la dinámica hidromorfológica se acrecienta si se deteriora la vegetación ribereña. Las aguas desbordadas penetran con mayor facilidad abriendo canales de crecida y generando depósitos de material grueso y escarpes dentro del corredor. Si no hay vegetación los materiales finos se sedimentan con mayor dificultad, incrementándose la turbidez de la corriente. Se aceleran los procesos de erosión en las orillas. El deterioro vegetal puede favorecer que troncos y ramas se incorporen a la corriente e intervengan en los procesos de sedimentación.

Estas alteraciones pueden ser diagnosticadas y evaluadas y puede llevarse a cabo un seguimiento de sus efectos a través de protocolos de observación hidromorfológica e índices, tal y como veremos a continuación.



Balanza de Lane (1955).

Se trata de una representación gráfica que pretende, de una forma sencilla, acercarse a la dinámica fluvial de un río o un tramo de este. Para ello propone una relación entre las cuatro variables fundamentales de un río que son el caudal sólido, el caudal líquido, la pendiente y el diámetro de los sedimentos. La mayor dominancia de uno o varios de estos factores combinados darán como resultado procesos de erosión o sedimentación en el río o tramo de éste que se esté estudiando.

3

LOS INDICADORES HIDROMORFOLÓGICOS Y LA RESTAURACIÓN FLUVIAL

3.1 Caudal
3.2 Cauce
3.3 Continuidad longitudinal
3.4 Dinámica lateral en orillas
3.5 Dinámica vertical
3.6 Transporte de sedimentos
3.7 Disposición de los sedimentos
3.8 Vegetación de ribera

Como ya se ha dicho, la restauración fluvial debe encaminarse hacia la naturalización de los sistemas fluviales. A la hora de evaluar y analizar los diferentes cursos fluviales, existen numerosos indicadores, algunos de carácter biológico, otros relacionados con las condiciones físico-químicas del agua y un tercer grupo que son los llamados hidromorfológicos.

En la Directiva Marco del Agua (DMA) se establecen unas variables y parámetros para el seguimiento y control de las masas de agua, dentro de lo que se conoce como **monitorización**. No obstante no hay propuestas metodológicas establecidas a la hora de realizar dicho control y seguimiento, y el empleo de indicadores biológicos a menudo se hace mal.

Sin embargo, existen muchos otros indicadores hidromorfológicos de gran utilidad que pueden ayudar a entender mejor nuestros ríos.

Para realizar un análisis centrado en los parámetros de tipo hidromorfológico, se han considerado varios indicadores importantes para poder estudiar y evaluar los diferentes cursos fluviales. La mayor naturalidad en estos indicadores redunda en un comportamiento con menos alteraciones, implicando un mejor estado hidromorfológico de los tramos analizados y una mejor funcionalidad fluvial.

3.1 CAUDAL

¿Qué es?

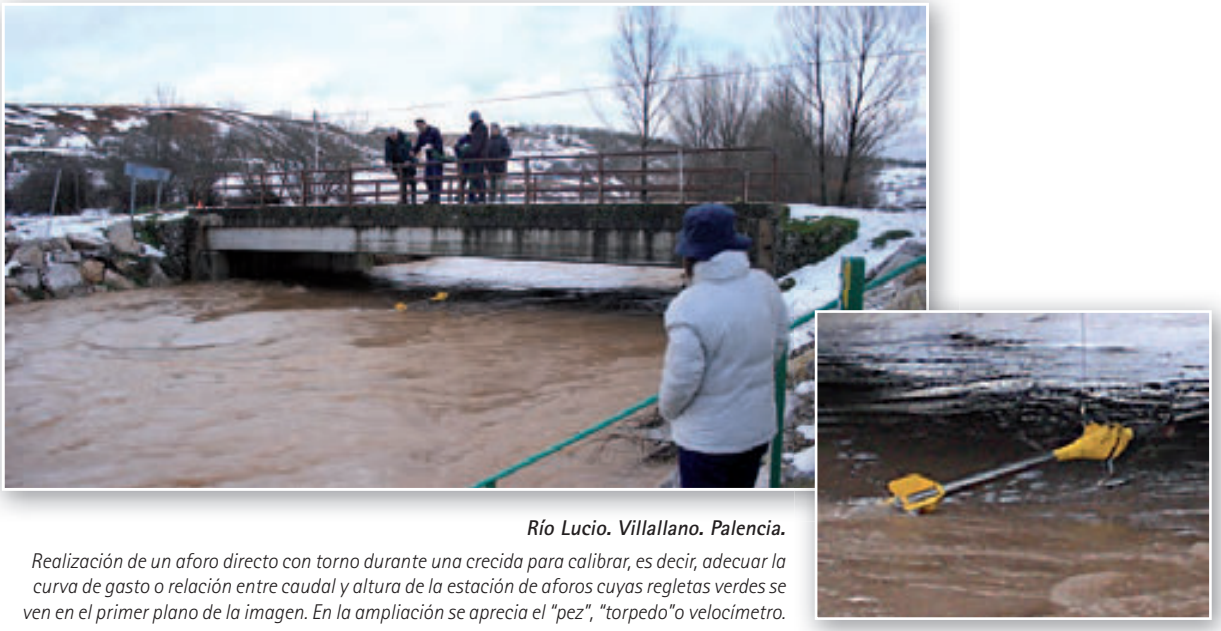
Esta es la primera pregunta que conviene responder correctamente. Cuando se habla de caudal se pueden diferenciar tres tipos:

- **Caudal hídrico**
  Es la cantidad o volumen de agua que pasa en un tiempo dado por una sección concreta de un cauce. Se mide en m^3/unidad de tiempo, lo cual resulta de multiplicar la velocidad de la corriente (m/unidad de tiempo) por la sección que ocupa esa corriente (en m^2). Las unidades de tiempo más empleadas son: el segundo (caudales instantáneos), la hora, el día (24 horas), el mes y el año, en este último caso hablamos de aportación y se mide en millones de metros cúbicos o hm^3. Además de los caudales medios, los caudales extremos son muy importantes, tanto en periodos de crecida como de sequía, pues constituyen el motor de los procesos de cambio del cauce y son limitantes para el desarrollo de determinadas especies.

- **Caudal sólido**
  Un curso fluvial es un medio con un flujo trifásico de agua, sedimentos y seres vivos o partes de éstos. Esto es algo que se suele

Indicadores hidromorfológicos

Régimen hidrológico	Continuidad del río	Condiciones morfológicas
- caudales e hidrodinámica del flujo de las aguas - conexión con masas de agua subterránea	- longitudinal - transversal - vertical	- variación de la profundidad y anchura del río - estructura y sustrato del lecho del río - estructura de la zona ribereña



Río Lucio. Villallano. Palencia.

Realización de un aforo directo con torno durante una crecida para calibrar, es decir, adecuar la curva de gasto o relación entre caudal y altura de la estación de aforos cuyas regletas verdes se ven en el primer plano de la imagen. En la ampliación se aprecia el "pez", "torpedo"o velocímetro.

obviar, prestando atención exclusivamente a los caudales líquidos ya que la mayoría de estudios que se realizan forman parte de un enfoque utilitarista del agua. El flujo de sedimentos o conjunto de materiales sólidos transportados (que incluye partes de seres vivos, como ramas, troncos, hojas, semillas, esporas...) constituye el caudal sólido, que puede medirse con diferentes técnicas y puede expresarse del mismo modo que el caudal líquido, en m^3/s o en unidades de masa/s. El caudal sólido juega un papel fundamental en los procesos fluviales de transporte y sedimentación. Si no fuera porque los ríos transportan ingentes cantidades de caudal sólido que depositan en las zonas aluviales, éstas no tendrían unas características tan propicias para la agricultura y la ganadería.

Río Esla. Bretó. Zamora.

Crecida a la altura del puente que une Bretó y Bretocino, tras la desembocadura del Tera. El transporte de caudal sólido en suspensión es enorme en este tipo de fenómenos lo que explica el color del agua. Ello es debido a que la aportación se hace de aguas de escorrentía superficial que arrastran partículas sólidas del suelo. Cuando las aguas se calman, la escorrentía dominante es la subsuperficial, la que aportan el terreno y los acuíferos, de ahí que las aguas se clarifiquen.

- **Caudal geomórfico, dominante o formativo**
  Se compone de una parte líquida (caudal hídrico) y otra sólida (caudal sólido). Es el caudal responsable de la forma y las dimensiones del cauce, necesario para que se produzcan cambios en los cursos fluviales, es decir, para que sea un sistema funcional. Suele corresponderse con el caudal que se produce en momentos de crecida, el que circula a máxima velocidad ocupando todo el cauce (caudal a cauce lleno o *bankfull*), a partir del cual se produce el desbordamiento por la llanura de inundación.

¿Para qué es importante el caudal?

En los fenómenos extremos, en las crecidas, es cuando se generan los cambios más importantes en los ríos, por norma general, ya que son muy activos los procesos de erosión, transporte y sedimentación. Es en crecida cuando el río ejerce con más eficacia todas sus funciones geomorfológicas, por eso es tan importante contar con un buen funcionamiento hidrológico natural y por eso es importante que en ríos muy regulados se realicen sueltas de caudal que reproduzcan, al menos, la crecida ordinaria del río en las épocas y con la frecuencia que corresponde al tramo en cuestión.

Existen numerosas tipologías de cursos fluviales (torrentes, ríos, ramblas...) y presentan funcionamientos hidrológicos diferentes, pero en todos ellos son relevantes las crecidas y necesitan un comportamiento hidrológico natural.

- **Río**
  Sistema fluvial que cuenta casi siempre con circulación hídrica superficial, salvo en estiajes extremos durante los cuales el agua circula por la zona hiporreica. Es continuo longitudinalmente, aunque puede dividirse en tramos o sectores funcionales internamente homogéneos pero diferentes entre sí en sus caracteres hidromorfológicos. Es complejo transversalmente, pudiendo estar conformado, si el valle lo permite, por un cauce menor, unas riberas y un espacio inundable o llanura de inundación, en la cual se pueden encontrar otras formas fluviales tales como canales abandonados o lagunas aluviales.

Río Omañas. Riello. León.

- **Rambla o riera**
  Tipo de curso fluvial de caudal efímero, es decir, seco durante la mayor parte del año, propio de medios áridos o semiáridos que no contienen acuíferos de suficiente entidad para compensar con su descarga los estiajes o los periodos sin precipitación. Su lecho suele ser ancho y conformado por aluviones mal clasificados, resultado de un transporte espasmódico que se activa en los escasos episodios torrenciales. En vez de encajarse en "V" como los barrancos, las ramblas suelen presentar orillas escarpadas, próximas a la verticalidad, fácilmente erosionables por la acción fluvial. Las ramblas suelen presentar complejas redes de drenaje, rápidas concentraciones de caudal y potentes descargas rápidas y puntuales de agua y sedimentos.

Arroyo del Milano. Maello. Ávila.

Se trata de un afluente del río Voltoya por la derecha, de carácter efímero, cuya morfología de lecho plano y ancho recuerda mucho la de las ramblas y rieras mediterráneas.

- **Torrente**

  Curso fluvial de fuerte pendiente (por encima del 6%) que discurre por terreno montañoso o abrupto, alimentado principalmente por lluvias intensas o fusión nival, pudiendo permanecer seco temporalmente, a veces durante largos períodos de tiempo. Como sistema fluvial de fuerte energía cuenta con competencia para transportar abundante carga sólida, y su lecho suele ser rocoso o conformado por sedimentos aluviales (del propio cauce) y coluviales (procedentes directamente de las vertientes) de notable tamaño. La fuerte pendiente implica también que el proceso geomorfológico dominante sea la incisión o profundización del lecho, que puede originar a su vez procesos de desestabilización en las laderas inestables que conectan con el cauce.

Arroyo de los Portillos. Villaviciosa. Ávila.

Torrentera localizada sobre material granítico.

Arroyo de la Barranca. Villaflor. Ávila.

Torrentera encajada en materiales del relleno terciario de la cuenca, que actualmente está sufriendo un proceso de incisión debida en parte a la deforestación llevada a cabo para desarrollar cultivos.

La ausencia de caudal en determinadas épocas del año no es un hecho que reste calidad a los ríos, sino muy al contrario. Los ecosistemas interesantes no son los estables sino aquéllos en los que se producen cambios, que son el motor de la biodiversidad. No es infrecuente escuchar a nivel coloquial hablar de caudales ecológicos y cuando no se tiene una idea clara de cómo es y cómo funciona un ecosistema fluvial, se pueden hacer apreciaciones erróneas como: este río se secaba en verano y ahora, gracias a una presa de regulación, tiene "caudal ecológico" todo el año.

Desde un punto de vista científico y siendo rigurosos con su verdadero significado, el caudal ecológico es el que le corresponde al río en función de su régimen, y nunca un módulo estable que es más propio de un canal creado por el hombre.

Cuando ríos efímeros como las ramblas se secan, no es un síntoma de modificación del caudal y pérdida de naturalidad, ya que esa tipología de cauces suele carecer de caudales líquidos circulantes la mayor parte del año. Esto puede suceder también en determinados cauces estacionales, donde sí que es habitual que circulen caudales líquidos, pero tampoco es infrecuente que puedan quedar secos en momentos puntuales, por ejemplo durante el verano en períodos de sequía estival prolongada.

¿Cuáles son los principales problemas?

El caudal de un curso fluvial puede ser insuficiente para generar procesos gemorfológicos. Es decir, que un caudal regulado o modificado (con detracciones para otros usos, como cultivos o actividades industriales) no tendrá la capacidad de modelar, de ir diseñando el cauce del río, barranco o rambla. La presencia en la cuenca o en tramos aguas arriba de infraestructuras de retención, derivación y extracción

(embalses o presas, azudes, balsas, canales de derivación, sondeos, ...) puede alterar notablemente la hidrología y en especial el caudal geomórfico. Cada tipo de infraestructura generará un grado de afección diferente. Así, una gran presa se puede considerar una afección máxima, dado que en momentos de crecida la retención de caudales, tanto sólidos como líquidos, puede ser total. Sin embargo, azudes de menor tamaño pueden en las crecidas ser superados por la corriente, siendo su afección menor, aunque sí existente con mayor intensidad en momentos de aguas bajas o medias.

¿Cómo medir el caudal?

La medición de caudales es una actividad de gran interés para el conocimiento de nuestros ríos. Se lleva a cabo mediante mediciones directas o indirectas en puntos de control establecidos o estaciones de aforo. Éstas deben ser diseñadas de tal forma que no comprometan la libre circulación de caudales líquidos, sólidos y seres vivos. Las estaciones del tipo V-flat* presentan problemas para la dinámica fluvial ya que alteran la continuidad longitudinal y producen sobreelevación de la lámina aguas arriba, requieren un constante mantenimiento y no miden caudales altos ya que se ven desbordadas con crecidas próximas a la ordinaria.

En el marco de los trabajos de restauración fluvial, la medición directa del caudal en el campo es poco útil para caracterizar al río, ya que el caudal varía con mucha rapidez en función de si ha llovido hace poco (horas o días) o si se produce un desembalse, o si se está tomando agua para los cultivos, etc. Además, el acceso y condiciones del río, especialmente

Estación V-flat en el río Arlanza Burgos.

Estación V-flat en el río Duerna. León.

Dispositivos de control de medición del caudal tipo V-flat.

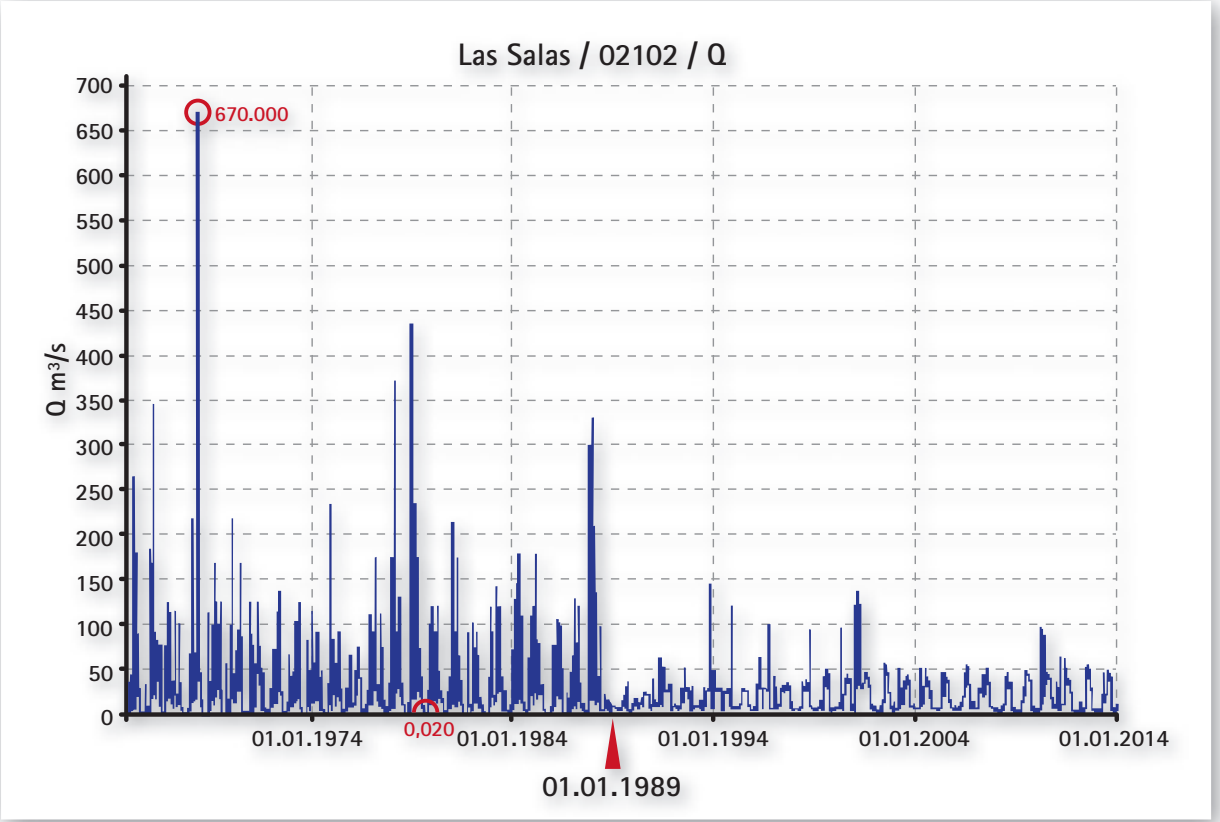
* *Truncamiento del cauce mediante pequeños azudes de entre 0,5 y 1 metro de altura con forma de "v" abierta hacia arriba situada en el lecho fluvial para la medición del caudal en un punto determinado del mismo.*

la profundidad, pueden hacer difícil la medición. Es preferible utilizar los datos de los aforos próximos (si se trata de un curso de la red principal), a veces disponibles en internet, para conocer el caudal que hay en el momento del trabajo de campo. Si no es así, hay que acudir a métodos indirectos, como son las modelizaciones, campo este muy controvertido debido a la cantidad de modelos y fórmulas que hay. Una forma habitual y aproximativa de determinar caudales en un punto de la red es mediante fórmulas empíricas como la de Mannig, que nos permite conocer la velocidad de una corriente en función de la rugosidad de la sección mojada, la pendiente y el radio hidráulico. Una vez determinada la velocidad y conocida la sección es posible determinar el caudal.

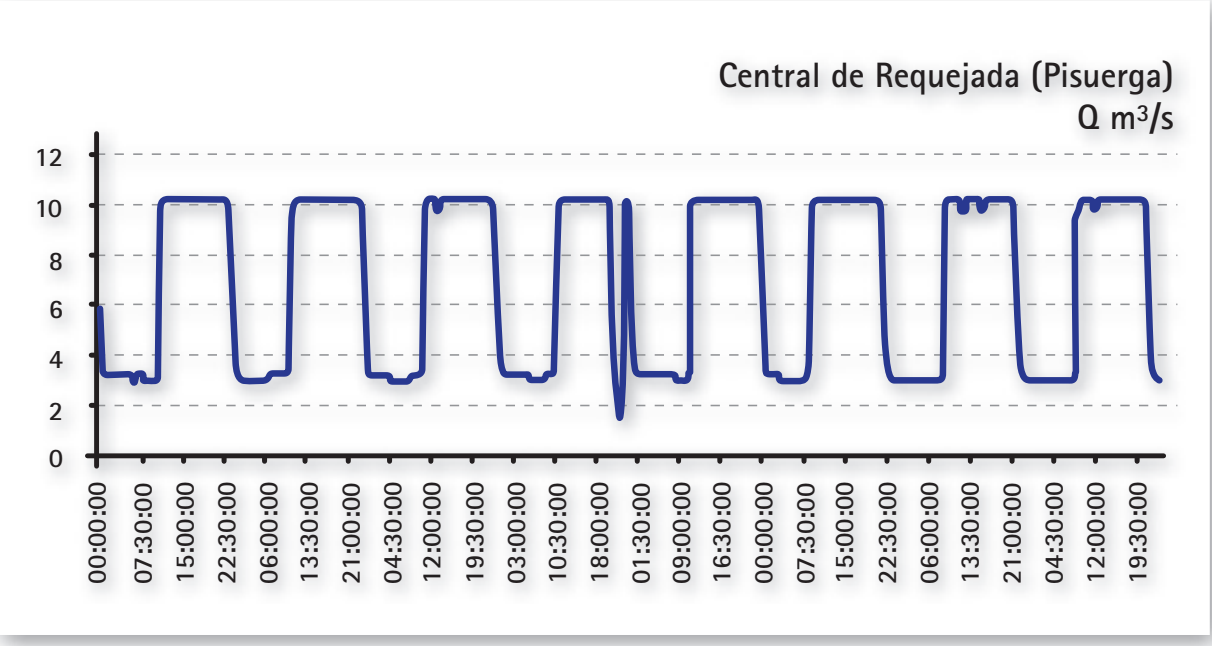
Lo más interesante es conocer el régimen, es decir, cómo cambian los caudales a lo largo del tiempo. Las series de datos, especialmente cuando abarcan intervalos de tiempo superiores a los 20 años, se emplearán para identificar el comportamiento general del río y su régimen estacional y poder comprobar anomalías que pueden señalar que existe algún tipo de regulación o modificación artificial de los caudales. Los cambios más habituales son aquéllos debidos a las detracciones, aportaciones y retornos, con o sin regulación, que se llevan a cabo de forma aleatoria o con regularidad diaria, semanal o estacional.

Interpretación de resultados

Para conocer las posibles modificaciones en el caudal hay que tener en cuenta la presencia de zonas de almacenamiento de agua (embalses, balsas, azudes) a lo largo de la cuenca, lo



Modificación del régimen de caudales en el río Esla a la altura de Las Salas (León), aguas abajo de la presa de Riaño. La flecha roja marca el momento de la entrada en operación de la presa en el año 1989. La disminución de los caudales punta como consecuencia de la laminación es evidente, y por lo tanto de la capacidad geomórfica. Por otra parte, si analizásemos el hidrograma a lo largo de un año hidrológico medio observaríamos cómo en invierno disminuyen mucho los caudales medios, a veces por debajo del caudal de estiaje, dado que se produce retención de caudales en el embalse. En verano, el río sirve de canal de transporte de agua hasta las tomas de los canales, con lo cual los estiajes desaparecen y nos encontramos con caudales anormalmente altos. Todos estos cambios se traducen en un cambio radical de las condiciones ecológicas del río.



Ejemplo de hidropeaking (hidropuntas o variaciones bruscas de caudal) aguas abajo de los embalses de regulación. Registro semanal de una estación de aforos aguas abajo de un aprovechamiento hidroeléctrico consistente en un salto a pie de la presa de La Requejada, en el río Pisuerga a la altura de Cervera de Pisuerga (Palencia). Se produce como una alternancia de períodos de turbinación (crestas) y de no turbinación (valles) que se dan a lo largo del día para producir energía en las horas de mayor demanda. Esta es otra modificación del régimen de caudales que produce cambios muy fuertes en las condiciones ecológicas del río y cuya rapidez implica que la tasa de cambio pueda ser muy alta.*

cual supone alteraciones en el caudal natural y puede conllevar que los procesos geomórficos no se desarrollen correctamente.

Del mismo modo, además de la presencia de embalses, hay que intentar conocer las posibles derivaciones, retornos y usos que se dan aguas arriba que, en un momento dado, pueden originar alteraciones en el régimen o el volumen de caudales naturales.

Cuando un río tiene un caudal geomórfico natural hay elementos que se pueden observar que indican ese buen funcionamiento y una situación correcta. Algunos de esos elementos son:

- **Presencia de depósitos (barras) que no tengan mucha colonización vegetal.** Si el río es dinámico, en los momentos de crecida las especies vegetales que crecen de forma rápida en las barras son eliminadas por el río. Si las barras tienen árboles de gran tamaño y abundante vegetación (herbácea y/o arbustiva), es síntoma de que el flujo de agua no circula con la naturalidad necesaria. Paradójicamente, en algunos sistemas de valoración de la calidad de ríos basados en la vegetación de ribera, se puntúa más cuanto más desarrollada y madura sea la vegetación de ribera, lo cual se da en ríos con una drástica modificación de caudales que, desde un punto de vista ecológico, son mucho más pobres.

- **La movilización de los depósitos (barras).** Se puede observar, en salidas sucesivas al campo, cómo estos depósitos se "mueven", se van desplazando aguas abajo; se hacen más "grandes" (acreción) por el aporte de sedimentos; o se hacen más "pequeños" (erosión) porque el río transporta los materiales aguas abajo.

* *Tasa de cambio, definida como la máxima diferencia de caudal entre dos valores sucesivos de una serie hidrológica por unidad de tiempo, tanto para las condiciones de ascenso como de descenso de caudal. Instrucción de planificación hidrológica, apartado 3.4.1.4.1.3 (ORDEN ARM/2656/2008, de 10 de septiembre - BOE de 22 de septiembre de 2008)*

Barra

Depósito sedimentario fluvial que puede aparecer total o parcialmente sumergido dentro del cauce o dando forma a la orilla. Hay diferentes tipologías: barras laterales (estrechas, adosadas a las márgenes), barras de meandro (con planta de media luna, formando la orilla convexa o interna), barras longitudinales (en el centro del cauce, formando una isla que aguas abajo termina en forma de punta de flecha), barras transversales (en realidad diagonales a la corriente, romboidales, propias de cauces trenzados), etc. En condiciones normales, los sedimentos de la barra se ordenan de más grandes a más pequeños hacia aguas abajo, al igual que ocurre en los deltas, fenómeno que se denomina progradación. En las barras, los cantos y gravas se imbrican, es decir, se superponen ordenadamente como las tejas de un tejado, y se orientan con el eje principal paralelo a la dirección de la corriente. Los ríos arenosos, cuyas características hidráulicas presentan ciertas particularidades, presentan barras que son predominantemente arenosas.

Río Tormes. Ávila.

Barra semilunar en la cara interna de una curva parcialmente colonizada por la vegetación de ribera en el tramo alto del río.

Río Corneja. Villar de Corneja. Ávila.

La barra semilunar de la derecha (el río corre hacia el fondo de la foto) es más estable y está tapizada de pasto, mientras que la central de la izquierda es mucho más móvil y aparece desnuda de vegetación.

Río Eria. Pobladura de Yuso. León.

Barras laterales y central de acarreos de gran tamaño.

3.2 CAUCE

¿Qué es?

De nuevo conviene ponerse de acuerdo desde el principio. **El cauce, desde un punto de vista físico, es el aspecto en planta, sección y perfil que tiene una corriente de agua. Suelen ser curvos, siendo los cauces rectos una rareza generalmente debida a la tectónica.** Otra cosa es la definición de cauce desde un punto de vista legal o reglamentario, como podemos ver en el cuadro.

Cauce

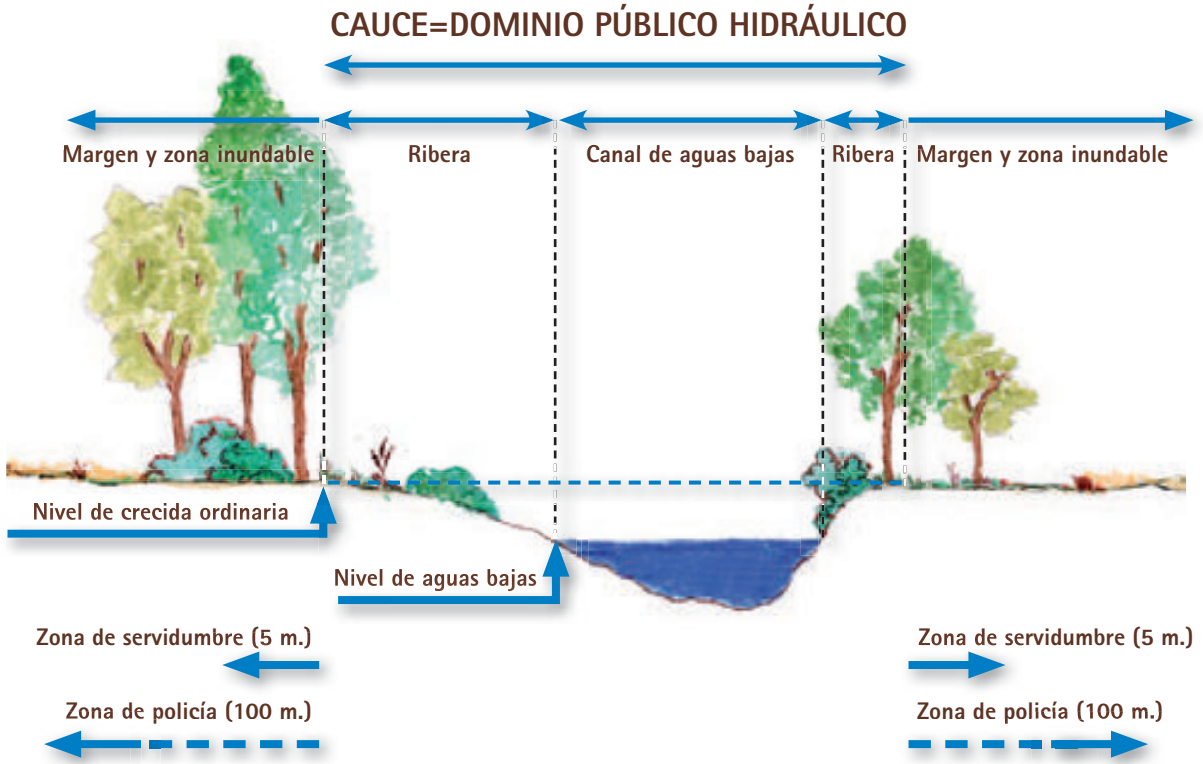
Desde un punto de vista normativo

Artículo 4 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico

1. Álveo o cauce natural de una corriente continua o discontinua es el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias. La determinación de este terreno se realizará atendiendo a sus características geomorfológicas, ecológicas y teniendo en cuenta las informaciones hidrológicas, hidráulicas, fotográficas y cartográficas que existan así como las referencias históricas disponibles.
2. Se considerará como caudal de la máxima crecida ordinaria la media de los máximos caudales anuales, en su régimen natural producidos durante diez años consecutivos, que sean representativos del comportamiento hidráulico de la corriente y que tengan en cuenta lo establecido en el apartado 1.

Desde un punto de vista físico

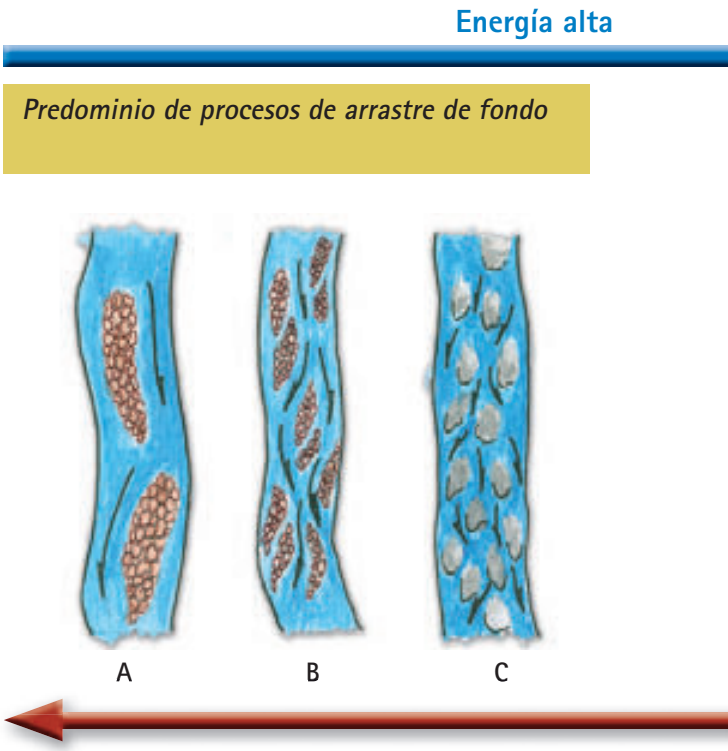
Forma de relieve construida y dimensionada por el sistema fluvial para el transporte eficiente del caudal hídrico y sólido. Puede ser simple o múltiple (trenzado, anastomosado), rectilíneo o sinuoso, con mayor o menor tendencia meandriforme. Presenta cierto encajamiento que permite su delimitación y por él circula el caudal la mayor parte de los días del año. Sus caracteres (sección, profundidad, número de brazos, morfología del lecho y orillas, textura, etc.) son el resultado de la interacción entre las condiciones geomorfológicas del terreno concreto por el que circula (litología, pendiente, etc.) y las características del flujo (caudales, régimen, procesos extremos, caudal sólido, etc.).



Forma del cauce

Cada curso fluvial tiene una forma diferente. Hay ríos encajados en cañones, en estrechos valles (normalmente en áreas de montaña y cabeceras), ríos de curso meandriforme (con numerosas "curvas" o meandros), ríos trenzados o "braided", que tienen varios cauces y muchos sedimentos y barras... De cara a la evaluación es importante comprobar si la forma actual es fruto de la acción natural del sistema fluvial y no se ve modificada por la acción humana. Las presiones sobre el sistema fluvial afectan al cauce de forma directa o indirecta y pueden suponer el cambio de su morfología.

De entre las muchas clasificaciones de la forma de los cauces, nos quedamos aquí con la de R. Charlton, 2008, que nos parece muy sintética y de aplicación universal:



A. Lecho trenzado de cantos rodados
B. Lecho trenzado de gravas
C. Lecho trenzado de arenas

Clasificación morfológica de cauces aluviales

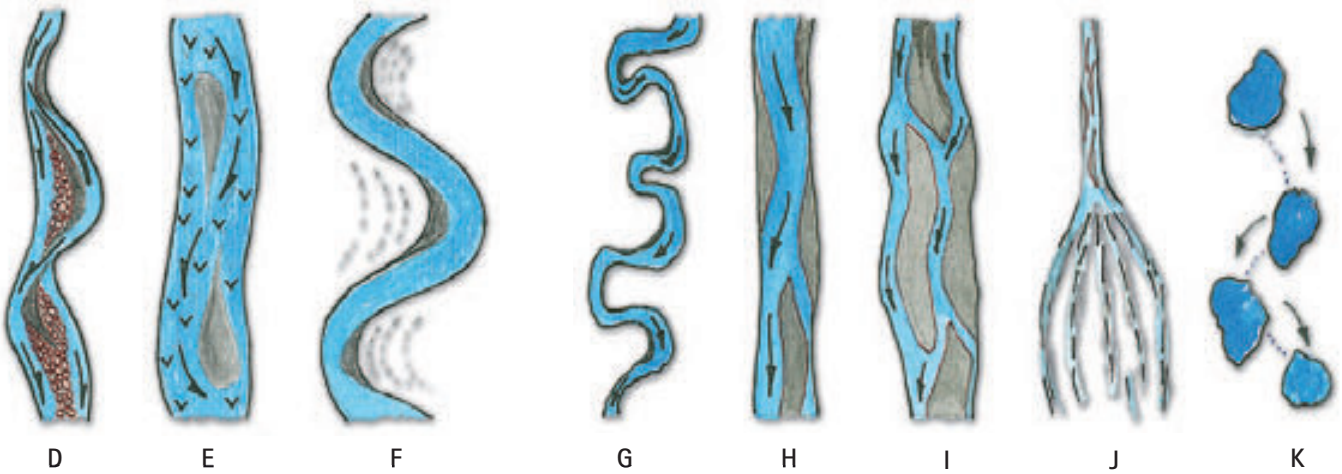
Fuente: Fundamentals of fluvial geomorphology. R. Charlton, 2008

Energía media

Equilibrio entre arrastres de fondo y transporte en suspensión

Energía baja

Predominio del proceso de transporte en suspensión



D E F G H I J K

POTENCIA ESPECÍFICA CRECIENTE
CALIBRE DE SEDIMENTO CRECIENTE
PENDIENTE CRECIENTE
ESTABILIDAD DE CANAL DECRECIENTE

D. Lecho divagante de gravas
E. Lecho divagante de arenas
F. Lecho meandriforme de arenas
G. Meandriforme de textura fina
H. Baja sinuosidad de textura fina
I. Anastomosado de textura fina
J. Cauces distributivos
K. Sucesión de estanques comunicados por canales independientes

Río Corneja. Ávila.

Cauce tipo divagante E, según Clasificación morfológica de cauces aluviales. (Fuente: Iberpix. Instituto Geográfico Nacional, IGN).

Río Tuerto. Campo Azálvaro. Ávila.

Tramo meandriforme (Cauce tipo G según Clasificación morfológica de cauces aluviales) del río Tuerto, afluente del Voltoya por la izquierda. Tuerto es un hidrónimo común que en este contexto significa tortuoso. (Fuente: Iberpix. Instituto Geográfico Nacional, IGN).

¿Para qué es importante?

Es importante conocer el tipo de curso fluvial porque cada uno tiene unas características y un comportamiento diferente. Por ejemplo, los ríos encajados suelen tener una pendiente más elevada, un mayor número de pozas y rápidos, riberas muy escasas (o inexistentes), y sedimentos de mayor tamaño, como bloques y grandes rocas. Los ríos trenzados, sin embargo, suelen tener menos pendiente, una ribera menos desarrollada pero adaptada a los cauces de gravas, un fondo del cauce con sedimentos de menor tamaño (gravas, cantos, arenas...). La forma del curso fluvial será diferente, pero lo que hay que analizar y valorar es si esa forma es natural o no.

¿Cuáles son los principales problemas?

Uno de los aspectos más importantes en este apartado es la definición y análisis de la anchura *bankfull* o de cauce lleno. Este concepto en el trabajo de campo suele plantear dificultades a la hora de definirlo. Un pequeño escarpe con cambio brusco de pendiente en cada orilla puede determinar ese nivel, o bien la presencia de vegetación permanente por encima del mismo. En ríos encajados o en valles sin espacio inundable, la aparición de acumulaciones de madera arrastrada en las crecidas puede dar una idea de la localización de dicho nivel.

Río Duero. Fresno de la Ribera. Zamora.

La flecha indica el nivel de bankfull en la margen izquierda que aparece aquí como un talud muy marcado.

Río Almar. Ávila.

Nivel de bankfull en la margen derecha del río Almar. La acumulación de restos indica que el nivel ha sido casi superado recientemente por una crecida.

Río Castrón. Ferreras de Arriba. Zamora.

Representación del nivel de cauce normal o de aguas bajas y nivel de bankfull.

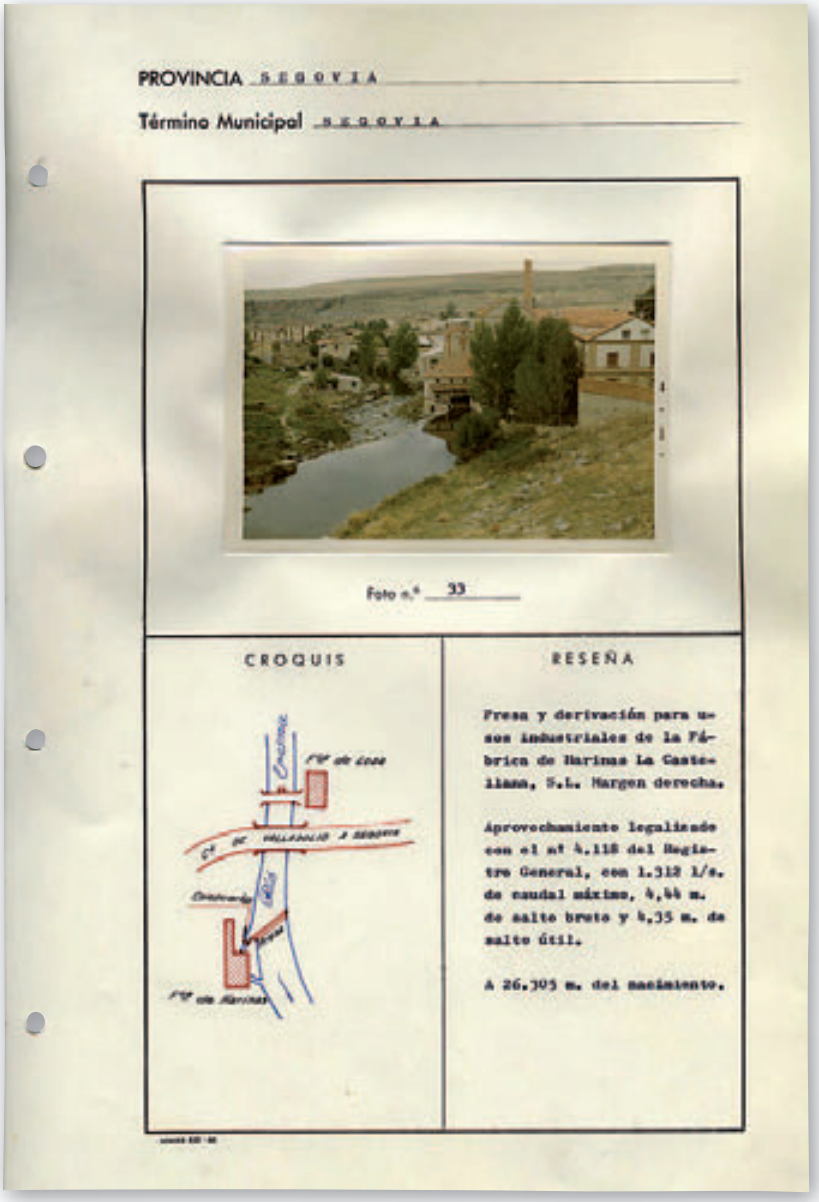
Bankfull

Literalmente significa "orillas llenas". Es un término muy usado por los hidrólogos y geomorfólos de EE.UU. El nivel de bankfull de un río marca un cambio brusco en la pendiente de la ribera, siendo el punto de desbordamiento que define la anchura total del cauce o cauces menores y otros parámetros hidráulicos e hidrológicos. El nivel de bankfull suele distinguirse en el campo, tanto en la topografía de las orillas como observando la vegetación. El caudal bankfull en cada punto fluvial es el caudal umbral de desbordamiento (por lo que puede ser utilizado para diferenciar aguas altas de crecidas). Es el caudal generador, el de mayor eficiencia geomorfológica, ya que en bankfull, sin disipación por desbordamiento, se registra la máxima velocidad y energía de la corriente. El periodo de retorno medio del caudal bankfull se sitúa alrededor de los 2,3 años, aunque en nuestro país, muy mediterráneo y con diferencias inter e intraanuales muy acusadas, puede resultar muy variable, con periodos de retorno de entre el año y medio y los siete años según las zonas.

¿Cómo medir la forma del cauce?

Es interesante analizar la forma del cauce y ver si se ha modificado de forma natural o no. Para ello, se puede acudir al campo y observar la zona, buscando afecciones (obras, movimiento de material en el lecho o en las orillas, actuaciones llevadas a cabo en las márgenes...). A veces la zona se ha naturalizado y resulta muy difícil apreciar los cambios y el observador no avezado dará por natural un cauce muy modificado simplemente por el hecho de que tenga una vegetación de ribera muy desarrollada. Puede darse el caso que esté observando un cauce único estabilizado por canalización y regulación de un embalse, con un bosque de galería muy desarrollado, cuya condición de referencia se corresponde con una morfología trenzada y que contaba con una vegetación de ribera a la que no daba tiempo a alcanzar estadios maduros ya que el régimen de avenidas y el movimiento de acarreos eran muy activos.

Se pueden realizar mediciones periódicas de la sección transversal del curso fluvial y se pueden comparar los perfiles obtenidos para ver si se ha modificado el río. Para hacer estos análisis,


PROVINCIA SEGOVIA

Término Municipal SEGOVIA

Foto n.º 33

CROQUIS

RESEÑA

Presa y derivación para usos industriales de la Fábrica de Harinas La Castellana, S.L. Margen derecha.

Aprovechamiento legalizado con el nº 4.118 del Registro General, con 1.312 l/s. de caudal máximo, 4,44 m. de salto bruto y 4,35 m. de salto útil.

A 26.305 m. del nacimiento.

Modulación del río Eresma, 1967. Fuente: Archivo General de la Confederación Hidrográfica del Duero.

Las modulaciones realizadas por la CHD en los años 60-70 supusieron el estudio de campo en profundidad de numerosos cursos fluviales. Incluye planos, fichas descriptivas e imagenes identificativas de la localización de las presiones detectadas.

lo correcto es buscar un punto fijo en ambas márgenes y, con ayuda de un nivel topográfico, realizar una sección transversal, tomando medidas de forma regular o en las zonas de cambios de pendiente. Esta zona seleccionada debe ser identificable en las posteriores salidas para realizar las mediciones en el mismo lugar, intentando repetir las mismas zonas de control. Un aforo directo, si es posible, resulta muy recomendable.

Otra fuente de datos muy importante son los archivos, especialmente los de las Confederaciones Hidrográficas, ya que en ellos podemos encontrar proyectos y expedientes de obras y aprovechamientos llevados a cabo en el cauce. En algunos casos, puede que la documentación disponga de levantamientos topográficos que nos pueden resultar muy útiles para comparar cotas. Tal es el caso de las modulaciones.

También se puede hacer otro análisis, a otra escala, para ver si ha habido cambios en la forma del cauce. Para ello hay que comparar fotografías aéreas de varios años. En la actualidad, las Confederaciones Hidrográficas tienen imágenes actuales de su territorio y, en algunos casos, también hay fotogramas más antiguos con los que poder comparar los cursos fluviales. Se pueden observar, por ejemplo, cambios a gran escala, como rectificaciones del cauce, canalizaciones, cortas de meandros... pero a escala local es difícil analizar los cambios en la forma del cauce.

Interpretación de resultados

Los cursos fluviales naturales son dinámicos, evolucionan con el paso del tiempo, más rápido o más despacio según el tipo de río. Con el análisis hay que tratar de descubrir si los cambios en la forma del río son debidos a factores naturales o, por el contrario, se deben a la acción del ser humano.

La forma del río está muy asociada al caudal circulante, por lo que la presencia aguas arriba

Río Negro. Otero de Centenos. Zamora.

Proceso de medición de una sección transversal.

Río Bernesga. León.

Cambios en la morfología del río Bernesga aguas abajo de León, tras la confluencia del Torío. En amarillo, el espacio original que ocupaba el río en 1956-57 (vuelo americano) en el que se aprecia su morfología original trenzada, en rosa en el año 1972 (vuelo del Instituto de reforma y desarrollo agrario. IRYDA), en azul claro la canalización actual. La cuarta imagen es una composición de las tres situaciones sobre una ortofoto actual (2009) en la que se observa la enorme pérdida de espacio de libertad fluvial.

de la zona de estudio de embalses y represas puede suponer una pérdida de caudal, originando que ríos trenzados y dinámicos acaben siendo ríos más estables y con un único cauce. En estos casos se puede hablar de un cambio de forma originado por factores no naturales o antrópicos.

Las canalizaciones, otro tipo de actuación no natural, suponen el mayor grado de alteración sobre la forma de los ríos, ya que se pierde toda su estructura geomorfológica y se pasa a una nueva forma totalmente alterada. La modificación más drástica es la que afecta a la planta, el perfil y la sección del río.

Canalización de un tramo de río.

Paradójicamente la canalización y la construcción en lo que fuera el lecho, ahora solera de hormigón, imita un cauce natural de aguas bajas "sinuoso" y con "islas".

3.3 CONTINUIDAD LONGITUDINAL

¿Qué es?

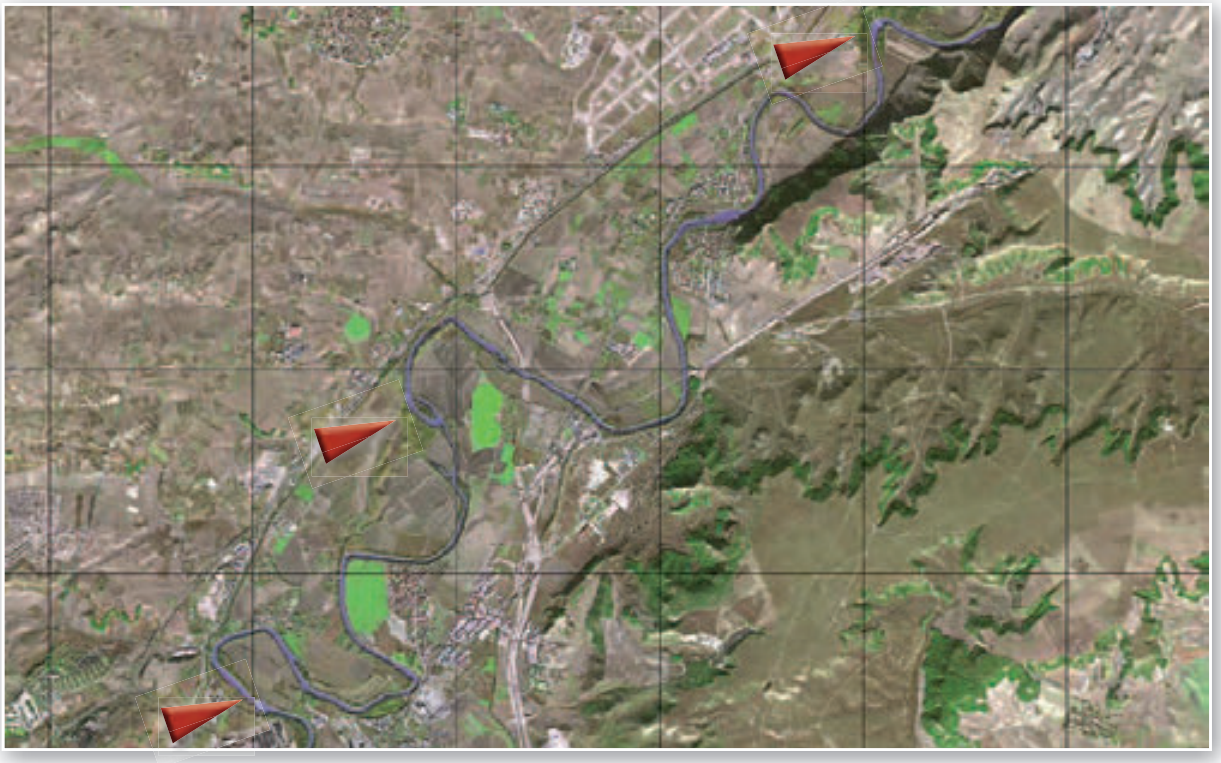
Es la continuidad en el eje de la pendiente del río. Un curso fluvial natural que no tiene discontinuidades transversales (azudes, presas, vados...) que modifiquen de forma artificial su funcionamiento y supongan cambios en los ecosistemas asociados es, desde este punto de vista, un sistema fluvial sano, con una continuidad longitudinal sin afecciones.

¿Para qué es importante?

La continuidad longitudinal es importante porque garantiza el flujo libre de aguas, sedimentos y biota. En una situación ideal no deberían existir barreras impermeables en el curso fluvial, tanto para los caudales (sólido y líquido) como para los seres vivos, a excepción claro está de las debidas a accidentes naturales del terreno como puede ser el caso de los escarpes que producen cascadas. La continuidad a lo largo del recorrido es un factor indicativo de la correcta interacción entre las zonas de nacimiento, los tramos intermedios, el curso bajo y la desembocadura.

¿Cuáles son los principales problemas?

Las barreras transversales, especialmente las que son totalmente impermeables, suponen una pérdida muy notable de calidad hidromorfológica. El principal problema son las presas, barreras impermeables con una altura notable que destruyen totalmente la continuidad lon-



Río Pisuerga. Valladolid.

Tramo del bajo Pisuerga aguas arriba de la ciudad de Valladolid. Las flechas indican tres azudes de tres minicentrales consecutivas. La longitud del tramo es de 21,7 km, con una pendiente media del 0,03%. La secuencia de rápidos y remansos ha desparecido, lo que comporta una notable pérdida de hábitats y la retención de nutrientes hace que estos tramos sean eutróficos, con características más palustres que fluviales. En general, la ocupación de los tramos medios y bajos de los ríos ha alcanzado tal grado de "tableamiento" que desde un punto de vista limnológico el río (antes lótico) ha sido sustituido por una sucesión de estanques (léntico**).* (Fuente: Iberpix. Instituto Geográfico Nacional, IGN).

* *Lótico. Sistema de aguas en movimiento como son los ríos y arroyos.*

** *Léntico. Sistema de aguas de flujos lentos, como son los lagos y embalses, en los que dominan los movimientos verticales de agua.*

gitudinal, reteniendo, por ejemplo, la mayor parte de los sedimentos.

Otro tipo de barreras de menor tamaño, como azudes o vados, pueden suponer temporalmente una pérdida de continuidad, dado que en momentos de crecida la barrera es superada por el flujo de agua.

¿Cómo medir la continuidad longitudinal del sistema?

Para medir la continuidad longitudinal del sistema hay que analizar el **número** y **tipo** de elementos transversales que hay a lo largo del sistema fluvial o la zona de estudio.

El **número** de elementos se puede analizar con fotografías aéreas. Si las fotografías son recientes, los datos estarán actualizados. En caso de que sean datos antiguos, se puede hacer una valoración inicial y luego realizar una comprobación en el campo.

Otros elementos más puntuales y de menor tamaño, como vados, son más complicados de distinguir en fotografía aérea, aunque la presencia de pistas, caminos o carreteras en las márgenes de los ríos puede ayudar a localizarlos. En el caso de trabajar en cursos fluviales pequeños, con vegetación de ribera muy densa o zonas con relieves muy marcados, la utilización de fotografías aéreas no ayudará apenas y habrá que recurrir al trabajo de campo en mayor medida.

Es conveniente realizar trabajo de campo para solventar las dudas que puedan haber surgido en la evaluación del número de elementos transversales y para **tipificar** los elementos detectados con la fotografía aérea.

Dentro de los elementos transversales presentes en los ríos, no todos generan la misma afección. La presencia de presas se valorará de la forma más negativa, mientras azudes de menor tamaño, grandes vados o puentes con pilares en el cauce pueden suponer una afección media. Otro tipo de estructuras, como vados pequeños o puentes sin pilares puede que solo afecten a las orillas y no al cauce, por lo que la afección sobre el sistema fluvial es mucho menor.

Interpretación de resultados

Para evaluar la continuidad longitudinal se debe analizar la permeabilidad que exista tanto para elementos biológicos (fauna piscícola) como para los sedimentos. No tiene la misma importancia una barrera impermeable, como puede ser una presa o un azud sin escala de peces o *bypass* de sedimentos que una infraestructura de estas características que sí que disponga de elementos para su permeabilización. Tampoco tiene la misma afección un vado que un puente, ya que el segundo, en función de su tipología, puede ejercer de barrera mientras que el primero es fácilmente sorteable por el agua en las crecidas.

Una vez obtenido el número de elementos que hay en la zona de estudio y conociendo la longitud del río en esa zona, se puede realizar un cálculo sencillo dividiendo la longitud (en km) entre el número de elementos transversales. Así se obtiene un **índice de alteración por impactos transversales**. Si el valor obtenido es inferior a 1 significa que la afección en este apartado es importante. Cuanto mayor sea el valor obtenido, la afección en este apartado estará más dispersa, menos localizada.

Por ejemplo, si hay un tramo de río de 12 km y se detectan 17 elementos transversales:

12 / 17 = 0,70

Sin embargo, si en el mismo tramo de 12 km sólo hay 3 elementos:

12 / 3 = 4

El segundo ejemplo es un caso con una continuidad longitudinal mejor que el primer ejemplo.

En la cuenca del Duero, se ha utilizado un indicador de continuidad longitudinal más complejo, ya que tiene en cuenta el grado de franqueabilidad para la fauna piscícola de cada uno de los obstáculos. De esta forma, se pondera el índice, ya que no todos los obstáculos tienen el mismo grado de afección. Además, se ha hecho para cinco clases de peces, en función de sus cualidades natatorias, de tal forma que se pueda discriminar más.

El número de obstáculos identificados en la parte española de la cuenca del Duero ha sido sorprendente: más de 3.500. Lo más curioso es que muchos de ellos se encuentran sin uso, como es el caso de numerosos azudes molineros, bataneros o de antiguas "fábricas de luz" no reconvertidas en minicentrales. La mayoría de estos obstáculos, en estado ruinoso por falta de mantenimiento y con graves problemas de seguridad en caso de los de mayores dimensiones, deberían ser demolidos, consiguiendo así recuperar seguridad y una mayor continuidad longitudinal.

Río Aravalle. Umbrías. Ávila.

Obras de demolición (imágenes 1 y 2) de una gran presa construida en los años 70 del pasado siglo para abastecimiento de una urbanización que no se llegó a construir. Ha estado más de 30 años obstaculizando la dinámica fluvial y suponiendo una amenaza para la seguridad dada su falta de mantenimiento y explotación. Con su demolición se ha recuperado uno de los mejores tramos de freza de la trucha del Tormes. En la imágen 3, tomada dos meses después de la demolición, la doble flecha muestra dónde se encontraban los estribos. Se observa que, en la margen derecha (parte izquierda de la foto), justo dónde estaba parte del cuerpo de la presa se ha depositado una barra semilunar. La movilización de las arenas y los lodos acumulados aguas arriba también es muy visible.

3.4 DINÁMICA LATERAL EN ORILLAS

¿Qué es?

La dinámica lateral de los sistemas fluviales comprende todas aquellas interacciones que se producen entre la zona de cauce y los espacios adyacentes (riberas, márgenes y llanura de inundación), es decir, los procesos laterales o de conectividad transversal.

¿Para qué es importante?

Las conexiones con los espacios adyacentes al cauce conforman una parte fundamental del funcionamiento del sistema fluvial y, por ello, han de ser lo más naturales posible, de forma que se favorezcan los procesos laterales. Las modificaciones que se pueden ver en las orillas de los cursos fluviales suponen una pérdida, a veces total, de la conexión lateral e influyen en una disminución de la calidad ecológica del espacio ribereño.

Una dinámica lateral correcta permitirá, en momentos de crecida, que los espacios adyacentes al río interactúen de forma directa disipando energía, laminando el caudal, infiltrando parte del mismo lo que permitirá la recarga de los acuíferos y aportes de sedimentos que contribuyen a la mejora del sustrato y lo fertilizan. Igualmente, una buena conexión lateral permite que las pulsaciones de crecida (desbordamiento y regreso al cauce o laminación) realicen intercambios ecológicos de nutrientes y materia orgánica entre el cauce y la llanura de inundación, enriqueciendo enormemente ambos espacios.

Además, la dinámica lateral natural de un río permite que el propio sistema fluvial diseñe su recorrido y morfología, generando nuevos meandros, nuevos cauces secundarios y humedales aluviales.

Zona inundable

Desde un punto de vista normativo

Artículo 14 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico. Se consideran zonas inundables las delimitadas por los niveles teóricos que alcanzarían las aguas en las avenidas cuyo período estadístico de retorno sea de quinientos años, atendiendo a estudios geomorfológicos, hidrológicos e hidráulicos, así como de series de avenidas históricas y documentos o evidencias históricas de las mismas, a menos que el Ministerio de Medio Ambiente, a propuesta del organismo de cuenca fije, en concreto, la delimitación que en cada caso resulte más adecuada al comportamiento de la corriente. La calificación como zonas inundables no alterará la calificación jurídica y la titularidad dominical que dichos terrenos tuviesen.

Desde un punto de vista físico

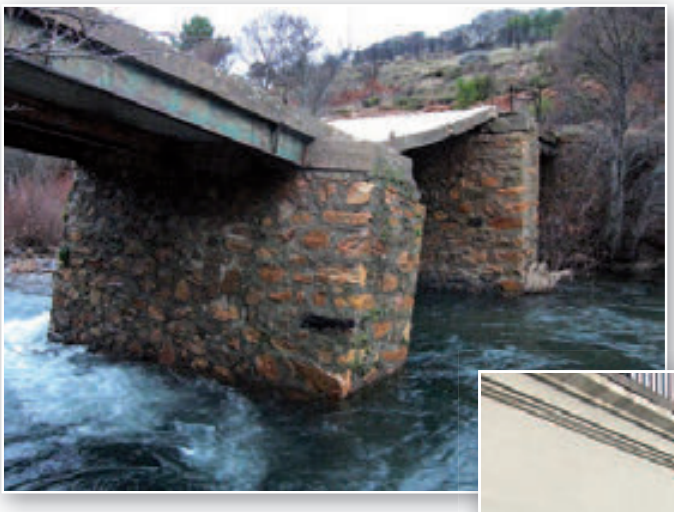
Es la zona coincidente con el lecho mayor de un sistema fluvial, que también recibe el nombre de zona ortofluvial y se encuentra entre las últimas terrazas. Es de una topografía básicamente llana (de ahí que suela llamarse llanura de inundación), generalmente con suave tendencia a la concavidad, aunque las hay de sección transversal convexa. Durante las avenidas funciona como recinto de disipación de energía de las aguas desbordadas y de almacenamiento de caudal, con un efecto laminador. También constituye un recinto de decantación de los materiales finos que la corriente transportaba en suspensión, decantación que es responsable del crecimiento vertical de los depósitos y de su fertilidad. En los ríos encajados en cañón el espacio inundable es más estrecho y, a veces, inexistente.

Río Arlanza. Tordómar. Burgos.

Durante una crecida los sólidos en suspensión que transporta el río se depositan en las zonas aluviales fertilizándolas.

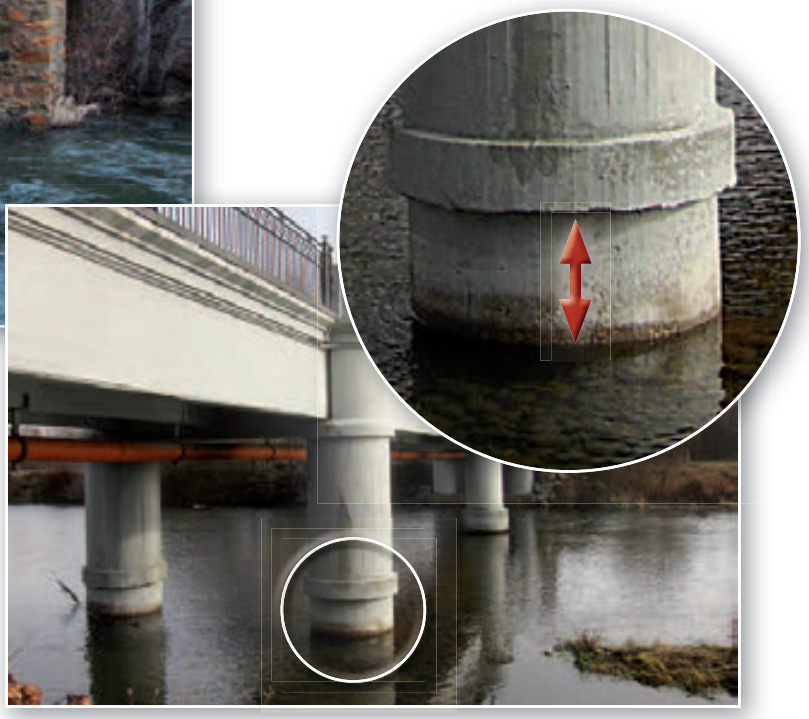
¿Cuáles son los principales problemas?

Los principales problemas que presenta la falta de erosión lateral es el encajamiento que puede sufrir el lecho fluvial, con el consecuente aumento de la velocidad del caudal, proporcional a la altura lo que implica a su vez aumento de la tensión de arrastre. Los problemas que pueden derivarse más comunes son la incisión o descalzamiento.



Río Eria. Torneros de la Valdería. León.

El descalzamiento del pie central de este puente puede deberse al hecho de que aquí el río va muy encajado en su canal principal, alcanzando velocidades muy elevadas en aguas altas.



Río Órbigo. Carrizo de la Ribera. León.

La base de las pilas de este puente que une Carrizo de la Ribera y Villanueva de Carrizo evidencia también un proceso de incisión, pero en este caso seguramente forzada por la canalización que ha sufrido el río.

Río Támega. Verín. Ourense.
Tramo canalizado.

¿Cómo medir la dinámica lateral de las orillas?

Para poder medir la dinámica lateral de las orillas es necesario realizar varias visitas al campo, tomando medidas en cada una de ellas para poder comparar los datos. Para comprobar la erosión de las orillas se pueden clavar testigos (clavos, estacas de madera...) y medir desde ellos hacia el escarpe o borde de la orilla. Con las visitas sucesivas, se puede ver si el escarpe se ha erosionado o no, en función de los datos obtenidos. La colocación de estos testigos debe realizarse teniendo en cuenta que las laderas pueden erosionarse, así que conviene colocar más de un testigo para no perder los datos en caso de una erosión muy pronunciada.

También se pueden utilizar las mediciones de la forma del cauce (secciones transversales) para el mismo objetivo. El problema puede surgir en zonas donde no se puede acceder al río para realizar las secciones transversales, por lo que la opción de los testigos en las orillas puede ser más útil y segura.

La dinámica lateral no solo incluye procesos de erosión, sino también de sedimentación. En estos casos, se pueden analizar las barras que aparecen en el cauce y tomar imágenes en las diferentes visitas de campo para poder evaluarlas posteriormente en el trabajo de gabinete. La colocación de testigos fijos en las barras es más complicada por el material de las barras (cantos, gravas...) por lo que es más difícil analizar las mediciones.

También se puede evaluar la dinámica natural empleando fotos aéreas de distintas fechas, comprobando avances de erosión o bien de desarrollo de depósitos sedimentarios.

Río Urumea. Arano. Navarra.

Medición de testigos en una orilla con procesos de erosión lateral.

Río Omañas. León.

Borde activo de erosión en la margen derecha del bajo Omañas en León. A la izquierda se ve la zona de acreción, con una barra semilunar dispuesta en la parte interna de la curva (la corriente fluye hacia el fondo de la foto). Este patrón hidráulico es universal, y el balance de masas se aproxima a cero, compensando lo erosionado con lo acrecido en la misma sección. El transporte neto se debe a que lo que se erosiona no se deposita en la misma curva, sino en la siguiente, de tal forma que se produce una onda de transporte neto aguas abajo.

Interpretación de resultados

Cuando se analiza la dinámica lateral de las orillas hay que tener en cuenta que la existencia de procesos de erosión o sedimentación solo son negativos si responden a una causa humana. Lo que hay que analizar es si esos procesos se están produciendo de una forma más rápida de lo habitual y, en ese caso, buscar las posibles causas, que a veces se encuentran fuera del cauce, en la cuenca.

Un muy buen ejemplo de restauración es la retirada de azudes. En estos casos, lo más habitual es que las orillas que se localizaban adyacentes al vaso del azud hayan perdido el soporte que ejercía el agua, por lo que los procesos de erosión lateral se acelerarán. Estas zonas son susceptibles de llevar un seguimiento para ver el grado de erosión lateral que presentan, así como analizar el proceso de estabilización de márgenes que se llevará a cabo con el paso del tiempo.

3.5 DINÁMICA VERTICAL

¿Qué es?

La dinámica vertical de los sistemas fluviales comprende todas aquellas interacciones que se producen en el fondo del lecho, principalmente procesos de erosión (incisión) y sedimentación (acreción), formas de relieve de fondo (como la sucesión de rápidos y pozas) y la continuidad con los medios hiporreicos (zona de contacto entre el agua y el sustrato) y subterráneos. En los ríos en roca el contacto del cauce con el sustrato es nítido, pero en los cursos aluviales el agua circula también a través de los sedimentos que conforman el fondo del lecho, en lo que constituye la zona hiporreica, y el cauce está en contacto con el acuífero aluvial, es decir, con las aguas subterráneas.

El propio perfil longitudinal del río también forma parte de la dinámica vertical, ya que constituye, en suma, la línea de contacto del cauce, y puede asistir a procesos de erosión remontante o de acumulación en función de cambios en el nivel de base final (el mar) o de cambios en niveles de base locales de tipo tectónico y a veces de origen antrópico. En este sentido, las barreras transversales pueden alterar, además de la continuidad, la dinámica vertical.

¿Para qué es importante?

Una correcta dinámica vertical local servirá para que los hábitats de los cursos fluviales se distribuyan de forma natural y para que haya una adecuada biodiversidad en el agua y en el fondo. A escala de tramo, las actividades e infraestructuras que modifican el perfil longitudinal natural del río causan modificaciones de esta dinámica.

Así, actuaciones como canalizaciones o dragados contribuirán al aumento de la velocidad del flujo originando cambios en el fondo y en el perfil longitudinal, con probables consecuencias de incisión.

¿Cuáles son los principales problemas?

Los principales problemas que se pueden asociar a una dinámica vertical alterada son procesos de incisión y descalzamiento en el centro del lecho y en las zonas de contacto del lecho con las orillas.

El tema de la incisión y el descalzamiento es especialmente preocupante en las infraestructuras que se localizan en los sistemas fluviales, porque pueden suponer un riesgo adicional a la población, produciendo la rotura o caída de dichas estructuras.

Incisión

Erosión en la base del lecho fluvial llevada a cabo por la acción del flujo del agua. La incisión puede ser favorecida por actividades extractivas (dragados), por encauzamientos (regresiva o remontante) y por represamiento y consecuente retención del caudal sólido de fondo (progresiva).

Río Bernesga. León.

Proceso de incisión en el Bernesga aguas abajo de León. En la foto de la derecha se observan las arcillas en las cuales se ha encajado el río, tras haber desaparecido todo el lecho de gravas y cantos rodados, con una incisión media de unos 4 m. La flecha horizontal marca el nivel del lecho original, que ahora aparece como un nivel de bankfull. A la canalización del río en León y a la extracción masiva de áridos del lecho, hay que sumarle fenómenos locales como el de la imagen de la izquierda, un puente que debería ser retirado ya que incumple los mínimos requisitos hidráulicos en cuanto a la sección útil para evacuar avenidas, que en este río alcanzan valores de caudal muy elevados.

La incisión también afecta a los espacios de ribera adyacentes. Si un sistema fluvial tiene una incisión vertical excesiva, las orillas quedarán elevadas, colgadas sobre el lecho, con lo que el nivel de las aguas superficiales y subterráneas (nivel freático) descenderá y originará la desaparición de la vegetación de ribera.

¿Cómo medir la dinámica vertical?

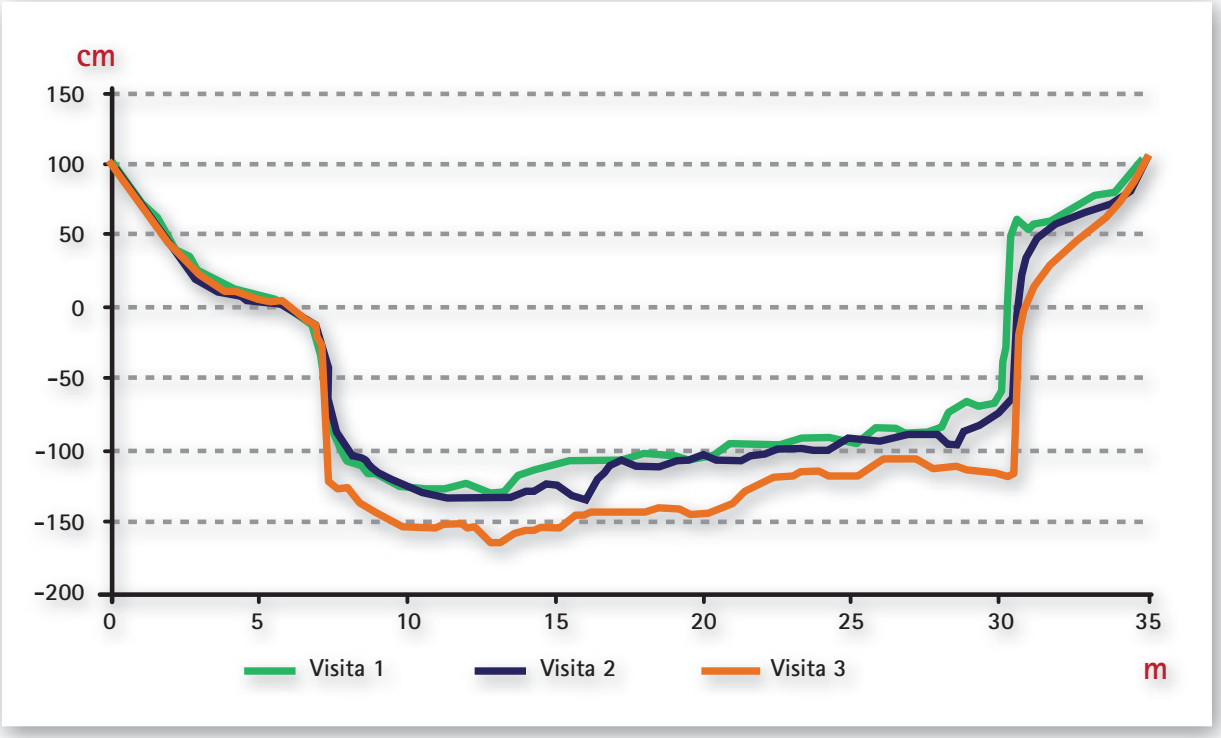
La dinámica vertical es complicada de analizar en el trabajo de campo porque supone la realización de mediciones muy precisas del lecho, mediciones que se repetirán en el mismo sitio periódicamente, lo cual presenta dificultades de acceso e incluso riesgo para el observador si la profundidad del cauce es importante. En cauces no vadeables es necesario emplear embarcación.

La repetición de secciones transversales en la misma zona permitirá un análisis posterior en el que se podrían medir los cambios, siempre que se haya realizado cuidadosamente para que los datos sean válidos.

También se puede analizar la incisión mediante el análisis visual de elementos del cauce con problemas, como el socavamiento en pilares de puentes (ver página 73) o en defensas de margen. En estos casos, se pueden instalar testigos en las infraestructuras para poder comparar posteriormente si el grado de incisión del lecho se incrementa o no.

Interpretación de resultados

Al igual que la dinámica lateral de las orillas, la dinámica vertical es un proceso natural en los sistemas fluviales que se puede ver alterada por las presiones humanas que modifican el cauce y aceleran los procesos. Hay que interpretar los cambios en la dinámica vertical teniendo en cuenta que las afecciones no tienen por qué localizarse en la misma zona de análisis, sino aguas arriba (como ocurre con las presas, cuyos efectos se van trasladando progresivamente hacia aguas abajo) y con los dragados (cuya incisión va avanzando hacia arriba de forma remontante).



Comparativa de una sección transversal en un río en tres visitas al campo. Se puede ver la marcada incisión que se produce entre la visita 2 y la visita 3.

Los efectos de incisión y descalzamiento notable tanto en infraestructuras como en las márgenes del río son señales que hay que interpretar y analizar.

Otra señal indicativa de una incisión desmedida es la presencia en las orillas de vegetación muerta o seca. El brusco descenso del lecho fluvial influye en el nivel freático ya que drena el acuífero aluvial, dejando las zonas adyacentes en un nivel superior, sin aporte de agua, por lo que la vegetación se seca y muere, o bien es sustituida por invasoras o por especies climácicas mejor adaptadas a la aridez.

A veces la dinámica vertical se traduce en una pérdida de conexión río-acuífero, pero no por incisión sino por desconexión hidráulica con el acuífero. Cuando se sobreexplotan las aguas subterráneas, se produce una bajada de los niveles freáticos (acuíferos aluviales o libres) y de los niveles piezométricos (acuíferos profundos o confinados) que puede conducir a que ríos "ganadores" parte de cuyos caudales se debían a la descarga de aguas subterráneas, se conviertan en "perdedores", de tal forma que una parte o el total de su caudal se infiltra en el terreno (ver esquema página 27).

3.6 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

¿Qué es?

El transporte de sedimentos es una de las principales funciones de los sistemas fluviales. Consiste en la movilización de material sólido (aluviones o material aluvial) desde las zonas

Río Trabancos. Pollos. Valladolid.

Vegetación de ribera muerta en el cauce seco del río Trabancos. Este es uno de los ríos "perdedores" de la cuenca del Duero, junto con el Zapardiel y el Guareña, los tres en la zona central de la margen izquierda. La sobreexplotación de aguas subterráneas llevadas a cabo en los acuíferos de la zona de "los Arenales" ha conducido a que ríos otrora permanentes se hayan convertido en efímeros y ocasionales.

de cabecera hacia las zonas de desembocadura, al tiempo que ese mismo material es erosionado y redondeado durante el transporte. El transporte de sedimentos también incluye la movilización del material que es aportado desde las vertientes (coluviones o material coluvial) y que el río debe evacuar de su cauce.

¿Para qué es importante?

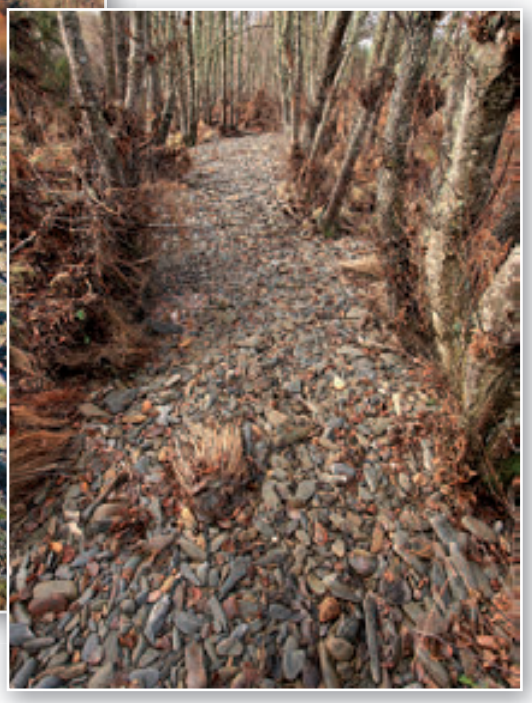
El transporte de sedimentos es importante porque es una función de los sistemas fluviales que contribuye al modelado, al diseño de un relieve diferente y característico del territorio. Los procesos de erosión y sedimentación necesitan que exista un correcto transporte de sedimentos para distribuir a lo largo del sistema fluvial el material, generando una sucesión de almacenamientos (conos, barras de sedimentos, deltas, etc.) que constituyen valiosos hábitats. Tampoco podemos olvidar que el objetivo final de todos estos materiales procedentes de la erosión continental y transportados por acción fluvial es llegar al mar, donde son redistribuidos por las dinámicas litorales, forman las playas, los deltas, nutren las cuencas de sedimentación marina y producen floraciones de algas muy productivas y esenciales para el mantenimiento de pesquerías marinas.

¿Cuáles son los principales problemas?

El transporte de los sedimentos a lo largo del sistema fluvial será natural si no hay estructuras de retención en el cauce, como presas o azudes, y si la conexión con las márgenes es natural y no hay estructuras que retengan el aporte lateral. Al efecto negativo de las presas hay que unir el de las extracciones de áridos, dragados o movilización artificial de los materiales del lecho.

La presencia de elementos laterales en las zonas adyacentes a los cursos fluviales, como pueden ser vías de comunicación, supone una retención extraordinaria del aporte sedimentario de las vertientes, por lo que dicho aporte se verá reducido o eliminado.

Río Bernesga. Cármenes. León.
Acumulación de sedimentos (cantos rodados y gravas).



Río Mayas o Malavao. Descargamaría. Cáceres.
Canal de avenidas con pizarras rodadas en la cabecera del río Mayas, afluente del Águeda.

En casos extremos en que la retención sea máxima, como ocurre con las grandes presas, el curso fluvial va a presentar una carencia muy importante de material, aumentando el transporte y reduciéndose los procesos de sedimentación aguas abajo, efecto que se transmitirá hasta el mar o hasta el siguiente embalse de forma progresiva.

¿Cómo medir el transporte de sedimentos?

Para medir el transporte de sedimentos de fondo se pueden utilizar trampas de sedimentos, con instalaciones muy costosas. Para el transporte de sólidos en suspensión lo mejor es tomar muestras manuales o automáticas y analizar la concentración en laboratorio. Esta labor hay que llevarla a cabo de forma muy sistemática y durante largos periodos de tiempo, de tal forma que se "cacen" las crecidas que producen la mayor parte del transporte de sólidos en suspensión. Los turbidímetros resultan muy inapropiados para este tipo de mediciones, ya que las floraciones de algas son interpretadas como si el río transportase una alta carga sólida.

Con las visitas en el campo, se puede analizar el estado global de los sedimentos y determinar si hay afecciones sobre ellos, como dragados, extracciones de áridos, movilización... dado que estos impactos supondrán una clara alteración sobre la naturalidad de los sedimentos y de los procesos que tienen relación con ellos.

Una observación sencilla puede consistir en la comprobación directa sobre las barras o depósitos sedimentarios de si el material está suelto o bien presenta problemas de compactación o sufre una excesiva colonización vegetal que lo está estabilizando.

Interpretación de resultados

En los casos de dragados y extracciones de áridos, la pérdida de sedimentos será la principal afección que habrá que evaluar, analizando su magnitud. En cualquier caso, teniendo en cuenta que una actuación de este tipo es una grave afección sobre el sistema fluvial, es cierto que hay actuaciones más agresivas, como las extracciones de áridos de las márgenes y barras, cuya extensión suele ser mayor que los dragados, generalmente más puntuales.

Los déficits sedimentarios alteran gravemente la morfología del lecho y pueden tener consecuencias sobre todo aguas abajo, con el incremento de la velocidad del flujo de agua (con el dragado se aumenta la pendiente), lo que supone un incremento de la incisión y puede generar problemas en las márgenes donde el caudal golpea con una mayor velocidad. Por otra parte no debemos olvidar que el material sedimentario de un río es el sustrato de la vida en el mismo.

3.7 DISPOSICIÓN DE LOS SEDIMENTOS

¿Qué es?

Los sedimentos generados y transportados por los ríos se depositan y estructuran de forma estratificada gracias al flujo de la corriente: se clasifican por tamaños en función de la velocidad de la corriente en cada punto, y además se imbrican, es decir, se colocan unos sobre otros en dirección aguas abajo. La disposición irregular de los sedimentos puede ser consecuencia de deficiencias en el funcionamiento del sistema.

¿Para qué es importante?

La correcta disposición de los sedimentos en un sistema fluvial incide directamente en el buen funcionamiento del río, generando unos hábitats naturales y disponiendo el material sólido de forma correcta y ordenada para su transporte en momentos de crecida. Si el material se encuentra colocado de forma diferente puede que no se movilice cuando es necesario, dando origen a una estabilidad que no es la que le corresponde al curso fluvial y favoreciendo el acorazamiento de las barras.

¿Cuáles son los principales problemas?

Los problemas más importantes se originan cuando los sedimentos del lecho o la morfología de las barras se modifican, muchas veces a consecuencia de dragados o alteraciones del cauce, o el material se acumula en las márgenes, en forma de mota o defensa. En estos casos, se está produciendo una alteración del cauce, de los sedimentos (transporte y disposición) y de las orillas (márgenes y riberas). La estabilización de estas zonas es muy negativa para la dinámica hidromorfológica natural de los ríos y de sus llanuras de inundación.
También se puede producir la acción contraria, es decir, la acumulación de material en las zonas ribereñas, los vertidos y acumulaciones de material que el río, por sí solo, es incapaz de movilizar. Los efectos finales son los mismos, una estabilización que no es natural y una pérdida en el dinamismo fluvial.

¿Cómo analizar la disposición de los sedimentos fluviales?

La disposición de los sedimentos se puede observar directamente en los casos en los que se produce una acumulación de material extraído del lecho y riberas, así como en los casos en los que hay un vertido, una aportación extraordinaria de material.

También se puede realizar un análisis granulométrico, del tamaño de los materiales. Para ello hay que realizar mediciones en la parte superficial de las barras (peso y tamaño del material)

Río Curueño. Barrio de Nuestra Señora. León.
Caballón de defensa tipo mota con cantos rodados procedentes de un dragado del lecho del río Curueño, en su margen derecha.

Clasificación de los sedimentos fluviales según el diámetro del grano (D) en mm:

- Arcilla: D<0,004
- Limo: 0,004-0,062
- Arena fina: 0,062-0,25
- Arena media: 0,25-0,5
- Arena gruesa: 0,5-2
- Grava: 2-16
- Guijarros: 16-64
- Cantos rodados: 64-256
- Bloques: D>256

y luego un análisis subsuperficial, por debajo de la capa más superficial de la barra. Para ello, se retira la parte superior de la barra o coraza y se toman muestras de la parte interna.

El análisis de la parte inferior de la barra ha de completarse en el laboratorio, con tamices que permitan diferenciar el tipo de material que hay en la barra y una vez que se haya secado el material.

3.8 VEGETACIÓN DE RIBERA

¿Qué es?

La vegetación es el conjunto de plantas de un lugar. En este caso, es la vegetación que crece en el entorno de los ríos, en las orillas, en las barras (pueden crecer dentro del cauce) y en los espacios de inundación. Hay muchas espe-

Vegetación alóctona

La vegetación que no es propia del lugar en que se encuentra. En las repoblaciones que se llevan a cabo en las márgenes de los ríos, a veces se utilizan especies que no son las propias de la ribera, generalmente híbridos clónicos que empobrecen y desplazan la vegetación natural.

Río Pisuerga. Olleros de Pisuerga. Palencia.

Vegetación autóctona

Al contrario que la vegetación alóctona, este tipo de especies son las originarias del lugar en el que se encuentran. A la hora de llevar a cabo restauraciones de vegetación, es conveniente utilizar especies autóctonas que son las que están adaptadas al medio local.

Arroyo Gemiguel. El Fresno. Ávila.

cies adaptadas a los espacios ribereños, como sauces, chopos, álamos, alisos...

Entre las varias clasificaciones, adoptaremos aquí la siguiente, tomada de la "Guía de plantas de los ríos y riberas de la cuenca del Duero" (Ver referencias bibliográficas):

- **Árboles**, plantas leñosas de más de 5 m de altura
- **Arbustos**, plantas leñosas entre 2 a 5 m de altura
- **Plantas trepadoras**, enredaderas o lianas
- **Plantas herbáceas**, sin tallos ni raíces leñosas
- **Helófitos**, plantas acuáticas parcialmente sumergidas
- **Hidrófitos**, plantas acuáticas estrictas, que pueden ser flotantes o enraizadas en el lecho
- **Invasoras**, alóctonas con capacidad de expandirse y competir con la vegetación natural

¿Para qué es importante?

La vegetación de ribera tiene un papel fundamental a la hora de frenar el flujo de la corriente fluvial, especialmente en crecidas. Además de frenar el agua, la vegetación contribuye a la sedimentación de la carga en suspensión que lleva el río, generando un sustrato muy rico en nutrientes y creando hábitats de especial interés para las diferentes especies animales y vegetales que viven asociadas a los ambientes fluviales. Esta función de corredor verde sirve para una mejor interacción del río con los ambientes adyacentes y es un espacio de gran riqueza.

¿Cuáles son los principales problemas?

La intensa ocupación de las zonas adyacentes a los ríos, así como la presencia de núcleos de población en las márgenes de los sistemas fluviales ejerce una gran presión sobre los espacios ribereños.

La continuidad, anchura y estructura de la vegetación ribereña se ven modificadas en gran

Arroyo Gemiguel. El Fresno. Ávila.

Fresneda mediterránea podada a "cabeza de gato".

Río Curueño. Nocedo de Curueño. León.
Vegetación otoñal de ribera en el tramo alto del río.

parte de los sistemas fluviales, en especial cuanto más antropizados están la cuenca vertiente y el valle.

En ríos con regulación muy intensa, la falta de crecidas favorece el crecimiento de especies vegetales dentro del cauce, limitando la dinámica fluvial y estabilizando artificialmente el cauce y las orillas, suponiendo un freno adicional al flujo y una reducción en la capacidad de transporte fluvial.

¿Cómo analizar la vegetación de ribera?

La cobertura de la vegetación de ribera se puede analizar mediante el uso de fotografía aérea, especialmente a través de la comparativa entre

Ribera

Desde un punto de vista normativo

Artículo 6 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico. Se entiende por riberas las fajas laterales de los cauces públicos situadas por encima del nivel de aguas bajas. Es decir, la ribera es la parte del cauce que se encuentra entre las aguas bajas y el nivel de la crecida ordinaria. A partir de la ribera, comienza la margen.

Desde un punto de vista físico

Son los terrenos adyacentes al cauce de aguas bajas junto con el que conforman el corredor ribereño. Las riberas son un mosaico de terrenos definidos por el tipo de sedimento, su altitud relativa respecto del cauce y la edad o estado sucesional de la vegetación. Se pueden definir también como ecotonos o ricos ecosistemas de transición entre el ecosistema acuático de la corriente fluvial y el ecosistema terrestre del sector más externo del fondo del valle. El terreno de ribera, de topografía irregular labrada por las aguas de desbordamiento, está directamente influenciado por el flujo subterráneo controlado por la corriente superficial y el nivel freático elevado que es el responsable del desarrollo de vegetación.

varias fechas. De este modo, se puede ver cómo ha evolucionado y si ha sufrido afecciones, como en la anchura o cambio de usos del suelo que reducen la extensión del espacio ribereño.

La composición (determinación de los taxones que componen la ribera, la estratificación, estado de la vegetación, ejemplares maduros y muertos...) ha de realizarse de forma detallada con trabajo de campo.

Interpretación de resultados

La vegetación ligada a los ríos y sus cauces tiene un importante valor en la dinámica fluvial, contribuyendo a laminar y frenar las crecidas, a la vez que cumple un importante papel como corredor biológico natural. La presencia de vegetación colonizadora en las riberas suele ser un buen síntoma, pero la abundancia de colonización vegetal, los bosques muy maduros, sin regeneración o la presencia excesiva en el cauce puede suponer un déficit en el funcionamiento dinámico del río con la consecuente dificultad en la movilización de los sedimentos.

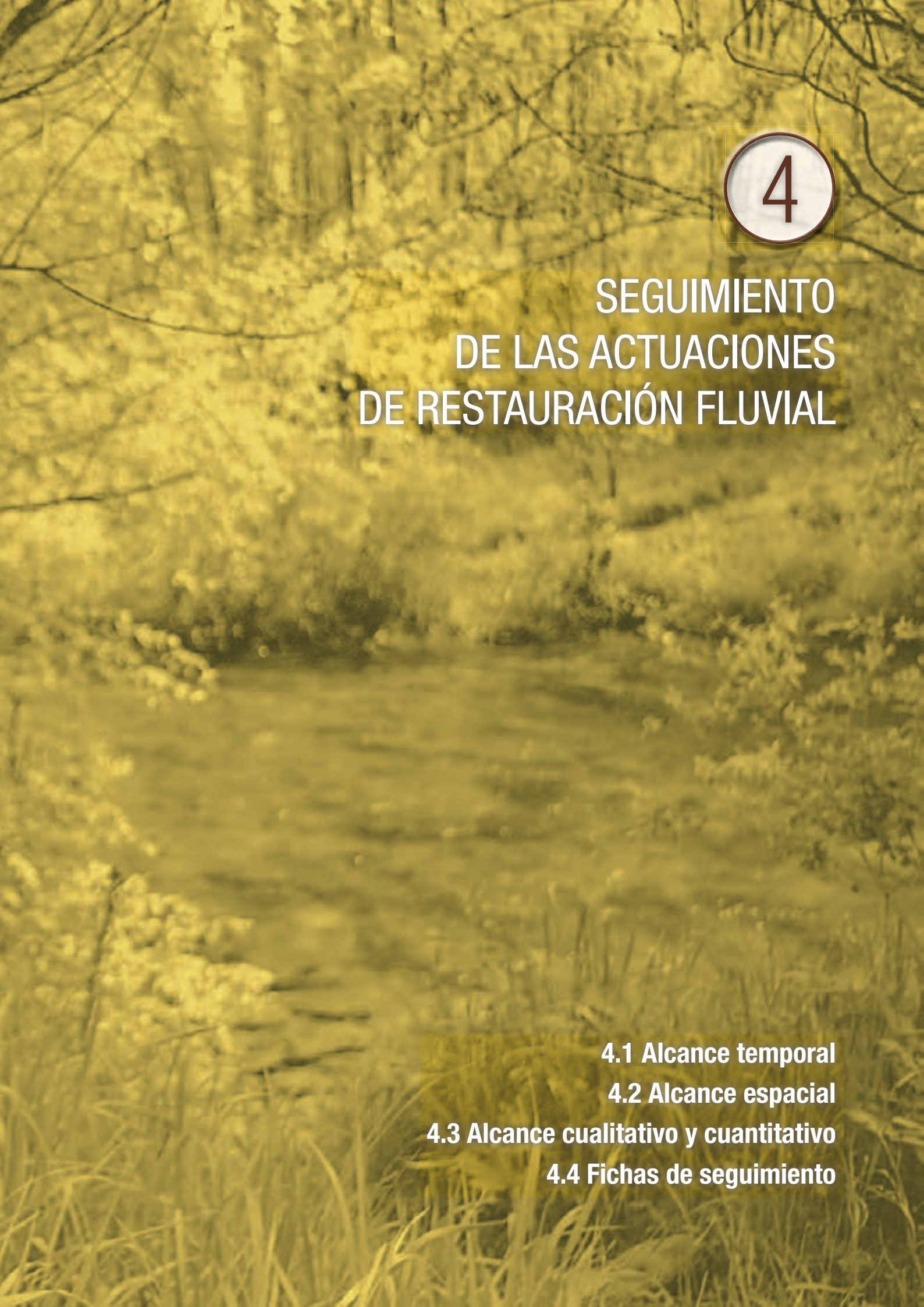
En líneas generales se valorará como positiva la presencia de vegetación en las orillas y riberas, pero como indicador negativo si se ha instalado dentro del cauce o sobre las barras de sedimentos más activas, así como si es muy madura y tiene poca renovación como consecuencia de la estabilización del cauce por regulación, canalización o ambas.

Lo verdaderamente importante en los ríos, lo que les da un alto valor ecosistémico es que su dinámica sea lo más parecida a la de sus condiciones de referencia.

En los últimos años se ha acuñado un término que es el "shifting habitat mosaic" que podríamos traducir por "mosaico de hábitats móviles" aplicable a tramos aluviales de ríos. Estos entramados de hábitats que cambian estacionalmente, de acuerdo con el régimen, y a lo largo de los años, con el movimiento de los canales a lo largo y a través de la llanura de inundación con la consiguiente formación de anexos fluviales, crea las condiciones perfectas para convertirse en zonas de alta biodiversidad.

Río Órbigo. León.

Plantaciones de chopos. Este tipo de cultivos y las labores de estabilización, relleno, nivelación y preparación del terreno que conllevan, han sido responsables de la destrucción de miles de hectáreas de río y anexos fluviales en la cuenca del Duero.



4

SEGUIMIENTO DE LAS ACTUACIONES DE RESTAURACIÓN FLUVIAL

4.1 Alcance temporal

4.2 Alcance espacial

4.3 Alcance cualitativo y cuantitativo

4.4 Fichas de seguimiento

A la hora de realizar las actuaciones de restauración fluvial es conveniente establecer un protocolo de seguimiento que abarque todo el proceso, tanto previo como posterior, relacionado con la actuación en sí. Es importante planificar correctamente este seguimiento, ya que es el que servirá para analizar y evaluar en qué medida la actuación de restauración ha cumplido los objetivos del proyecto y para retroalimentar proyectos futuros.

Una actuación de restauración fluvial es un medida, es decir, una actuación que se adopta en el marco de un Plan Hidrológico de cuenca para mejorar una situación de "mala calidad ecológica" detectada previamente. Este tipo de actuaciones se deben llevar a cabo con un **seguimiento** de las mismas, lo que en el lenguaje de la DMA se conoce como **monitorización**. Según esto, toda actuación de restauración fluvial debería contar con un seguimiento completo, que al menos ha de tener en cuenta los siguientes apartados:

1. **Seguimiento geomorfológico**, que debe incluir el análisis de los cambios realizados tanto en el cauce como en las márgenes y riberas.

2. **Seguimiento biológico**, teniendo en consideración una serie de grupos que conforman la biota y que nos pueden servir como indicadores: macroinvertebrados, diatomeas, plantas macrófitas, peces...

3. **Seguimiento de los parámetros físico-químicos** de la zona de actuación.

4. **Cartografía histórica** (primeras ediciones de mapas, foto aérea antigua, foto aérea de diferentes años...).

5. **Referencias históricas** (grandes crecidas, avulsiones...).

Río Aravalle. Umbrías. Ávila.
Seguimiento de la demolición de una presa mediante una cámara configurada para obtener una imagen por minuto.

Río Esla. Valdepolo. León.

Los ríos se mueven, a veces imperceptiblemente, a veces mediante cambios bruscos de lo que se denominan avulsiones y que suelen coincidir con crecidas extraordinarias. Este puente se construyó en el siglo XVIII y no llegó a usarse ya que una riada del Esla provocó una avulsión del cauce principal.

Además de estos apartados anteriores, ha de tenerse en cuenta otro tipo de seguimiento relacionado con la **percepción y evaluación que la sociedad**, tanto los **habitantes** de la zona como los **usuarios**, hace de las actuaciones de restauración. Este apartado es importante porque, al fin y al cabo, los usuarios del río son los que van a estar en contacto directo con la zona modificada.

4.1 ALCANCE TEMPORAL

El control y seguimiento de las actuaciones de restauración debe abarcar un periodo de tiempo que incluya el proceso desde las fases iniciales, antes de llevar a cabo cualquier tipo de acción (retirada de mota, de escollera, eliminación de obstáculos transversales...) hasta fases posteriores, con una duración variable según el tipo de actuación y sus efectos. Atendiendo al tipo de actuación y de río en el que se efectúe, el seguimiento temporal puede ser más o menos prolongado.

En los casos de retirada de elementos transversales en el cauce, como azudes o presas, las condiciones previas y posteriores a la eliminación del obstáculo son totalmente diferentes, por lo que el seguimiento temporal es muy importante para poder identificar y evaluar las consecuencias de la actuación. Las condiciones que existen en los vasos de azudes o embalses no tienen nada que ver con la situación que se genera tras la retirada del obstáculo transversal.

En las actuaciones de retirada de defensas laterales se pueden producir cambios en los flujos que modifiquen los hábitats del río, sobre todo cuando se recupera cauce y/o zona inundable. Las actuaciones de restauración fluvial que se encaminen a la mejora de las comunidades vegetales ribereñas, con la eliminación de especies alóctonas y la plantación de especies autóctonas, también han de tener un seguimiento.

Río Tormes. Ledesma. Salamanca.

Demolición del azud de la Purísima Concepción. El edificio del fondo es un molino que conserva parte de la maquinaria. Su mantenimiento es perfectamente compatible con la actuación de demolición del azud, y se conserva así un elemento que puede tener un gran valor patrimonial.

Un buen planteamiento del seguimiento temporal de las actuaciones de restauración fluvial debería contemplar un planificado calendario de visitas. Una propuesta es la que se recoge en el siguiente cuadro.

Protocolo de visitas de campo en el seguimiento de una actuación de restauración fluvial

Visita previa. Antes de la actuación en sí. En esta visita se analiza la situación inicial, el punto de partida, con observación de los procesos geomorfológicos y un análisis de las condiciones físico-químicas y biológicas.

Seguimiento durante la actuación. Se deben vigilar las obras y evitar que haya una afección mayor de la necesaria, cuidando que el proceso transcurra según lo previsto.

Seguimiento posterior a corto plazo. Es conveniente volver a la zona a lo largo de la semana posterior a la finalización de la actuación para realizar un análisis de los cambios que se producen de forma rápida. En los casos de retirada de obstáculos transversales, esos cambios se producen de forma muy rápida en los días, e incluso horas, posteriores a la retirada de azudes o presas, lo que hace más necesario, si cabe, esta etapa del seguimiento.

Seguimiento a medio plazo, aproximadamente a los 6 meses de la finalización de la actuación. De este modo se observan cambios que se producen con una mayor laxitud, conforme el curso fluvial se va adaptando a las nuevas circunstancias y configura su nueva morfología.

Seguimiento a largo plazo, que podría oscilar entre 1 y 5 años, según la actuación y sus efectos. Estos seguimientos pueden ser de mayor utilidad para actuaciones de restauración de riberas, en las que se analizará mejor la adaptación de las nuevas plantas y el grado de supervivencia que existe. En las actuaciones en los cauces, los procesos geomorfológicos habrán ido modificando las condiciones del río, estableciendo unos nuevos flujos y buscando un equilibrio dinámico diferente al anterior. Este seguimiento a largo plazo también podría ajustarse a los objetivos del proyecto y establecerse en función de las necesidades de información que se precisen.

Seguimiento extraordinario. Para evaluar la idoneidad o los efectos de las actuaciones de restauración fluvial que se han comentado hasta ahora, es necesario realizar un seguimiento tras una crecida extraordinaria, en cuyo caso los procesos hidromorfológicos se aceleran y puede resultar muy útil analizar los cambios acontecidos, o tras una sequía prolongada, en el caso de operaciones de revegetación.

4.2 ALCANCE ESPACIAL

A la hora de analizar las actuaciones de restauración fluvial es importante tener en cuenta la extensión de los efectos que se generan, tanto aguas arriba como aguas abajo de la misma. En el caso de la eliminación de barreras laterales, como escolleras, la erosión puede acentuarse en las márgenes, provocando un aumento de los sedimentos aguas abajo; o al revés, un aumento de la sedimentación en la margen en el caso de que hayamos eliminado una mota, ya que devolvemos al río una mayor capacidad de laminación. La supresión de barreras transversales supone cambios en el lecho, modificaciones en la pendiente local que puede originar fenómenos de erosión remontante aguas arriba, así como un aumento aguas abajo de los procesos sedimentarios (a corto plazo) favorecido por la presencia de sedimentos en el vaso de azudes o embalses. En los casos de eliminación de la vegetación ribereña, se puede incrementar el aporte de sedimentos por la pérdida de la cubierta vegetal que protegía el suelo, así como disminuir la capacidad de retención en las crecidas.

Debe comprobarse que los procesos geomorfológicos derivados de las actuaciones de restauración se abarcan completamente en los seguimientos, teniendo en cuenta que la extensión puede variar de forma sustancial en función del tipo de actuación realizada.

Por tanto, en la mayoría de los casos la extensión del seguimiento no puede limitarse solo al tramo restaurado, sino que será prudente analizar el sistema fluvial aguas arriba y aguas abajo. Conforme avance el tiempo desde la actuación realizada habrá que expandir el área espacial de seguimiento, ya que los efectos pueden ir extendiéndose hacia tramos adyacentes, en especial aguas abajo. Esto debe ser tenido en cuenta a la hora de dimensionar las labores de seguimiento.

4.3 ALCANCE CUALITATIVO Y CUANTITATIVO

Pero también existe otra forma forma de abordar el seguimiento en actuaciones de restauración fluvial según la calidad y cantidad de los elementos modificados en el cauce. Desde este

Río Eria. Torneros de la Valdería. León.

Avenida como consecuencia de la ciclogénesis explosiva que se desarrolló a finales de febrero de 2010, y que afectó fundamentalmente la zona noroccidental de España. El seguimiento presencial de las crecidas y sus efectos es muy importante. Permite una toma de contacto directa con el río que no puede suplir ningún medio. La toma de referencias y la fotografía ayudan mucho en las tareas de seguimiento.

punto de vista podemos diferenciar de forma esquemática dos tipos de seguimiento:

- **Seguimiento cualitativo**

- **Seguimiento cuantitativo**

El **seguimiento cualitativo** se centra en aspectos visuales que pueden apreciarse en las visitas al campo. Es más rápido pero menos preciso y está pensado cuando hay limitaciones (tiempo, accesibilidad, presupuesto) y para personas que carecen de una formación específica en materia de restauración, aunque es preciso un conocimiento básico del funcionamiento fluvial y buenas dotes de observación. El objetivo de este tipo de seguimiento es analizar sobre el terreno los efectos que se producen tras la retirada de infraestructuras en el cauce, como azudes o defensas. También se deben observar las afecciones que se producen en el momento de la actuación en sí, como las producidas en márgenes o en la vegetación de ribera, o antes de proceder a su retirada.

Por otro lado, el **seguimiento cuantitativo** consiste en la evaluación a través de mediciones concretas en la zona de estudio, comenzando antes de la actuación para, mediante la aplicación de índices e indicadores que puedan ser analizados de nuevo tras la actuación de restauración fluvial, poder cuantificar el grado de incidencia y, en su caso, de mejora, del sistema que ha asistido a la actuación. De este modo, la comparativa entre los periodos puede servir para realizar un análisis más preciso y cuantificado de los cambios hidromorfológicos producidos.

4.4 FICHAS DE SEGUIMIENTO

En esta publicación se presentan tres tipos de ficha, una para cada tipo de actuación de restauración fluvial. En cada una de ellas hay unos datos básicos que son iguales para las tres fichas. La segunda parte de las mismas se compone de 8 preguntas con respuesta cerrada, pero que incluye un extenso apartado para describir lo observado en el campo. Sería muy conveniente aportar documentación gráfica que complemente la información y que pueda servir, además, para la resolución posterior de dudas que puedan surgir a la hora de evaluar las actuaciones.

Las fichas recogen la siguiente información:

Ficha de retirada de elementos transversales en el cauce (azudes, vados, presas)

Las preguntas referentes al análisis son las siguientes:

¿Quedan restos de la estructura en el cauce o en las orillas?

Sí / No

Es importante ver la zona de actuación y buscar restos de la estructura, como bloques de hormigón, piedras o hierros y forjados, que se localicen en el interior del cauce del río o en las orillas. Estos materiales tienen la consideración de residuos de construcción y demolición y deben ser tratados como tales. No así los sedimentos acumulados aguas arriba del azud que deben respetarse para que el río los movilice y deposite. Sólo en el caso de sedimentos contaminados puede tener justificación su retirada.

¿Por qué es importante que no haya restos?

Dada la naturaleza de la actuación, que consiste en la eliminación de elementos transversales para devolver la naturalidad al sistema fluvial, la presencia de material no natural es una afección. Si se retira el obstáculo, hay que eliminar cualquier resto del mismo para conseguir una mejor restauración.

Datos básicos

Curso fluvial: Nombre del río o arroyo.

Cuenca: Cuenca hidrográfica en la que se enmarca el curso fluvial. Si se trata de un arroyo o un tributario de escasa entidad, conviene localizarlo con respecto a una subcuenca definida por un tributario de importancia dentro de la cuenca hidrográfica que nos encontremos.

Coordenadas: Localización geográfica.

Municipio/localidad: También se puede incluir información del topónimo del lugar.

Fecha de la visita al campo.

Fecha de la actuación: Es importante conocer la fecha de la realización de la actuación para establecer la temporalidad al completar la ficha.

Denominación de la actuación: Título del proyecto o descripción del mismo de forma breve.

Entrada de datos realizada por: Puede ser un nombre particular o una asociación.

Caudal: Alto; Normal; Bajo; Sin caudal (en el momento de observación). Si se lleva a cabo un aforo directo consignar el dato. Si se conoce a través de una red de hidrometría, también.

Uso de la zona: Ocio/recreativo; Urbano; Agrícola; Sin uso definido.

¿Cómo cuantificar la presencia de restos de la estructura?

Se puede contabilizar el número de elementos que hay, así como su tamaño. Si se puede acceder a ellos, se podrían tomar medidas. En posteriores visitas al campo, se debería ver si se han retirado los elementos e incluso ver si el propio río se encarga de movilizarlos aguas abajo.

Río Valdavia. Polvorosa de Valdavia. Palencia.

Restos de un azud parcialmente destruido por falta de mantenimiento. Como consecuencia de la rotura parcial se recupera parte de la continuidad longitudinal del cauce, no obstante, la parte de cuerpo del azud que permanece (flecha negra) actúa como un deflector con lo que está produciendo una erosión acelerada en la margen opuesta (flecha roja). Su retirada ha de ser acometida por motivos hidráulicos. La flecha azul indica el sentido de la corriente.

Río Valdavia. Polvorosa de Valdavia. Palencia.
Demolición del azud. Se observa claramente la erosión en la margen izquierda, al fondo de la imagen.

¿Se observan procesos de erosión lateral o descalces en las orillas?

Sí, en una margen / Sí, en ambas márgenes / No

Los procesos de erosión lateral son normales en los cursos fluviales dinámicos. Sin embargo, la aceleración o la excesiva presencia de dichos procesos pueden ser consecuencia de una dinámica fluvial modificada. Tras la retirada de elementos transversales que ejercían una función de embalse de agua, es habitual que, con la pérdida del agua embalsada que ejercía presión en las orillas, y tras el arrastre de los materiales que se depositaban en el vaso del embalse por el efecto de retención de caudal sólido, se incrementen los procesos de erosión lateral. Además, se pueden producir erosiones en la base de las orillas, originando descalzamientos.

¿Cómo se pueden cuantificar estos procesos?

La realización de fotografías o esquemas de las zonas más dinámicas puede servir para comparar los procesos. Si se tiene la posibilidad de acudir posteriormente, se pueden instalar testigos fijos (clavos, estacas...) y tomar medidas desde ellas hacia los escarpes de las orillas para comparar la erosión lateral.

¿Se observa incisión en el cauce?

Sí / No

La incisión es otro proceso que se produce de forma natural en los cursos fluviales. Es importante analizar la incisión para ver si ese proceso se ha incrementado de forma excesiva.

¿Cómo se pueden cuantificar estos procesos?

El análisis de los elementos del cauce aguas arriba y aguas abajo del obstáculo eliminado puede permitir ver si hay procesos de incisión. Las zonas aguas abajo de los pilares de los puentes o de sectores con defensas son susceptibles de mostrar áreas con mayor erosión por incisión. Si se tiene la posibilidad de acudir al campo, se pueden realizar secciones transversales desde la misma zona (marcar bien los puntos en las orillas para realizar el perfil lo más parecido posible en sucesivas visitas y para poder comparar datos) y analizar los cambios que se producen entre las visitas

al campo y ver si tienen relación con la retirada del obstáculo transversal.

¿Se observan cambios en la estructura de la sedimentación o sedimentos que no se correspondan con los localizados aguas arriba y abajo de la zona de actuación?

Sí / No

La sedimentación es un proceso natural que los cursos fluviales realizan, junto con el transporte de material, a través del flujo de agua. Las alteraciones en la estructura de la sedimentación pueden significar un incremento o una pérdida de material sedimentario por causas no naturales. Si hay sedimentos que no son los que se corresponden con el curso natural pueden deberse a aportaciones de canteras, escombreras, obras...

¿Por qué es importante que haya una buena estructura?

Una correcta estructura del material sedimentario será importante a la hora de movilizar dicho material a través de los procesos de transporte fluvial. La incorrecta posición de los sedimentos puede dar lugar a estabilizaciones (cuando los sedimentos de mayor tamaño impiden el transporte porque el curso de agua no tiene suficiente fuerza) o a graves incisiones cuando el material es demasiado fino y el río no presenta dificultades para movilizarlo, pudiendo erosionar hasta hacer aparecer la roca madre.

¿Cómo se puede analizar la estructura de los sedimentos?

Mediante un análisis visual se puede apreciar si hay material que no procede del sistema fluvial (coloración distinta, acumulaciones "extrañas", grandes bloques en zonas donde no deberían estar presentes...). Por otro lado, se puede realizar un análisis más técnico de las barras y depósitos del cauce, analizando la composición textural de la parte superior por un lado (análisis superficial) y, por otro, la interna mediante un análisis en profundidad (análisis subsuperficial). Para este último hay que obtener muestras a cierta profundidad por lo que si disponemos de maquinaria, por ejemplo una retroexcavadora, nos puede resultar muy útil extraer una muestra suficientemente representativa.

¿Se observa, aguas abajo del azud retirado, una gran cantidad de material sedimentario procedente en su mayoría del antiguo vaso del azud?

Sí / No

Al eliminar una barrera de esas características es normal que el material depositado

Río Bernesga.
La Pola de Gordón. León.

Incisión en los acarreos tras la demolición del azud de La Gotera en el río Bernesga. La flecha señala un resto del estribo derecho del azud. La movilización de los acarreos comienza en las primeras fases de la demolición, aunque los caudales sean pequeños, ya que se trata de un material poco consolidado.

Río Bernesga. Villasimpliz. La Pola de Gordón. León.

Una pequeña crecida del río Bernesga acaecida un mes después de la demolición del azud de La Gotera en el río Bernesga (La Pola de Gordón-León) que dio lugar a unas puntas de caudal ligeramente superiores a los 16 m^3/s (ver hidrograma adjunto en la página siguiente), supuso la movilización de unos 20.000 m^3 de sedimentos que se repartieron aguas abajo en función de sus tamaños. La foto está tomada después de dicha crecida y se aprecia la potencia de los sedimentos movilizados. El hecho de que este tipo de materiales se encuentren en una situación de desequilibrio, explica que con caudales muy inferiores a los geomórficos (en este caso el caudal correspondiente a la crecida ordinaria superaría en este punto los 60 m^3/s) se produzca una gran movilización de los mismos, que ayuda a la restauración de la morfología original del río.

durante años en el vaso del azud se movilice aguas abajo.

¿Por qué es importante analizar este indicador?

Hay que tener en cuenta el tiempo desde que se ha realizado la actuación de retirada y las visitas al campo. Si se acude al poco de la actuación, es normal encontrar material del vaso en las zonas aguas abajo, llegando a formar depósitos de importancia. Si el funcionamiento del sistema fluvial es correcto, esos depósitos irán disminuyendo conforme el río movilice los sedimentos. Si el funcionamiento del sistema fluvial no es el adecuado, esos depósitos no se movilizarán, dando lugar a una estabilidad que no es natural. Una forma de poder seguir el transporte del material es marcarlo "in situ" en la zona de actuación lo que nos ayudará a reconocerlo cuando se transporte y deposite aguas abajo. Requiere pintar un gran número de piedras, para poder reconocer algunas de ellas aguas abajo y se usa para las rocas de cierto tamaño, de gravas en adelante.

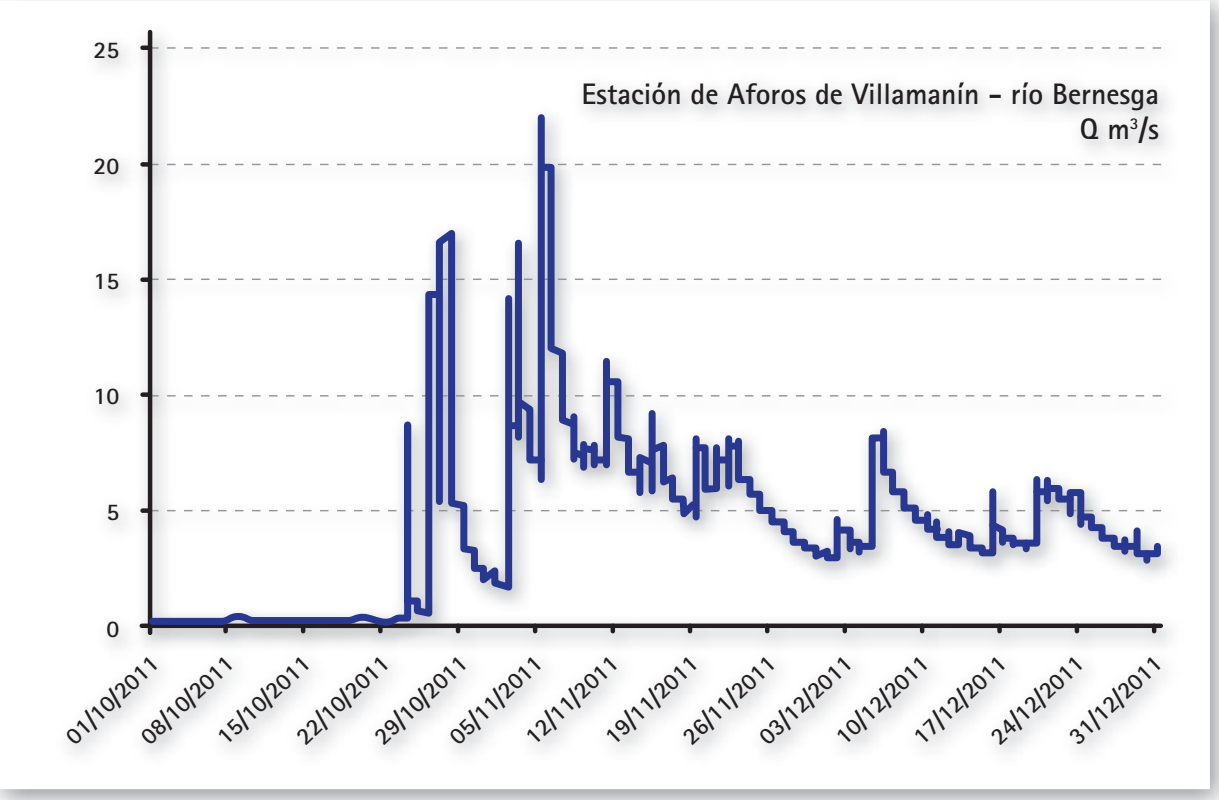
¿Cómo se puede cuantificar el material sedimentario?

Lo ideal es analizar previamente la zona, antes de la retirada del obstáculo, tomando abundante información gráfica de los depósitos que existan (si es que los hay). Después, una vez finalizada la actuación, conviene realizar varias visitas para volver a tomar material gráfico con el cual poder comparar en trabajo de gabinete el movimiento de los depósitos. Si hay posibilidad de contar con fotografías aéreas de varios periodos, se pueden calcular las superficies y conocidas las potencias medias se puede calcular el volumen total.

¿Hay exceso de vegetación en el cauce?

Sí / No

La mayoría de los sistemas fluviales tienen vegetación en el cauce. Una presencia excesiva dentro de los cauces suele deberse a condiciones de estabilidad del caudal (au-



sencia de crecidas) u ocupaciones del cauce con cultivos, como por ejemplo choperas, que generará un estado de fijación del cauce y las márgenes que no es natural.

¿Por qué es importante analizar este indicador?
Tal y como se ha dicho, la presencia de abundante vegetación en el cauce modificará el comportamiento natural del río. Puede generar una estabilidad que no es la que el sistema tiene de forma natural, favoreciendo el desarrollo de comunidades vegetales que, además, frenarán el flujo de agua. Dentro de la vegetación que hay que analizar se encuentran también las algas y macrófitos.

¿Cómo se puede cuantificar la vegetación en el cauce?
El material gráfico es muy importante a la hora de analizar el desarrollo de la vegetación. Normalmente, las barreras transversales que embalsan agua suelen desarrollar una vegetación más densa en las orillas, favorecido por la estabilidad de la lámina de agua y la ausencia de variaciones bruscas de nivel de agua. También es frecuente el crecimiento de especies que crecen dentro del vaso del azud o infraestructura similar. Se puede intentar medir la superficie (cobertura) expresada porcentualmente y la estratificación. La identificación de especies resulta muy útil en esta fase.

¿Se han reacondicionado los accesos a la zona tras la retirada de la maquinaria pesada utilizada para la restauración fluvial?

Sí, completamente / Sí, parcialmente / No
Es importante que, cuando se realicen actuaciones de mejora y restauración fluvial, la zona no quede alterada posteriormente debido al acceso de maquinaria pesada. Es muy difícil volver a las condiciones iniciales porque la maquinaria suele necesitar accesos adecuados al gran tamaño, pero hay que intentar minimizar las afecciones en este apartado.

¿Por qué es importante analizar este indicador?
Dado que se va a actuar para devolver la naturalidad al sistema fluvial, es contraproducente actuar de forma positiva en un ámbito (cauce y márgenes) y de forma negativa en otras zonas (riberas, bosques ribereños...).

¿Cómo se puede analizar este parámetro?
El análisis básico consiste en la observación de los accesos construidos para poder acceder a la actuación y ver si ha existido una recuperación posterior. Por ejemplo, si se han habilitado caminos o sendas con material procedente de la obra, es conveniente que se hayan retirado con posterioridad a la finalización de la actuación. Restos de basura, material abandonado... son otro ejemplo de elementos que deberían eliminarse para un reacondicionamiento de la zona.

Ficha de retirada de motas / defensas laterales

Las preguntas referentes al análisis son las siguientes:

¿Se ha eliminado la mota/defensa lateral en su totalidad?

Sí, eliminación total / No, pero se ha eliminado parcialmente / No, pero se ha sustituido por medidas "blandas"
Siempre que se pueda, la eliminación total de las defensas laterales es la mejor opción de cara a devolver la naturalidad al sistema fluvial. En algunas ocasiones la eliminación no es total sino parcial. Otras veces lo que se hace es sustituir las defensas conocidas como "duras" (hormigón, cemento, bloques, grandes piedras...) por defensas "blandas" (bioingeniería).

¿Por qué es importante analizar este parámetro?
Las defensas laterales limitan la movilidad de los cursos fluviales, generando zonas donde el río no va a poder moverse lateralmente. Esta estabilización no es adecuada para un buen funcionamiento fluvial, por lo que la retirada de motas y elementos defensivos laterales supone, a priori, una mejora de calidad.

Datos básicos

Curso fluvial: Nombre del río o arroyo.

Cuenca: Cuenca hidrográfica en la que se enmarca el curso fluvial. Si se trata de un arroyo o un tributario de escasa entidad, conviene localizarlo con respecto a una subcuenca definida por un tributario de importancia dentro de la cuenca hidrográfica que nos encontremos.

Coordenadas: Localización geográfica.

Municipio/localidad: También se puede incluir información del topónimo del lugar.

Fecha de la visita al campo.

Fecha de la actuación: Es importante conocer la fecha de la realización de la actuación para establecer la temporalidad al completar la ficha.

Denominación de la actuación: Título del proyecto o descripción del mismo de forma breve.

Entrada de datos realizada por: Puede ser un nombre particular o una asociación.

Caudal: Alto; Normal; Bajo; Sin caudal (en el momento de observación). Si se lleva a cabo un aforo directo consignar el dato. Si se conoce a través de una red de hidrometría, también.

Uso de la zona: Ocio/recreativo; Urbano; Agrícola; Sin uso definido.

Proceso de recuperación de la conectividad lateral de un río

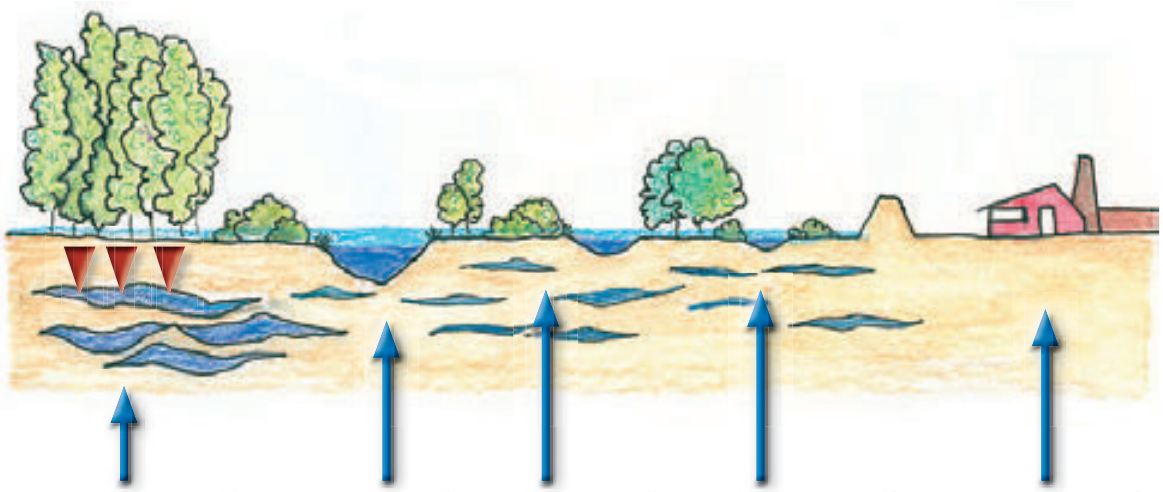
Elevación artificial del terreno para defensa contra avenidas (mota). El material suele proceder de dragados del propio cauce.

En un proceso de avenida el caudal queda encauzado aumentando tanto su velocidad como su capacidad de arrastre y erosiva. Se incrementa la potencia específica y ello produce incisión.

La llanura de inundación no funciona como tal, y cuando lo hace, las propias motas evitan que desagüe con naturalidad, favoreciendo el encharcamiento de las tierras adyacentes.
A veces se produce inundación por infiltración desde el cauce al terreno adyacente.

ELIMINACIÓN

RETRANQUEO



El agua inunda las zonas próximas a la ribera favoreciendo la recarga de acuíferos y depositando limos que fertilizan la tierra.

En el proceso de avenida el caudal se distribuye hacia la llanura de inundación disminuyendo su velocidad, calado y capacidad erosiva.

Aumenta la vegetación por el aporte de nutrientes y la elevación del nivel freático.

Se recupera la red hídrica de cauces secundarios y los ecosistemas fluviales asociados, incluyendo los humedales aluviales.

Se mantiene un aceptable nivel de protección sobre bienes y personas que en muchos casos se sitúan, ilegalmente sobre el propio Dominio Público Hidráulico o las llanuras de inundación muy expuestas a los riesgos de inundación.

Por otra parte, si dichos elementos están sobreelevados sobre el terreno como es el caso de las motas, se produce una pérdida de capacidad de laminación, con un incremento de caudales y velocidades que pueden trasladar el problema de la inundación aguas abajo. Recuperar las zonas inundables es una operación básica de gestión fluvial que redunda en un aumento de la seguridad y de la naturalidad.

¿Cómo cuantificar la retirada de defensas laterales?

Lo más sencillo es tomar mediciones de la longitud de los elementos retirados, así como sus características básicas, como altura, tipo de defensa... El material gráfico que se obtenga en el campo puede servir para ilustrar los datos.

¿Quedan restos de la estructura en el cauce?

Sí / No

Es importante ver la zona de actuación y buscar restos de la estructura, como bloques de hormigón o hierros y forjados de la estructura, que se localicen en el interior del cauce del río.

¿Por qué es importante que no haya restos?

Dada la naturaleza de la actuación, que consiste en la eliminación de elementos laterales para devolver la naturalidad al sistema fluvial, la presencia de material no natural es una afección. Si se retira el obstáculo, hay que eliminar cualquier resto del mismo en el cauce para conseguir una mejor restauración.

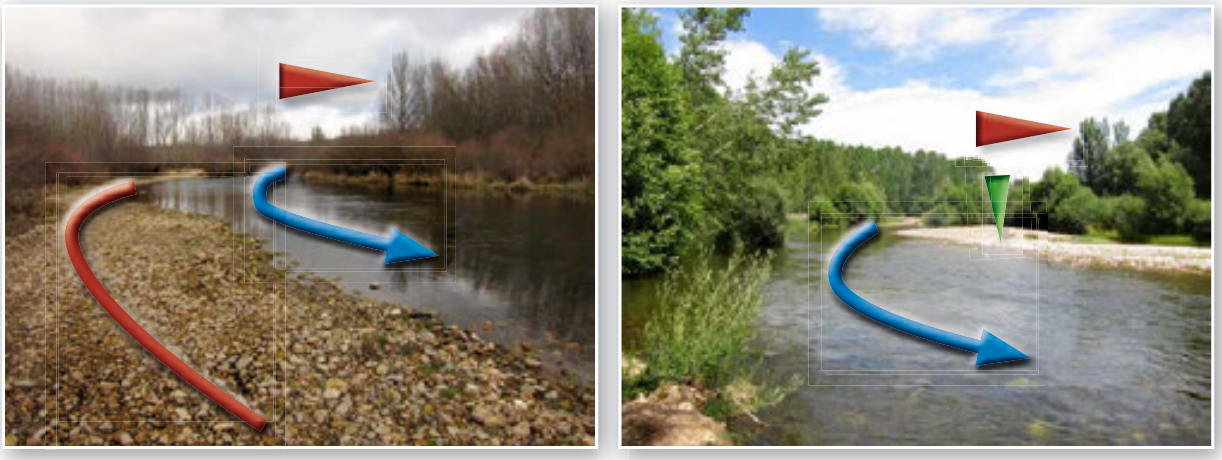
¿Cómo cuantificar la presencia de restos de la estructura?

Se puede contabilizar el número de elementos que hay, así como su tamaño. Si se puede acceder a ellos, se podrían tomar medidas. En posteriores visitas al campo, se debería ver si se han retirado los elementos e incluso ver si el propio río se encarga de movilizarlos aguas abajo.

¿Quedan restos de la estructura en las orillas?

Sí, en una margen / Sí, en ambas márgenes / No

Es importante ver la zona de actuación y buscar restos de la estructura, como bloques de hormigón o hierros y forjados de la estructura, que se localicen en las orillas del curso fluvial.



Río Órbigo. Quintanilla de Sollamas. León.

Estas fotografías están tomadas aproximadamente en la misma localización (tómese como referencia el chopo señalado con la flecha roja). La imagen de la izquierda se realizó pocos meses después de la retirada de una mota (línea roja) dentro de las obras de restauración del río Órbigo. La imagen de la derecha se realizó un año y medio después. El cauce de aguas bajas del río está desplazándose hacia la izquierda de la foto (margen derecha) y ha ocupado el terreno sobre el que se disponía la mota. En la margen opuesta, en la cara interna de la curva, se está depositando una barra semilunar (flecha verde), siguiendo un patrón hidráulico universal.

Río Órbigo. Cimanes del Tejar. León.

El empleo de vegetación como elemento de estabilización de la ribera puede ser una alternativa al empleo de escolleras, gaviones o estructuras de hormigón. En este caso en un tramo periurbano de la margen izquierda del río Órbigo se ha utilizado una plantación muy densa de estaquilla de diferentes especies de sauces presentes en el tramo y recolectadas "in situ".

¿Por qué es importante que no haya restos?

Dada la naturaleza de la actuación, que consiste en la eliminación de elementos laterales para devolver la naturalidad al sistema fluvial, la presencia de material no natural es una afección. Si se retira el obstáculo, hay que eliminar cualquier resto del mismo en las orillas porque suponen modificaciones del perfil y actúan como barreras laterales.

¿Cómo cuantificar la presencia de restos de la estructura?

Al igual que en los elementos del cauce, se puede contabilizar el número de elementos que hay en las orillas, así como su tamaño. Si se puede acceder a ellos, se podrían tomar medidas.

¿Se observan procesos de erosión lateral o descalces en las orillas?

Sí, en una margen / Sí, en ambas márgenes / No

Los procesos de erosión lateral son normales en los cursos fluviales dinámicos. Sin embargo, la aceleración o la excesiva presencia de dichos procesos pueden ser consecuencia de una dinámica fluvial modificada. Tras la retirada de elementos laterales que ejercían una función de defensa de margen, es habitual que se incrementen los procesos de erosión lateral. Además, el cauce puede erosionar la base de las orillas, originando descalzamientos.

¿Cómo se puede cuantificar estos procesos?

La realización de fotografías o esquemas de las zonas más dinámicas puede servir para comparar los procesos. Si se tienen la posibilidad de acudir posteriormente, se pueden instalar testigos fijos (clavos, estacas...) y tomar medidas desde ellas hacia los escarpes de las orillas para comparar la erosión lateral.

¿Se observa incisión en el cauce?

Sí / No

La incisión es otro proceso que se produce de forma natural en los cursos fluviales. Es importante analizar la incisión para ver si

ese proceso se ha incrementado de forma excesiva, en especial tras la retirada de un elemento lateral.

¿Cómo se puede cuantificar este proceso?
El análisis de los elementos del cauce aguas arriba y aguas abajo del obstáculo eliminado puede permitir ver si hay procesos de incisión. Las zonas aguas abajo de los pilares de los puentes o de sectores con defensas son susceptibles de mostrar áreas con mayor erosión por incisión. Si se tiene la posibilidad de acudir al campo, se pueden realizar secciones transversales desde la misma zona (marcar bien los puntos en las orillas para realizar el perfil lo más parecido posible en las siguientes visitas para poder comparar datos) y analizar los cambios que se producen entre las visitas al campo y ver si tienen relación con la retirada del obstáculo transversal.

¿Se observa incisión en el cauce?

Sí, gravemente / Sí, ligeramente; No
La necesidad de utilizar maquinaria pesada para la retirada de las defensas laterales puede afectar al cauce del río. Estas afecciones pueden ser de mayor o menor gravedad en función de la intensidad del impacto.

¿Por qué es importante analizar la afección sobre el cauce?
Debido al uso de maquinaria pesada, tal y como se ha comentado, se puede afectar al cauce de forma que la modificación sea permanente, como por ejemplo la excavación en la zona del lecho cerca de la defensa. Otras veces, las afecciones son menores y el propio río se encargará de volver a un estado naturalizado.

¿Cómo se puede analizar este proceso?
Es conveniente acudir al campo antes de la actuación para realizar un análisis visual de la zona, tomando abundantes fotografías. También sería correcto recorrer el tramo durante la actuación, para observar el proceso y comprobar si las obras se realizan desde las orillas o también hay trabajos desde el cauce. Finalmente, se pueden realizar visitas posteriores para ver la evolución de la zona de actuación, haciendo hincapié en el análisis visual de la zona afectada para po-

Río Órbigo. Santa Coloma de las Monjas. Zamora.

Crecida del Órbigo en las proximidades de su desembocadura en el Esla. Mota de protección adosada al núcleo de población. Este tipo de defensa es más efectiva cuanto más cerca se encuentre de lo que intenta proteger. Se consigue así respetar la llanura de inundación y su capacidad de laminación. Por otra parte, las obras son más baratas, ya que la altura y el tamaño de la mota ha de ser mucho menor que cuando se adosa a la orilla.

der comparar la información gráfica obtenida antes de la actuación.

¿Aparece colonización vegetal en el talud restaurado?

Sí, vegetación autóctona / Sí, vegetación alóctona / No

Tras la eliminación de las defensas laterales comienza el proceso de colonización vegetal con especies de la zona adyacente. Es importante estudiar si el proceso de colonización es activo o si, por el contrario, no hay colonización o no es la adecuada.

¿Por qué es importante el proceso de colonización vegetal?

Este proceso se denomina en ecología sucesión. Su comienzo significa que la dinámica fluvial se está recuperando. El desarrollo de la vegetación va configurando un mosaico que cambia y se mueve con las crecidas (shifting habitat mosaic) que confiere dos características ligadas a una gran biodiversidad: el cambio (dinamismo) y el efecto de borde (mosaicismo). De ahí que la vegetación de ribera o ligada a la dinámica fluvial pueda suponer hasta el 70 % de las especies presentes en un determinado territorio. Cuanto más diversa sea la vegetación de ribera, más diversa será la fauna ligada a los hábitats ribereños. Por otra parte, la presencia de vegetación en las márgenes sirve para frenar el flujo de agua en momentos de crecida, laminando y depositando sedimentos.

¿Cómo se puede analizar la colonización vegetal?

Se debe acudir al campo con posterioridad a la retirada de la defensa, dejando un plazo para que la vegetación pueda empezar a colonizar la zona. En visitas posteriores se deberá analizar la composición y la estructura de la vegetación para ver si las especies que van creciendo son las adecuadas y no aparecen especies invasoras, generalmente de crecimiento más rápido pero que desplazan a las autóctonas. El análisis puede enriquecerse con la toma de imágenes que sirvan para el trabajo de los datos en gabinete. Si hay duda sobre las especies, siempre se puede consultar con algún experto o determinar con el uso de guías y claves.

¿Se han reacondicionado los accesos a la zona tras la retirada de la maquinaria pesada utilizada para la restauración fluvial?

Sí, completamente / Sí, parcialmente / No

Es importante que cuando se realicen actuaciones de mejora y restauración fluvial la zona no quede alterada posteriormente debido al acceso de maquinaria pesada. Es muy difícil volver a las condiciones iniciales porque la maquinaria suele necesitar accesos adecuados al gran tamaño, pero hay que intentar minimizar las afecciones en este apartado.

¿Por qué es importante analizar ese parámetro?

Dado que se va a actuar para devolver la naturalidad al sistema fluvial, es contraproducente actuar de forma positiva en un ámbito (cauce y márgenes) y de forma negativa en otras zonas (riberas, bosques ribereños...).

¿Cómo se puede analizar este parámetro?

El análisis básico consiste en la observación de los accesos construidos para poder acceder a la actuación y comprobar si ha existido una recuperación posterior. Por ejemplo, si se han habilitado caminos o sendas con material procedente de la obra, es conveniente que se hayan retirado con posterioridad a la finalización de la actuación. Restos de basura o material abandonado son otro ejemplo de elementos que deberían eliminarse para un reacondicionamiento de la zona.

Ficha de actuaciones de restauración de vegetación ribereña

Las preguntas referentes al análisis son las siguientes:

¿Es estrictamente necesario llevar a cabo una actuación de restauración de la vegetación de ribera?

Sí / No

La pregunta aunque resulte chocante, es de lo más pertinente. La breve historia de la restauración de ríos nos muestra que, en muchos casos, se confunde restauración de ríos con "jardinería fluvial". En efecto, muchas personas ajenas a este ámbito de trabajo piensan que restaurar ríos es plantar árboles de ribera. Además, numerosos técnicos y "expertos" se enfrentan a este tipo de actuaciones con poca preparación y muchos prejuicios, entre los cuales destaca el que la mejor actuación de restauración de ríos es plantar árboles para "recuperar el bosque de ribera".

Esto esa algo que debemos matizar, ya que es más correcto hablar de vegetación de ribera, que de bosque de ribera. En muchas riberas, debido a una fuerte dinámica fluvial, la vegetación no puede alcanzar una fisonomía de "bosque", sino que se queda en etapas sucesionales herbáceas y arbustivas, de porte más bajo; o se desarrollan bosques de escasa cobertura que no alcanzan la madurez debido a la elevada frecuencia de las crecidas.

Se da la paradoja de que numerosos bosques galería se han desarrollado en tramos de ríos muy modificados. Es muy frecuente que aguas abajo de grandes embalses, cuando éstos tienen suficiente capacidad para laminar las puntas de avenida, la estabilización del cauce favorece el desarrollo de una vegetación de ribera de porte arbóreo que en condiciones normales no se daría y que puede incluso llegar a ocupar una buena parte del cauce. Por otra parte, cuando el río se usa para transportar agua de riego, en verano, los caudales son anormalmente altos y ponen a disposición de la vegetación de ribera una lámina de agua más alta que

Datos básicos

Curso fluvial: Nombre del río o arroyo.

Cuenca: Cuenca hidrográfica en la que se enmarca el curso fluvial. Si se trata de un arroyo o un tributario de escasa entidad, conviene localizarlo con respecto a una subcuenca definida por un tributario de importancia dentro de la cuenca hidrográfica que nos encontremos.

Coordenadas: Localización geográfica.

Municipio/localidad: También se puede incluir información del topónimo del lugar.

Fecha de la visita al campo.

Fecha de la actuación: Es importante conocer la fecha de la realización de la actuación para establecer la temporalidad al completar la ficha.

Denominación de la actuación: Título del proyecto o descripción del mismo de forma breve.

Entrada de datos realizada por: Puede ser un nombre particular o una asociación.

Caudal: Alto; Normal; Bajo; Sin caudal (en el momento de observación). Si se lleva a cabo un aforo directo consignar el dato. Si se conoce a través de una red de hidrometría, también.

Uso de la zona: Ocio/recreativo; Urbano; Agrícola; Sin uso definido.

Río Moros. Valdeprados. Segovia.

En zonas encañonadas de ríos no regulados o con escasa regulación como es el caso del cañón de Guijasalvas, la vegetación de ribera no alcanza ni un gran porte ni una gran cobertura, pues la velocidad del agua durante las crecidas lo impide.

la correspondiente al estiaje, que garantiza más disponibilidad de agua freática coincidiendo con el periodo vegetativo. En tramos en los que tenemos muchos azudes, con láminas de agua estabilizadas en verano ocurre lo mismo. Aún así, siendo un producto de la modificación drástica de un ecosistema acuático de naturaleza lótica, muchos de estos bosques galería han sido incorporados a la Red Natura 2000 bajo la denominación de Lugar de Importancia Comunitaria de ribera, y cuando se plantean proyectos y actuaciones de verdadera restauración fluvial, consistentes en devolver un régimen de caudales más parecido al natural o devolver espacio al río para que pueda desplazarse lateralmente los responsables de la evaluación de impacto ambiental y de la Red Natura 2000 ponen reparos a este tipo de actuaciones al amparo de la "protección del bosque de ribera".

¿Se ha alterado la morfología de la zona?

Sí / No

La ribera es un terreno muy dinámico sometido a todo tipo de presiones. La mera recuperación de la misma, mediante operaciones de retirada de obstáculos perpendiculares y transversales u ocupaciones de terrenos o liberación de caudales formativos, es la mejor restauración. Una vez recuperado el terreno, los procesos de sucesión secundaria que lleva a cabo la vegetación de ribera de forma natural, tal y como veíamos en el

Río Duero. Pereruela. Zamora.

Meandro encajado al comienzo de Los Arribes entre los términos de Almaraz de Duero y Pereruela.Vegetación colonizadora de una barra semilunar en la margen izquierda del río Duero. El aspecto nos indica que es una zona muy batida por las crecidas, de hecho es el cauce de aguas altas o cauce propiamente dicho, en la que domina el suelo desnudo con gravas y arenas y una vegetación rala entre la que destacan algunas matas de tarajes (Tamarix sp). En primer plano, ya sobre la terraza, unas matas de retama, vegetación de tipo climatófilo no de ribera.

apartado 7 de la anterior ficha, son más que suficientes.

¿Por qué es importante analizar las modificaciones de la morfología?

Porque la recuperación de las riberas no debería entrañar alteraciones de la morfología de las orillas, dado que se va a restaurar un elemento del río y no por ello se debe penalizar en otros elementos. Nunca es justificable llevar a cabo actuaciones de plantación de vegetación de ribera alterando la morfología del cauce.

¿Cómo se puede cuantificar este parámetro?

Lo más adecuado es acudir al campo antes de realizar la actuación para ver el estado general de la zona, tomando imágenes. También se puede visitar en el momento en que se realice la retirada de la vegetación, para ver la afección de la maquinaria sobre el área. En caso de que exista una afección, se pueden tomar medidas de longitud y grado de deterioro del área afectada.

¿Se han utilizado especies autóctonas en la restauración?

Sí / No

Es importante restaurar los espacios ribereños con especies naturales, autóctonas, evitando el uso de especies ornamentales o todas aquellas que no sean las que se desarrollan de forma natural en la zona. Lo mejor es huir de los viveros comerciales, a no ser que nos garanticen mediante una adecuada trazabilidad, que la vegetación que nos ofrecen es adecuada a la zona (taxones idénticos a los presentes en la zona dónde

vamos a actuar y procedentes de localizaciones ecológicamente similares).

Lo más barato y práctico es el uso de estaquillas, aunque no todas las especies son capaces de desarrollarse por este método. Sauces y rosáceas se dan muy bien, mientras que álamos, fresnos y alisos no. Puede resultar adecuado montar un pequeño vivero en la zona de actuación, en el cual podamos obtener planta a partir de semilla que luego trasplantemos.

¿Por qué es importante usar especies autóctonas?

Es importante porque están mejor adaptadas a las condiciones en las que se desarrolla la actuación. Por otra parte, ciertas especies alóctonas o clones genéticamente modificados que se utilizan en las plantaciones de ribera pueden competir con las autóctonas y desplazarlas, perdiéndose la riqueza que existe en los bosques de ribera.

¿Cómo se puede cuantificar este parámetro?

Con un buen control de calidad de la planta o de la semilla que se utilice. Si se trata de estaquillas obtenidas "in situ" hay que tener mucho cuidado cuando se obtienen de sauce, ya que este género tienen numerosas especies y subespecies que hibridan y podríamos estar propagando taxones que no interesan. Existen tablas de identificación que nos pueden ayudar en estas cuestiones, y nunca está de más consultar a un experto.

Río Cea. Cea. León.

Una típica actuación con la vegetación de la ribera es su poda y aclareo, práctica que económicamente tiene poco sentido, ya que sirve para disminuir la rugosidad durante períodos muy cortos. La capacidad de regeneración de este tipo de vegetación es muy grande, y tarda muy poco en volver al estado original. Esta práctica ha ido sustituyendo a la eliminación total que se llevaba a cabo antes mediante maquinaria pesada, que implicaba la destrucción de la morfología de toda la ribera y la desaparición de toda la vegetación de porte arbóreo y arbustivo.

¿Se ha realizado alguna actuación de conexión de las orillas con el cauce?

Sí / No porque ya existe conexión / No

La conexión de las riberas con el cauce es fundamental para mantener el intercambio sedimentario y de nutrientes entre ambos espacios. Las obras y modificaciones en estos espacios pueden limitar la conexión, lo cual supone una pérdida de calidad fluvial.

¿Por qué es importante la conexión de las orillas con el cauce?

Como ya se ha dicho, una buena conexión favorece un correcto aporte sedimentario y de nutrientes desde el cauce a las márgenes, en momentos de crecida, y viceversa, desde las márgenes al cauce en los procesos de erosión naturales que se producen en todo el territorio. Además, la ausencia de desconexiones también es importante para facilitar el desplazamiento de la fauna.

¿Cómo analizar las actuaciones de conexión?

En caso de que exista alguna actuación, habría que analizar su tipología, en qué consiste, para qué se realiza y cuál es su función principal.

¿Hay individuos secos o muertos que indiquen una mala conexión del nivel freático?

Sí, muchos / Sí, algunos / No

Si las zonas donde se llevan a cabo las plantaciones no son las adecuadas, o se

Cauce seco del río Arevalillo. Arévalo. Ávila.

Entre la vegetación de los ríos destacan por su importancia las algas, si bien no son propiamente plantas y constituyen un grupo filogenéticamente heterogéneo. Su importancia es enorme ya que de ellas depende buena parte de la producción primaria del ecosistema fluvial, y por otra parte tienen valor bioindicador de la calidad físico-química del agua. Aquí se puede observar una bioderma, que nos recuerda algunos tipos de geotextil. Se trata de los restos filamentosos entrelazados que quedan cuando se secan los humedales o los ríos. En muchos casos, estas biodermas pueden indicar un problema de eutrofización del agua.

Río Sequillo. San Pedro de Latarce. Valladolid.

En los ríos canalizados, si no se pueden descanalizar, conviene llevar a cabo actuaciones de revegetación. Se supone que cuando se desarrolle una vegetación que dé sombra, un dosel, se produce una disminución de la cobertura de macrofitas en el cauce, en este caso espadañas (Typha sp) aunque lo cierto es que estas condiciones son muy teóricas y hay que llevar a cabo labores muy intensas para obtener resultados. En la imagen se aprecian plantaciones de álamos y sauces.

llevan a cabo un año excepcionalmente seco, puede darse una mortandad elevada. Evidentemente, dependiendo de la vegetación empleada en la restauración el acceso al nivel freático será más o menos fácil. Así la estaquilla ha de plantarse en la ribera propiamente dicha, próxima al nivel de aguas bajas, mientras que si se emplea planta y se dispone de maquinaria, la plantación puede llevarse a cabo a raíz profunda, lo que facilita el acceso de la planta al agua. Se pueden dar riegos, aunque encarece mucho las labores. En cualquier caso, no está de más plantearse las labores de plantación a medio/largo plazo, en sucesivas campañas que supongan la reposición de las marras de los años anteriores.

¿Por qué es importante analizar la conexión del freático?

Si las orillas han quedado elevadas por encima del nivel del cauce de una forma notable, es complicado que el nivel freático alcance una cota suficiente para las raíces de la vegetación de ribera, por lo que el aporte de agua será deficiente y se producirá mortandad de ejemplares y colonización por parte de especies adaptadas a la falta de agua.

¿Cómo analizar la conexión con el freático?

Hay que observar en campo si se ha producido una fuerte incisión del lecho, con la aparición de escarpes o terrazas que quedan colgadas a una altura excesiva (varios

metros), lo cual suele originar un descenso del nivel freático en las riberas. Además, se puede analizar la estructura interna de los bosques ribereños para ver si hay individuos secos y muertos, contabilizándolos para, en posteriores visitas al campo, poder comparar si hay un incremento de ellos.

¿Se observa una mejora de la estructura ribereña con la aparición de nuevos estratos (herbáceo, subarbustivo, arbustivo, lianoide, arbóreo)?

Sí, en toda la zona / Sí, en algunas zonas / No

La vegetación ribereña no se compone únicamente de especies arbóreas. La riqueza de las riberas se debe a la presencia de un mosaico que cambia con el tiempo, con una estratificación diferente en cada caso, que será mínima en las zonas muy batidas por las crecidas y máxima en las zonas más consolidadas.

¿Por qué es importante la presencia de diferentes estratos?

Los estratos dan riqueza al ecosistema ribereño ya que diversifican su fisonomía. Además, la existencia de estratos herbáceos o arbustivos tendrá una importante labor de laminación y reducción de las afecciones en momentos de crecida. Otra función muy importante de estos estratos inferiores es la de proporcionar refugio y generar nuevos hábitats para la fauna que convive en los espacios ribereños.

Río Tormes. La Angostura. Ávila.

Ejemplo de vegetación de ribera de buena calidad en un tramo de río no regulado y muy dinámico. La combinación de barras desnudas y estratos de vegetación de diverso porte, sin que exista dominancia ni exceso de madurez de la misma, es un síntoma de calidad ecológica en los ecosistemas fluviales ribereños.

¿Cómo se puede analizar este parámetro?

Se puede acudir al campo con posterioridad a la actuación de restauración, dando el tiempo suficiente para que se pueda desarrollar la vegetación, analizando la presencia de los diferentes estratos en la zona de ribera sobre la que se ha actuado. Se debería comparar con algún bosque de ribera naturalizado para poder valorar el desarrollo, porque pueden darse casos en los que el área restaurada no permita, por sus caracteres naturales, la generación de un sotobosque denso.

¿Hay mucha variedad de especies?

Sí, más de 5 / Sí, pero menos de 5 / No

Las riberas naturales se caracterizan por tener una amplia variedad de especies en su composición, dotando de una riqueza especial a estas formaciones.

¿Por qué es importante la variedad de especies?

Cuando se realizan actuaciones de restauración de vegetación de ribera es importante que la riqueza de las formaciones no se pierda, por lo que es conveniente incluir, en caso de que se planten nuevos ejemplares, individuos de varias especies autóctonas.

¿Cómo analizar la variedad de especies?

Se pueden realizar inventarios de vegetación en las nuevas zonas restauradas y compararlos con inventarios realizados en bosques sin intervención. De esta forma se pueden comparar los resultados y ver si la diversidad es alta o no.

¿La restauración se ha hecho de forma geométrica (lineal) o aleatoria?

Geométrica (a marco real) / Aleatoria / Ambas

Las restauraciones de ribera se deben realizar de forma aleatoria, colocando las especies de forma desordenada, aleatoriamente. Se deben evitar las formas lineales o de geometría sencilla.

¿Por qué es importante la forma de la plantación?

Es importante que la plantación se realice de forma aleatoria porque eso implica una mayor naturalidad. Cierta alineación es inevitable, dado el ámbito lineal de las intervenciones, pero debe minimizarse.

¿Se han reacondicionado los accesos a la zona tras la retirada de la maquinaria pesada utilizada para la restauración fluvial?

Sí, completamente / Sí, parcialmente / No

Es importante que cuando se realicen actuaciones de mejora y restauración fluvial la zona no quede alterada posteriormente debido al acceso de maquinaria pesada. Es muy difícil volver a las condiciones iniciales porque la maquinaria suele necesitar accesos adecuados a su gran tamaño, pero hay que intentar minimizar las afecciones en este apartado.

¿Por qué es importante analizar ese parámetro?

Dado que se va a actuar para devolver la naturalidad al sistema fluvial, es contraproducente actuar de forma positiva en un ámbito (cauce y márgenes) y de forma negativa en otras zonas (riberas, bosques ribereños...).

¿Cómo se puede analizar este parámetro?

El análisis básico consiste en la observación de los accesos construidos para poder acceder a la actuación y ver si ha existido una recuperación posterior. Por ejemplo,

si se han habilitado caminos o sendas con material procedente de la obra, es conveniente que se hayan retirado con posterioridad a la finalización de la actuación. Restos de basura y material abandonado son otros ejemplos de elementos que deberían eliminarse para un reacondicionamiento de la zona.

Río Valderaduey. Becilla de Valderaduey. Valladolid.

En los ríos canalizados es muy frecuente que se desarrolle una vegetación que nada tiene que ver con la que tenía el río en sus condiciones originales. La simplificación de formas que supone una rectificación en planta, sección y perfil del cauce conduce a un medio uniforme que ocupa de forma masiva un solo tipo de vegetación, en este caso palustre, ya que la especie dominante de este cañaveral es el carrizo (Phragmites australis). En algunos casos, se produce una colonización por parte de especies invasoras, como está ocurriendo con la caña (Arundo donax) y el camalote (Eichhornia crassipes) en las cuencas del centro y sur de nuestro país.

FICHA DE RETIRADA DE ELEMENTOS TRANSVERSALES EN EL CAUCE (AZUDES, VADOS, PRESAS)

Curso fluvial:		**Cuenca/subcuenca**	
Coordenadas		**Municipio/localidad/topónimo**	
Fecha de la visita al campo		**Fecha de la actuación**	
Denominación de la actuación			
Caudal		**Uso de la zona**	
Entrada de datos realizada por			

¿Quedan restos de la estructura en el cauce?		SÍ	NO
Observaciones:			
¿Quedan restos de la estructura en las orillas?	SÍ, EN UNA MARGEN	SÍ, EN AMBAS MÁRGENES	NO
Observaciones:			
¿Se observan procesos de erosión lateral o descalces en las orillas?	SÍ, EN UNA MARGEN	SÍ, EN AMBAS MÁRGENES	NO
Observaciones:		En caso de que se pueda cuantificar, cm o m de erosión	
¿Se observa incisión en el cauce?		SÍ	NO
Observaciones:		En caso de que se pueda cuantificar, cm o m de erosión	
¿Se observan cambios en la estructura de la sedimentación o sedimentos que no se correspondan con los localizados aguas arriba y abajo de la zona de actuación?		SÍ	NO
Observaciones:		En caso de que se pueda cuantificar, superficie aproximada	
¿Se observa, aguas abajo del azud retirado, una gran cantidad de material sedimentario procedente en su mayoría del antiguo vaso del azud?		SÍ	NO
Observaciones:		En caso de que se pueda cuantificar, superficie aproximada	
¿Hay exceso de vegetación en el cauce?		SÍ	NO
Observaciones:		En caso de que se pueda cuantificar, superficie aproximada	
¿Se han reacondicionado los accesos a la zona tras la retirada de la maquinaria pesada utilizada para la restauración fluvial?	SÍ, TOTALMENTE	SÍ, PARCIALMENTE	NO
Observaciones:			

FICHA DE RETIRADA DE MOTAS / DEFENSAS LATERALES

Curso fluvial:		**Cuenca/subcuenca**	
Coordenadas		**Municipio/localidad/topónimo**	
Fecha de la visita al campo		**Fecha de la actuación**	
Denominación de la actuación			
Caudal		**Uso de la zona**	
Entrada de datos realizada por			

¿Se ha eliminado la mota/defensa lateral en su totalidad?	Sí, ELIMINACIÓN TOTAL	NO, SÓLO PARCIALMENTE	NO, PERO SE HA SUSTITUIDO POR MEDIDAS BLANDAS
Observaciones:			
¿Quedan restos de la estructura en el cauce?	SÍ	NO	
Observaciones:			
¿Quedan restos de la estructura en las orillas?	SÍ, EN UNA MARGEN	SÍ, EN AMBAS MÁRGENES	NO
Observaciones:			
¿Se observan procesos de erosión lateral o descalces en las orillas?	SÍ, EN UNA MARGEN	SÍ, EN AMBAS MÁRGENES	NO
Observaciones:		En caso de que se pueda cuantificar, cm o m de erosión	
¿Se observa incisión en el cauce?		SÍ	NO
Observaciones:		En caso de que se pueda cuantificar, superficie aproximada	
¿Se ha alterado el cauce al retirar la mota/defensa lateral?	SÍ, GRAVEMENTE	SÍ, LIGERAMENTE	NO
Observaciones:			
¿Aparece colonización vegetal en el talud restaurado?	SÍ, AUTÓCTONA	SÍ, ALÓCTONA	NO
Observaciones:		En caso de que se pueda cuantificar, superficie aproximada	
¿Se han reacondicionado los accesos a la zona tras la retirada de la maquinaria pesada utilizada para la restauración fluvial?	SÍ, TOTALMENTE	SÍ, PARCIALMENTE	NO
Observaciones:			

FICHA DE ACTUACIONES DE RESTAURACIÓN DE VEGETACIÓN RIBEREÑA

Curso fluvial:		**Cuenca/subcuenca**	
Coordenadas		**Municipio/localidad/topónimo**	
Fecha de la visita al campo		**Fecha de la actuación**	
Denominación de la actuación			
Caudal		**Uso de la zona**	
Entrada de datos realizada por			

¿Se ha alterado la morfología de la zona?		SÍ	NO
Observaciones:		En caso de que se pueda cuantificar, superficie aproximada	
¿Se han utilizado especies autóctonas en la restauración?		SÍ	NO
Observaciones:		Superficie aproximada	
¿Se ha realizado alguna actuación de conexión de las márgenes con el cauce?	SÍ	NO, PORQUE YA EXISTE	NO
Observaciones:		Si se ha realizado actuación, ¿en qué ha consistido?	
¿Hay individuos secos o muertos que indiquen una mala conexión del nivel freático?	SÍ, MUCHOS	SÍ, ALGUNOS	NO
Observaciones:		En caso de que se pueda cuantificar, superficie o número aproximado	
¿Se observa una mejora de la estructura ribereña con la aparición de nuevos estratos (herbáceo, subarbustivo, arbustivo, lianoide, arbóreo)?	SÍ, EN TODA LA ZONA	SÍ, EN ALGUNA ZONA	NO
Observaciones:			
¿Hay mucha variedad de especies?	SÍ, MÁS DE 5	SÍ, PERO MENOS DE 5	NO
Observaciones:		Determinación de la especies/taxones	
¿La restauración se ha hecho de forma geométrica (lineal) o aleatoria?	GEOMÉTRICA	ALEATORIA	AMBAS
Observaciones:		En caso de que se pueda cuantificar, superficie aproximada	
¿Se han reacondicionado los accesos a la zona tras la retirada de la maquinaria pesada utilizada para la restauración fluvial?	SÍ, TOTALMENTE	SÍ, PARCIALMENTE	NO
Observaciones:			

REFERENCIAS

1. Referencias bibliográficas
2. Referencias en Internet
3. Referencias normativas

1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adam, P.; Malavoi, J.R. y Debiais, N. (2007) *Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau*. Agence de l'Eau Seine-Normandie, 293 p., Nanterre.

Ballarín, D., Mora, D., Díaz Bea, E., Echeverría, M.T., Ibisate, A., Montorio, R., Ollero, A. y Sánchez Fabre, M. (2006) Valoración hidrogeomorfológica de los cursos fluviales de Aragón. *Geographicalia*, 49, 51-69.

Bravard, J.P. y Petit, F. (1997) *Les cours d'eau. Dynamique du système fluvial*. Armand Colin, 222 p., Paris.

Brierley, G.J. y Fryirs, K.A. (2005) *Geomorphology and river management. Applications of the River Styles Framework.* Blackwell, 398 p., Oxford.

Charlton, R. (2007) *Fundamentals of Fluvial Geomorphology.* Routledge, 234 p., Abingdon (2nd ed)

Confederación Hidrográfica del Duero (2007, reimpresión 2013) *Guía de las plantas de los ríos y riberas de la cuenca del Duero*. 156 p. Valladolid.

Confederación Hidrográfica del Ebro (2013) *Metodología para el establecimiento del Estado Ecológico según la Directiva Marco del Agua. Protocolos de muestreo y análisis para Indicadores Hidromorfológicos*. Julio 2013. 62 p. Zaragoza.

Downs, P.W. y Gregory, K.J. (2004) *River channel management. Towards sustainable catchment hydrosystems.* Arnold, 395 p., London.

Elliott, S. (2010) *El río y la forma, introducción a la Geomorfología Fluvial.* RiL editores, 324 p., Santiago de Chile.

González del Tánago, M. y García de Jalón, D. (2007) *Restauración de ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos.* Ministerio de Medio Ambiente, 318 p., Madrid.

Hauer, Richard y Lamberti Gary A.(1996 y 2007, second edition). *Methods in Stream Ecology.* 877 p

Kondolf, G.M. y Piégay, H. (Eds., 2003) *Tools in Fluvial Geomorphology.* Wiley, 688 p., Chichester.

Hauer, F.R. y Lamberti, G.A (Editors, 2007). *Methods in Stream Ecology.* Elsevier and Academic Press.

Leopold, L.B. (2005) *A view of the river*. Harvard University Press.

Malavoi, J.R. y Bravard, J.P. (2010) *Éléments d'hydromorphologie fluviale*. Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA), 224 p., Vincennes.

Martín Vide, J.P. (2006) *Ingeniería de ríos*. Edicions UPC, 381 p., Barcelona (2ª ed.).

Masachs Alavedra, Valentín. (1948) *El régimen de los ríos peninsulares*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 511 p., Barcelona.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2010) *Restauración de ríos. Guía metodológica para el diseño de procesos de participación.* 133 p., Madrid.

Ollero, A., Ballarín, D., Díaz Bea, E., Mora, D., Sánchez Fabre, M., Acín, V., Echeverría, M.T., Granado, D., Ibisate, A., Sánchez Gil, L. y Sánchez Gil, N. (2007) *Un índice hidrogeomorfológico (IHG) para la evaluación del estado ecológico de sistemas fluviales. Geographicalia,* 52: 113-141.

Ollero, A., Ballarín, D. y Mora, D. (2009) *Aplicación del índice hidrogeomorfológico IHG en la cuenca del Ebro. Guía metodológica*. Confederación Hidrográfica del Ebro, 93 p., Zaragoza.

Pardé, M. (1933) *Fleuves et rivières.* Collection Armand Colin, nº 155, 224 p., París.

Paredes Renes, V. y Ballesteros Bienzobas, F. (2012) *Restauración del espacio fluvial. Criterios y referencias en la cuenca del Duero*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente - Confederación Hidrográfica del Duero. 479 p., Madrid.

Rinaldi, M.; Surian, N.; Comiti, F. y Bussettini, M. (2010) *Manuale tecnico-operativo per la valutazione ed il monitoraggio dello stato morfologico dei corsi d'acqua*. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, 191 p., Roma

Rosgen, Dave. (1996) *Applied River Morphology*. 390 p.

Schumm, S.A. (2005) *River variability and complexity.* Cambridge University Press, 234 p.

Sear, D.A.; Newson, M.D. y Thorne, C.R. (2003) *Guidebook of applied fluvial geomorphology.* R&D Technical Report, DEFRA & Environment Agency, 233 p., London.

Thorne, C.R. (1998) *Stream reconnaissance handbook: geomorphological investigation and analysis of river channels.* Wiley, 133 p., Chichester.

Thorne, C.R.; Hey, R.D. y Newson, M.D. (Eds., 1997) *Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management*. Wiley, 376 p. Chichester.

2. REFERENCIAS EN INTERNET

Para completar las referencias documentales, no se puede dejar pasar la oportunidad de incluir algunas reseñas de internet, que facilitan el conocimiento del agua y los ecosistemas acuáticos, de sus presiones e impactos y de diversos instrumentos para su gestión, y que pueden resultar útiles para todo aquel que se aproxime a la presente publicación, sirviéndole como introducción en la conservación y restauración fluvial en general. Por supuesto que hay muchísimas más, pero en las páginas indicadas hay a su vez otros enlaces que llevan a portales cada vez más especializados. También se incluyen algunas direcciones de sistemas de información geográfica siempre interesantes para la realización de trabajos en campo.

Dado el carácter divulgativo de esta publicación, hemos considerado conveniente incluir también algunas referencias de educación ambiental que ofrecen herramientas a los educadores ambientales para dar a conocer el funcionamiento de los ríos.

Webs institucionales

- Confederación Hidrográfica del Duero
  http://www.chduero.es/
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) - apartado restauración fluvial (Estrategia Nacional de Restauración de Ríos)
  http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-dominio-publico-hidraulico/estrategia-nacional-restauracion-rios/
- Centro de estudios y experimentación de obras públicas (CEDEX)
  http://www.cedex.es/CEDEX/lang_castellano/
- Unión Europea - water
  http://ec.europa.eu/environment/water/index_en.htm
- Agencia Europea de Medio Ambiente
  http://www.eea.europa.eu/es
- Restore Rivers
  http://www.restorerivers.eu/
- ONU - UN-Water
  http://www.unwater.org/
- Convención Ramsar
  http://www.ramsar.org/cda/es/ramsar-home/main/ramsar/1_4000_2__

Centros de restauración fluvial

- Centro ibérico de restauración fluvial (CIREF)
  http://www.cirefluvial.com/
- European Centre for River Restoration (ECRR)
  http://www.ecrr.org/
- Centro italiano per la riqualificazione fluviale (CRIF)
  http://www.cirf.org/italian/home.html
- The River Restoration Centre
  http://www.therrc.co.uk/
- Australian River Restoration Centre (ARRC)
  http://arrc.com.au/

Otros organismos: agencias de medio ambiente, institutos de agua, etc

- International River Foundation
  http://www.riverfoundation.org.au/index.php
- Wetlands International
  http://www.wetlands.org/
- Agencia de Medio Ambiente, Reino Unido
  http://www.environment-agency.gov.uk/
- Institute of Water, Reino Unido
  https://www.instituteofwater.org.uk/
- Oficina nacional del agua y de medios acuáticos, Francia
  http://www.onema.fr/IMG/pdf/elements-dhydromorphologie-fluviale.pdf
- Agencia del Agua del Ródano, Mediterráneo y Córcega
  http://www.eaurmc.fr/index.php?qui-sommes-nous
- Agencia para la Protección del Medio Ambiente, Estados Unidos
  http://www.epa.gov/ebtpages/water.html

- Institute for Water Resources, Estados Unidos
  http://www.iwr.usace.army.mil/
- American Rivers, Estados Unidos
  http://www.americanrivers.org/
- Gobierno de Victoria, Australia
  http://www.water.vic.gov.au/environment/rivers

Páginas informativas y divulgativas

- Webs del agua en España
  http://www.iagua.es/
- Instituto Universitario de Ciencias Ambientales (IUCA)
  http://iuca.unizar.es/
- Voluntarios por el Duero
  http://voluntaduero.blogspot.com.es/
- National Geographic
  http://environment.nationalgeographic.com/environment/freshwater
- US Geological Survey
  http://www.usgs.gov/
- International Rivers, people, water, life, Estados Unidos
  http://www.internationalrivers.org/resources/civil-society-guide-to-healthy-rivers-and-climate-resilience-8104?goback=%2Egde_167110_member_5813011343791370242#%21

Visores cartográficos

- MÍRAME - Confederación Hidrográfica del Duero
  http://www.mirame.chduero.es/DMADuero_09/index.faces
- IBERPIX - Instituto Geográfico Nacional
  http://www.ign.es/iberpix2/visor/
- GOOGLE Maps
  https://www.google.com/maps/preview?authuser=0

Educación ambiental

- Centro Nacional de Educación Ambiental (CENEAM)
  http://www.magrama.gob.es/es/ceneam/
- Materiales educativos Ecomilenio
  http://www.ecomilenio.es/comunicacion/materiales-educativos
- Agua y educación ambiental, Universidad de Salamanca
  http://cidta.usal.es/cursos/agua/modulos/principal/principal.htm
- Los ríos y la educación ambiental en el Reino Unido
  http://www.kenttrustweb.org.uk/kentict/kentict_subjects_geo_investriver.cfm
- Agua y sus diferentes estados, Unicef
  http://www.enredate.org/actividades
- Ciclo del agua, US Geological Survey
  http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycle-kids-adv.html

3. REFERENCIAS NORMATIVAS

En los últimos años, la legislación de aguas ha sufrido diversas modificaciones que la han ido aproximando a los principios inspiradores de la Directiva Marco del Agua *(Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, Diario Oficial de las Comunidades Europeas 22.12.2000)*, con el objetivo último de conseguir el buen estado de todas las masas de agua.

Muchas de las indicaciones recogidas en esta guía acerca de la forma de actuar sobre los espacios fluviales, bien para evitar su degradación o bien para procurar su restauración, tienen hoy sustento en estas normas jurídicas. Ello facilita a la Administración hidráulica la fundamentación jurídica tanto de informes como de resoluciones de autorizaciones y concesiones, y tanto frente a iniciativas promovidas por particulares como por organismos públicos. También facilita a particulares y entidades la realización de alegaciones en trámites de información y participación pública. Todo ello en beneficio de la transparencia y la seguridad jurídica.

Téngase también en cuenta que otras normativas ambientales ofrecen argumentos adicionales o refuerzan los mencionados. De gran valor en este sentido resultan ser las normativas de pesca y ecosistemas fluviales de las Comunidades Autónomas, así como la Ley 42/2007, de Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, y el Plan Estratégico de Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, aprobado por Real Decreto 1274/2011, de 16 de septiembre.

Por supuesto no es objeto de esta publicación hacer un análisis detallado de estas normas, pero se trascriben a continuación algunos de los artículos de la legislación de aguas que resultan de mayor interés para fundamentar la importancia de valores como la continuidad longitudinal y lateral de los cauces, su morfología natural e hidrodinámica, los caudales sólidos o la vegetación autóctona de ribera.

TEXTO REFUNDIDO DE LA LEY DE AGUAS, APROBADO POR REAL DECRETO LEGISLATIVO 1/2001, DE 20 DE JULIO

Artículo 98. Limitaciones medioambientales a las autorizaciones y concesiones.

Los Organismos de cuenca, en las concesiones y autorizaciones que otorguen, adoptarán las medidas necesarias para hacer compatible el aprovechamiento con el respeto del medio ambiente y garantizar los caudales ecológicos o demandas ambientales previstas en la planificación hidrológica.

En la tramitación de concesiones y autorizaciones que afecten al dominio público hidráulico que pudieran implicar riesgos para el medio ambiente, será preceptiva la presentación de un informe sobre los posibles efectos nocivos para el medio, del que se dará traslado al órgano ambiental competente para que se pronuncie sobre las medidas correctoras que, a su juicio, deban introducirse como consecuencia del informe presentado. Sin perjuicio de los supuestos en que resulte obligatorio, conforme a lo previsto en la normativa vigente, en los casos en que el Organismo de cuenca presuma la existencia de un riesgo grave para el medio ambiente, someterá igualmente a la consideración del órgano ambiental competente la conveniencia de iniciar el procedimiento de evaluación de impacto ambiental.

REGLAMENTO DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO, APROBADO POR REAL DECRETO 849/1986, DE 11 DE ABRIL

Artículo 72.

1. La utilización o aprovechamiento por los particulares de los cauces o de los bienes situados en ellos requerirá la previa autorización administrativa.

2. En el otorgamiento de autorizaciones para aprovechamientos de áridos, vegetación arbórea o arbustiva, establecimiento de puentes o pasarelas, embarcaderos e instalaciones para baños públicos, se considerará la posible incidencia ecológica desfavorable, debiendo exigirse las adecuadas garantías para la restitución del medio.

3. Las autorizaciones para siembras y plantaciones se otorgarán por un plazo máximo igual al del ciclo vegetativo de la especie correspondiente.

4. Al amparo de estas autorizaciones no se podrán llevar a cabo, en ningún caso, obras de movimientos de tierras que alteren la sección del cauce o su configuración.

Artículo 74.

3 bis. Las autorizaciones de siembras, plantaciones o corta de árboles, establecerán la obligación al titular de restituir el terreno a su condición anterior, lo que puede incluir entre otros el destoconado, plantación de vegetación de ribera autóctona y eliminación de obras de defensa, salvo que se obtenga una nueva autorización para seguir con el cultivo durante el siguiente período vegetativo.

4. Al amparo de estas autorizaciones no se podrán llevar a cabo, en ningún caso, obras de movimientos de tierras que alteren la sección del cauce o su configuración.

Artículo 126 bis. Condiciones para garantizar la continuidad fluvial.

1. El Organismo de cuenca promoverá el respeto a la continuidad longitudinal y lateral de los cauces compatibilizándolo con los usos actuales del agua y las infraestructuras hidráulicas recogidas en la planificación hidrológica.

2. En los condicionados de las nuevas concesiones y autorizaciones o de la modificación o revisión de las existentes, que incluyan obras transversales en el cauce el Organismo de cuenca exigirá la instalación y adecuada conservación de dispositivos que garanticen su franqueabilidad por la ictiofauna autóctona. Igual exigencia tendrá lugar para las obras de este tipo existentes, vinculadas a concesiones y autorizaciones que incluyan esta obligación en su condicionado o que deban incorporar tales dispositivos en aplicación de la legalidad vigente.

   Se podrá prescindir temporalmente de estos dispositivos por criterios ambientales o por inviabilidad técnica, a justificar adecuadamente en cada caso. En función de la evolución ambiental del tramo o de la mejora de las técnicas, el Organismo de cuenca podrá exigir su instalación cuando las condiciones así lo aconsejen.

3. En las obras y en la tramitación de expedientes de autorizaciones y concesiones que correspondan a obras de defensa frente a inundaciones, el Organismo de cuenca tendrá en cuenta los posibles efectos sobre el estado de las masas de agua. Salvo casos excepcionales, solo podrán construirse obras de defensa sobreelevadas lateralmente a los cauces en la zona de flujo preferente cuando protejan poblaciones e infraestructuras públicas existentes.

4. El Organismo de cuenca promoverá la eliminación de infraestructuras que, dentro del dominio público hidráulico, se encuentren abandonadas sin cumplir función alguna ligada al aprovechamiento de las aguas, teniendo en consideración la seguridad de las personas y los bienes y valorando el efecto ambiental y económico de cada actuación.

5. Para el otorgamiento de nuevas autorizaciones o concesiones de obras transversales al cauce, que por su naturaleza y dimensiones puedan afectar significativamente al transporte de sedimentos, será exigible una evaluación del impacto de dichas obras sobre el régimen de transporte de sedimentos del cauce. En la explotación de dichas obras se adoptarán medidas para minimizar dicho impacto.

NORMATIVA DEL PLAN HIDROLÓGICO DE LA PARTE ESPAÑOLA DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO, APROBADO POR REAL DECRETO 478/2013, DE 21 DE JUNIO

Artículo 57. Condicionado particular para obras en cauce, zona de servidumbre y zona de policía.

Con el objetivo de garantizar adecuadamente la protección del ambiente fluvial, con carácter adicional a los criterios hidrológicos establecidos en los artículos 126 y 126 bis del Reglamento del Dominio Público Hidráulico y en el artículo 72 del Plan, para el caso de zonas inundables, las obras que se ejecuten en el cauce, en la zona de servidumbre y en la zona de policía, así como las autorizaciones que en cada caso correspondan, tendrán en cuenta los siguientes criterios:

a) Encauzamientos en suelo rústico: Como norma general, no se admitirán las actuaciones de rectificación en planta, pendiente y sección de cauces y de sobreelevación mediante motas o muros que, puedan alterar las condiciones de inundabilidad. Las excepciones a esta norma se estudiarán singularmente, conforme al artículo 126 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico.

b) Entubado o cobertura de cauces en suelo rústico: No se admitirá, con carácter general, el entubado o la cobertura de un cauce en suelo rústico, salvo que la alternativa resultase económicamente desproporcionada, en cuyo caso se acompañará a la solicitud un estudio que justifique la nueva modificación cumplimentando los distintos extremos que se incluyen en la ficha sobre nuevas alteraciones prevista en el anexo 3.7.

c) Badenes rebosables: Para la construcción de badenes que faciliten el cruce de vías de comunicación por el cauce se exigirá que la sección ocupada del cauce no se cubra con materiales que supongan su reducción o limiten su franqueabilidad por las especies de fauna autóctona, en particular peces, presentes en el tramo afectado o que potencialmente pudiera poblarlo.

d) Puentes, pasarelas: La construcción de puentes o pasarelas no deberá mermar la capacidad de desagüe del propio cauce ni suponer una limitación para su franqueabilidad por las especies autóctonas presentes en el tramo afectado o que potencialmente pudieran poblarlo.

Artículo 58.

2. Las extracciones de áridos que se realicen en la cuenca del Duero deberán respetar las condiciones morfológicas naturales del cauce y su hidrodinámica, no debiendo inducir modificaciones en las mismas. La distancia mínima de la explotación al cauce se determinará en cada caso atendiendo a las características del cauce y del propio terreno, para lo cual se tendrán en cuenta las bandas de protección señaladas en el artículo 70, y las bandas de protección de las zonas húmedas establecidas conforme al artículo 80.4, sin perjuicio de lo establecido en el apartado 7.

8. No serán aprovechables como áridos los materiales acumulados de forma natural en el paramento de aguas arriba de las presas, azudes o traviesas. Para su movilización se requerirá autorización expresa del organismo de cuenca, en la que se establecerán las condiciones técnicas para su realización y que, en general y salvo justificación técnica que lo desaconseje, conducirán al depósito de los sedimentos aguas abajo del obstáculo al objeto de no alterar el caudal sólido conforme a lo previsto en el artículo 73.

Artículo 59.

1. No se realizarán plantaciones de cultivos arbóreos en el cauce ni en su zona de ser-

vidumbre. Adicionalmente en las bandas de protección del cauce señaladas en el artículo 70, así como en las bandas de protección de las zonas húmedas establecidas conforme al artículo 80.4, podrán realizarse plantaciones con vegetación autóctona de ribera, en marcos irregulares, estructurados en distintas clases de edad y con diversas especies arbóreas y arbustivas que no comprometan la riqueza genética de las especies y poblaciones propias de la cuenca del Duero.

Artículo 70. Protección de la morfología fluvial.

Con la finalidad de mejorar la protección de la morfología fluvial ante la incidencia ecológica desfavorable de los aprovechamientos de áridos, de pastos y de vegetación arbórea o arbustiva, el establecimiento de puentes o pasarelas, embarcaderos e instalaciones para baños públicos, y en particular, a los efectos de su autorización o concesión, en función de su importancia y magnitud, los ríos de la cuenca del Duero se clasifican en:

a) Clase 1: Ríos principales de la cuenca, con largos recorridos, importantes caudales y extensas formaciones de ribera. La banda de protección para estos ríos se fija en 15 m en cada margen.

b) Clase 2: Ríos medios, de caudal y longitud importante y, en su caso, con buenas formaciones de ribera en parte de su trazado. La banda de protección para estos ríos se fija en 10 m en cada margen.

c) Clase 3: Resto de los ríos, arroyos y otros cauces de la cuenca, de menor dimensión y en ocasiones rectificados, encauzados y sin vegetación de ribera natural. La banda de protección para estos casos se fija en 5 m en cada margen, coincidiendo con la anchura de la zona de servidumbre.

Los tramos fluviales asignados a las clases 1 y 2 se relacionan en el Anexo 8.1, el resto de los ríos se incluyen en la clase 3.

Artículo 71. Ruptura de la continuidad del cauce.

1. La continuidad longitudinal y la conectividad lateral de los cauces es un valor que debe ser protegido. En particular, no podrá ser limitada cuando ello conlleve el deterioro del estado de la masa de agua implicada; sin perjuicio de lo establecido en el artículo 24, en relación a nuevas modificaciones o alteraciones.

2. De conformidad con el artículo 126 bis del Reglamento del Dominio Público Hidráulico, cualquier obra que se realice sobre el cauce independientemente de cual sea su finalidad, bien se trate de azudes, captaciones, derivaciones, instalaciones de medida o cualquier otra actuación, deberá llevarse a cabo garantizando su franqueabilidad, tanto en ascenso como en descenso, por la ictiofauna autóctona presente en el tramo afectado o por la que potencialmente corresponde que pueble el mismo. A tal efecto, las citadas obras e instalaciones contarán con los correspondientes pasos por los que deberá circular un caudal de agua y sedimentos adecuado al propósito perseguido, y que figuraran en los condicionados de las nuevas concesiones, o en las que sean revisadas o modificadas.

3. La franqueabilidad de las nuevas infraestructuras se incorporará en los condicionados de las nuevas concesiones así como en las que sean revisadas o modificadas. Las infraestructuras restantes con altura sobre cauce menor de 10 m, que no resulten franqueables, deberán adecuarse para garantizar la continuidad de los cauces.

4. La Confederación Hidrográfica del Duero, de conformidad con el artículo 28 del Plan Hidrológico Nacional y el artículo 126 bis 4 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico, valorando el efecto ambiental y económico de cada caso, podrá impulsar la demolición de las infraestructuras que no cumplan ninguna función ligada al apro-

vechamiento de las aguas contando con la correspondiente autorización o concesión y, por tanto, se encuentren abandonadas, previa tramitación del expediente de extinción o modificación de características iniciado de oficio.

5. La evaluación de la franqueabilidad se llevará a cabo conforme a los indicadores hidromorfológicos de continuidad para la valoración del estado de las masas de agua de la categoría río establecidos en el artículo 12 y en los Anexos 2.11 y 2.12.

6. La continuidad lateral entre el cauce y la zona de inundación, fuera de tramos urbanos, deberá ser respetada. En particular, no podrán desarrollarse defensas sobreelevadas (motas) que aíslen el canal de su llanura de inundación sin la previa evaluación de sus impactos ambientales, conforme a los artículos 57 y 59. La Confederación Hidrográfica del Duero estudiará con las debidas garantías de seguridad para personas y bienes, la viabilidad de eliminar, retranquear o suavizar las motas y demás defensas sobreelevadas existentes que limiten la movilidad natural del cauce.

Artículo 73. Caudal sólido.

El transporte natural de material sedimentario sólido, mediante suspensión, saltación o rodamiento, se reconoce como parte integrante del caudal natural de los ríos, esencial para su evolución y desarrollo morfológico.

La evaluación del impacto de las obras transversales al cauce prevista en el artículo 126 bis 5 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico garantizará que las mismas no suponen un obstáculo del paso del caudal sólido en situaciones de normalidad o prealerta, definida de acuerdo con el sistema de indicadores adoptado en el Plan de actuación en situaciones de alerta y eventual sequía en la cuenca del Duero.

LEY 10/2001, DE 5 DE JULIO, DEL PLAN HIDROLÓGICO NACIONAL

Artículo 28. Protección del dominio público hidráulico y actuaciones en zonas inundables.

1. En el dominio público hidráulico se adoptarán las medidas necesarias para corregir las situaciones que afecten a su protección, incluyendo la eliminación de construcciones y demás instalaciones situadas en el mismo. El Ministerio de Medio Ambiente impulsará la tramitación de los expedientes de deslinde del dominio público hidráulico en aquellos tramos de ríos, arroyos y ramblas que se considere necesario para prevenir, controlar y proteger dicho dominio.

3. El Ministerio de Medio Ambiente promoverá convenios de colaboración con las Administraciones Autonómicas y Locales que tengan por finalidad eliminar las construcciones y demás instalaciones situadas en dominio público hidráulico y en zonas inundables que pudieran implicar un grave riesgo para las personas y los bienes y la protección del mencionado dominio.

Toma nota

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO