

GUÍA METODOLÓGICA SOBRE BUENAS PRÁCTICAS EN RESTAURACIÓN FLUVIAL

Manual para gestores

versión 1.0



Alfredo Ollero Ojeda

Human activities have significantly altered aquatic ecosystems across most of our planet. Recognizing the damage done, many conservation and rehabilitation programs have kick-started an era of river repair.

Gary Brierley and Kirstie Fryirs (2008) *River futures* (pág. viii)

Society has a moral obligation to protect species and restore environments following the damage inflicted on the riverine environment from a history of insensitive engineering works.

Philip J. Soar and Colin R. Thorne (2001) *Channel restoration design for meandering rivers* (pág. 18).

Efforts to sustain biodiverse and functional river ecosystems represent one of the greatest environmental challenges for the twenty-first century.

Emily Bernhardt *et al.* (2006) The challenge of ecologically sustainable water management. *Water Policy*, 8: 475-479.

GUÍA METODOLÓGICA SOBRE BUENAS PRÁCTICAS EN RESTAURACIÓN FLUVIAL. Manual para gestores.

Versión 1.0. Marzo de 2015

Alfredo Ollero Ojeda es Profesor Titular de Geografía Física del Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio de la Universidad de Zaragoza, investigador del Instituto de Ciencias Ambientales de Aragón (IUCA) y Presidente del Centro Ibérico de Restauración Fluvial (CIREF).

Contacto: aollero@unizar.es



Universidad
Zaragoza



Instituto Universitario de Investigación
en Ciencias Ambientales
de Aragón
Universidad Zaragoza



CIREF
centro ibérico de
restauración fluvial

Índice

Presentación	6
---------------------	----------

1	Qué es la restauración fluvial	7
	<i>1.1. Fundamentos</i>	<i>7</i>
	<i>1.1.1. La necesidad y el reto de restaurar / 1.1.2. Los sistemas naturales / 1.1.3. Los sistemas fluviales: función y funcionamiento</i>	
	<i>1.2. Conceptos básicos</i>	<i>11</i>
	<i>1.2.1. Restauración / 1.2.2. Restauración activa, rehabilitación, mejora y creación / 1.2.3. Referencia, trayectoria y objetivo</i>	
	<i>1.3. Dificultades y posibilidades en restauración fluvial</i>	<i>14</i>
	<i>1.3.1. ¿Restauración utópica o rehabilitación realista? / 1.3.2. ¿Exigencia ambiental, reto, mito o negocio? / 1.3.3. Mirando al futuro</i>	
	<i>1.4. Lo que no es restauración fluvial</i>	<i>18</i>

2	Cómo hacer restauración o rehabilitación fluvial	19
	<i>2.1. Diagnóstico del estado del río</i>	<i>19</i>
	<i>2.1.1. Problemática que hay que restaurar / 2.1.2. Criterios y normativa / 2.1.3. Indicadores e índices de evaluación</i>	
	<i>2.2. El proyecto de restauración fluvial</i>	<i>22</i>
	<i>2.2.1. Planificación del proceso de restauración / 2.2.2. Estructura del proyecto, ejecución y seguimiento</i>	
	<i>2.3. Experiencias</i>	<i>24</i>
	<i>2.3.1. Proyectos pioneros y representativos / 2.3.2. Estrategia Nacional de Restauración de Ríos / 2.3.3. Redes y proyectos europeos / 2.3.4. Centro Ibérico de Restauración Fluvial</i>	

3	Buenas prácticas	27
	<i>3.1. Objetivos</i>	<i>27</i>
	<i>3.2. Catálogo de buenas prácticas y ejemplos</i>	<i>29</i>
	<i>1. Educación ambiental para la restauración fluvial</i>	<i>29</i>
	<i>2. Evaluación y denuncia de actuaciones negativas y falsas restauraciones</i>	<i>33</i>
	<i>3. Demolición de presas y azudes</i>	<i>36</i>
	<i>4. Eliminación de vados</i>	<i>40</i>
	<i>5. Eliminación y permeabilización de obstáculos</i>	<i>43</i>
	<i>6. Pasos y escalas para peces</i>	<i>47</i>
	<i>7. Devolución de espacio al río</i>	<i>51</i>
	<i>8. Retranqueo de motas</i>	<i>56</i>
	<i>9. Desprotección de orillas, desencauzamientos y descanalizaciones</i>	<i>59</i>
	<i>10. Libertad fluvial y no actuación post-crecida</i>	<i>63</i>
	<i>11. Caudales geomórficos</i>	<i>67</i>
	<i>12. Caudales funcionales y reconexión hidrológica</i>	<i>70</i>
	<i>13. Aportación de sedimentos</i>	<i>74</i>
	<i>14. Reconexión de cauces</i>	<i>78</i>
	<i>15. Recuperación de áreas afectadas por extracciones</i>	<i>82</i>
	<i>16. Eliminación de especies invasoras</i>	<i>86</i>
	<i>17. Creación de hábitats</i>	<i>89</i>
	<i>18. Revegetación</i>	<i>92</i>
	<i>19. Desurbanización</i>	<i>96</i>
	<i>20. Seguimiento</i>	<i>99</i>



Presentación

El objetivo principal de restaurar ríos, barrancos y ramblas es conservar y mejorar su funcionamiento natural para traspasarlos en buen estado, como el patrimonio de gran valor que son, a las generaciones futuras.

Hemos alterado y degradado tanto nuestros sistemas fluviales que su restauración es el gran reto científico y técnico del siglo XXI y debería convertirse en una potente línea de trabajo.

Pero la interacción del hombre con los sistemas fluviales está tan extendida y es tan antigua y compleja que resulta imposible en la práctica devolver a nuestros ríos, barrancos y ramblas a una situación previa a las perturbaciones. En la actual sociedad de consumo ejecutar programas de auténtica restauración implicaría una auténtica revolución en la que habría que modificar hábitos y actividades y eliminar estructuras impactantes.

Ante esta dificultad parece inevitable renunciar a la auténtica restauración y comenzar trabajando en la más modesta y posibilista rehabilitación fluvial. Pero esta renuncia no puede afectar a la teoría, a la ciencia ni a la educación, que deben seguir valorando la auténtica restauración como paradigma y meta final, aunque sea, de momento, una meta utópica. Solo desde la afirmación de estos valores naturales se puede confiar en que la rehabilitación realista, factible y viable, logre mejoras en los sistemas fluviales y no caiga en el puro maquillaje o en el engaño derivado del negocio y la rentabilidad política.

Las buenas prácticas que aquí se presentan responden tanto al ideal de la restauración como a la viabilidad de la rehabilitación.

La restauración fluvial, como principio teórico y como práctica real, es enormemente útil en la ordenación del territorio y en la gestión de riesgos de inundación. En el futuro llevará sin duda a unos ríos mejor conservados, eficientes en sus funciones, en armonía con unas actividades humanas mejor adaptadas al río y, por tanto, menos vulnerables. La restauración fluvial aporta resiliencia tanto al río como a la sociedad, nos fortalecerá en las interacciones y dará coherencia a una relación territorio fluvial-sociedad tan deficiente todavía en la actualidad.

1 Qué es la restauración fluvial

I.I. Fundamentos

I.I.I. La necesidad y el reto de restaurar

La restauración del entorno es una práctica tan antigua como la humanidad. El hombre primitivo, como se ha comprobado en grupos indígenas, desarrollaba prácticas de manejo para restaurar en alguna medida los daños provocados por los usos de la tierra. Las primeras restauraciones ecológicas de tipo científico-técnico fueron conseguidas en praderas en Wisconsin (25 hectáreas) por Aldo Leopold en 1935, quien pasa por ser uno de los pioneros en la materia.

La sabiduría popular generaba sostenibilidad y en muchos casos restauración. Pero a mediados del siglo XX se rompe totalmente este esquema a causa de la producción económica a gran escala, los mercados globales y el consumo excesivo de los países ricos.

Esto ha llevado a un enorme deterioro ambiental y éste a su vez ha fraguado un nuevo interés por la restauración. Así, la restauración es el gran desafío de la gestión ambiental en el futuro, el gran reto del siglo XXI.

La restauración ambiental o ecológica es el más avanzado de los procesos de gestión de un sistema natural cuando la degradación ya se ha producido, ya que el primero sería conservar y evitar la introducción de la presión perturbadora.



Gave d'Ossau.
Foto: Alfredo Ollero

La restauración es un proceso fundamentalmente recuperador, pero también corrector y preventivo. Es el último paso, el más avanzado, pero sólo es viable y factible en situaciones de gestión ambiental sostenible, mientras resulta difícil o imposible en sociedades incapaces de renunciar a su imparable consumo de recursos. En estos casos la restauración es muy urgente y necesaria, pero resulta inaplicable por la imposibilidad de eliminar, o siquiera reducir, las presiones. En estos modelos económicamente “avanzados” y ambientalmente insostenibles puede aspirarse a lo sumo a la rehabilitación, al logro de pequeñas mejoras, o a la protección de pequeños enclaves inconexos y relictos. Así, en líneas generales, se han producido algunos éxitos puntuales de restauración en sistemas naturales pequeños y relativamente cerrados (humedales endorreicos, por ejemplo), pero no se han podido llevar a cabo procesos de auténtica restauración en sistemas más extensos, abiertos y complejos.

La restauración no sólo es necesaria y beneficiosa para el medio ambiente, también lo es para la sociedad. Domingo Gómez Orea señalaba en 2004 que la restauración ambiental iba a ser un yacimiento de empleo y nicho de mercado para muchas profesiones, un motivo de prestigio para las zonas donde se realice y un factor de localización de actividades económicas de vanguardia.

Sin embargo, en la actual sociedad dominada por el mercado, el capitalismo, el consumismo y la globalización, las leyes económicas son implacables y la restauración ambiental no parece factible salvo si se demuestra que la economía de mercado gana con ella, si se impone con leyes o acuerdos internacionales y si se trabaja en el ámbito de la investigación científica. En todo caso se ha avanzado en prácticas que no son auténtica restauración, sino maquillaje que forma parte de procesos urbanísticos y especulativos. Es el marketing de la palabra “restauración”, utilizada en demasía, con absoluta falta de propiedad y con objetivos no ambientales.

Para el gran desafío de la restauración ambiental lo primero necesario es un cambio profundo de mentalidad en relación con el territorio y el medio ambiente, porque, como señalaba Albert Einstein, “no podemos resolver los problemas pensando de la misma manera que cuando los creamos”. Es precisamente en estas sociedades de consumismo y grave deterioro ambiental donde surgen preocupaciones e iniciativas científicas y sociales de restauración, que lamentablemente en muchas ocasiones se ven obligadas a quedarse en la teoría o las buenas intenciones. Para trabajar en restauración no es válido el conformismo, sino la crítica con las actuaciones que deterioran el medio. Así, la primera medida de restauración consiste en cambiar los hábitos de la sociedad caminando hacia procesos de decrecimiento y sostenibilidad.



Voluntariado en Portugal.
Foto: Pedro Teiga

Así, la restauración ambiental se ha convertido en un gran reto de nuestro tiempo, pero se está quedando en quimera irrealizable. Sin embargo, conocemos cómo funcionan los sistemas naturales y formamos parte de una sociedad evolucionada y capacitada (al menos desde planteamientos conservacionistas y desde las ciencias ambientales) para sentir la belleza y los beneficios de lo natural y sentir la responsabilidad de su conservación. La restauración de lo natural es hoy signo de prosperidad y cultura, del mismo modo que hace 50 años urbanización e infraestructuras eran signos de

progreso. Es nuestro deber conservar y mejorar nuestro entorno para traspasarlo a las generaciones futuras en buen estado. Debemos apreciar, incluso estéticamente, los sistemas naturales activos, dinámicos, heterogéneos, complejos, inestables, temporales, fluctuantes, irregulares, imprevistos, en continuo cambio. Hay que recuperar la estética de lo cambiante y salvaje, rechazando la domesticación y simplificación propugnadas por la sociedad del consumo y del “bienestar”. En suma, hemos deteriorado tanto que la restauración es un deber moral, la obligación de renaturalizar los ambientes dañados por una larga historia de insensibles obras y actuaciones sobre el medio.

Ante el reto o la utopía de la auténtica restauración, han ido apareciendo en los últimos años, principalmente desde el ámbito de la restauración fluvial, nuevas tendencias posibilistas que renuncian al imposible retorno a estados naturales y abogan por una restauración basada en objetivos concretos y factibles, incompleta pero que responda a criterios de naturalidad y aporte beneficios a la sociedad. Es un planteamiento interesante que, aunque implica renunciar a ideales, abre muchas puertas de actuación, si bien requiere diseñar con mucho cuidado los programas de mejora por el riesgo de caer en el puro marketing perdiendo los objetivos ambientales.

I.1.2. Los sistemas naturales

Una manera sencilla de comprender el funcionamiento de nuestro planeta Tierra se apoya en la teoría de sistemas. Un sistema es un conjunto de elementos **estructurados, interdependientes, interconectados e interactuantes** entre sí y con el medio que les rodea como un todo complejo. El planeta está compuesto por un conjunto de sistemas naturales que, de forma simple, podrían diferenciarse a partir de criterios geomorfológicos y ecológicos: sistemas glaciares, fluviales, lacustres, palustres, litorales, marinos, vertientes, bosques, praderas, estepas, desiertos, etc. Entre estos sistemas, así como entre los subsistemas en que a su vez pueden estructurarse, hay complejas interacciones múltiples a diferentes escalas espaciales y temporales.

Los sistemas naturales se manifiestan con **irregularidad, inestabilidad e imprevisibilidad**, tanto más cuanto más complejo es el sistema. A su vez, el medio que los rodea los somete a estrés ambiental.

Los sistemas naturales cuentan con:

- unas **funciones** en el sistema Tierra, por ejemplo funciones climáticas (aislamiento, conducto, regulación), geomorfológicas (denudación, transporte, almacenamiento, regulación), ecológicas (hábitat, barrera, filtro, corredor, fuente, sumidero) o humanas (económicas, territoriales, culturales, paisajísticas),
- unos **elementos o componentes**, como por ejemplo el agua, que juega un papel muy importante en casi todas las funciones,
- unas **interrelaciones o interacciones** entre esos elementos y con otros sistemas, que pueden definirse como **flujos de materia y energía**,
- unos **procesos** (geomorfológicos, hidrológicos, climáticos, ecológicos, edáficos, físicos, químicos, biológicos...) definidos y ejecutados por las interrelaciones, que constituyen el motor, los mecanismos eficaces puestos al servicio de las funciones,
- una **estructura**, en la que se manifiestan esos procesos, conformada por elementos **abióticos, bióticos y antrópicos** y por **tres dimensiones** (longitudinal, transversal y vertical), con **patrones espaciales** de tipo matriz–mancha–corredor–punto, red–mosacio o borde–ecotono–buffer, así como una **estratificación vertical**,
- un **territorio**, manifestación geográfica, área cartografiable ocupada por el sistema, delimitada por la envolvente de todos sus elementos y procesos
- una **continuidad y conectividad** entre todos los elementos y en todas las dimensiones y, por tanto, en el territorio,
- una **dimensión temporal**, pues se encuentran en **continuo cambio o evolución**,
- unos atributos temporales de elementos y procesos: **duración, frecuencia, estacionalidad, regularidad, predictibilidad y tasa de cambio**,
- un **estado** o valor instantáneo de todos los elementos,
- una **dinámica espacial (movilidad) y temporal (tendencia)** que deriva del cambio continuo de elementos, procesos y estados,
- en consecuencia una **complejidad, heterogeneidad y diversidad** internas, mayores cuanto más elementos, interacciones, procesos y dinámica tenga el sistema,
- así como elasticidad o **resiliencia**, es decir, capacidad de **autorregulación** y **auto-recuperación**.

El valor más importante de los sistemas naturales es, lógicamente, su naturalidad. Si su funcionamiento es natural, todo lo reseñado en el listado anterior está y el sistema funciona correctamente. Tratar de lograr ese funcionamiento natural en cualquier sistema es el principal objetivo de la restauración ambiental.

1.1.3. Los sistemas fluviales: función y funcionamiento

Un río es un sistema natural que trabaja de forma eficiente en transportar agua, sedimentos, nutrientes y seres vivos desde el continente hasta el mar. Una cárcava, un torrente, un barranco o un gran río funcionan igual y tienen la misma función en el planeta. Solo se diferencian en el tamaño, en la escala. Por eso, es mejor hablar de todos ellos como sistemas fluviales.

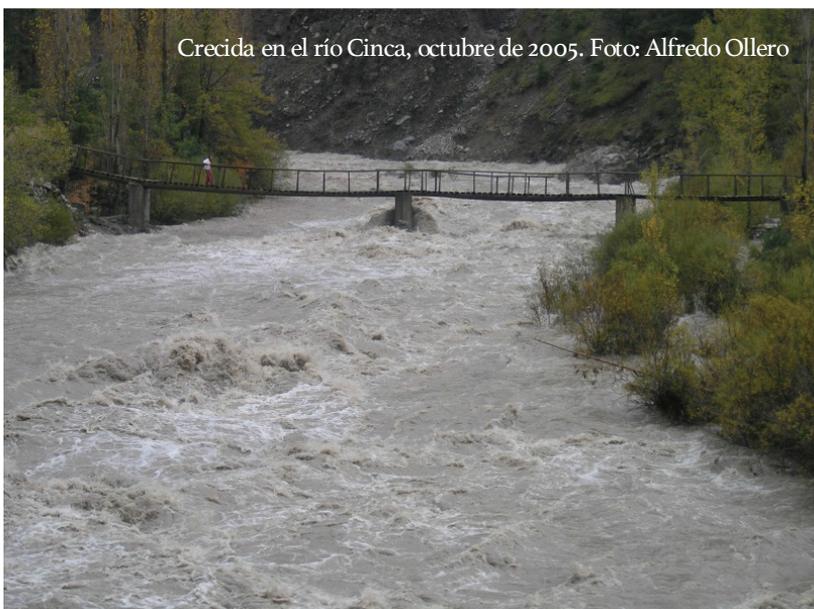
Los sistemas fluviales son las arterias naturales del territorio, encargándose de **equilibrar el ciclo hidrológico planetario**, ya que conducen el agua sobrante de las precipitaciones caídas sobre los continentes hasta el gran almacén oceánico. Los sistemas fluviales contribuyen también a **regular el relieve del planeta**, encargándose de ir conduciendo todos los materiales sueltos generados por la erosión desde cada rincón de los continentes hasta los mares o lagos en que desembocan.

Los sistemas fluviales **se regulan a sí mismos**, abren sus llanuras para contener sus crecidas y disponen almacenes temporales de sedimentos, escalonando poco o poco su trabajo. Así mismo **recargan los acuíferos** situados en las planas aluviales y pueden recoger los drenajes de masas de agua subterráneas laterales. Tampoco hay que olvidar que son los ríos los que **aportan arena a las playas del litoral** y las regeneran de forma continua.

Un sistema fluvial es también un ecosistema de gran diversidad y valor medioambiental. Transporta nutrientes, que aportan gran fertilidad, desde las cabeceras hasta el mar. Esta riqueza de alimentos, unida al papel trascendental de las crecidas distribuyendo esos nutrientes y renovando todos los hábitats y ambientes, son claves para crear unos ecosistemas muy ricos y diversos y continuamente rejuvenecidos. Esto confiere a los ríos una enorme diversidad de hábitats acuáticos y terrestres en los que viven innumerables especies animales y vegetales que se desplazan por el propio río. Así, el enorme valor medioambiental reside en esta **gran biodiversidad y en la función del sistema fluvial como corredor ecológico**, conectando infinidad de ecosistemas diferentes desde las montañas hasta los litorales.

Por si fuera poco, el sistema fluvial nos proporciona **importantes servicios a los seres humanos** como especie: suaviza localmente las condiciones meteorológicas y climáticas, nos protege y nos aporta agua y alimentos desde que existimos sobre el planeta. Así, en áreas semiáridas, como el ámbito mediterráneo, el río y sus humedales asociados son el mejor refugio, y a veces el único, para multitud de especies que encuentran en sus aguas o sus riberas los recursos que necesitan para sobrevivir. La especie humana así lo entendió también desde el Neolítico y por eso utilizó la bondad de estos ecosistemas para el desarrollo de grandes civilizaciones. Hoy y en el futuro, los ríos juegan

y jugarán una importante función reduciendo los efectos del cambio climático.



Crecida en el río Cinca, octubre de 2005. Foto: Alfredo Ollero

Los sistemas fluviales son muy **dinámicos y complejos** y cuentan con todos los elementos y atributos que se han citado para los sistemas naturales en el apartado anterior. Para el sistema fluvial el motor que mueve todos los procesos e interacciones son las crecidas, imprescindibles para el buen funcionamiento y, por tanto, para el buen estado ecológico, aportando enormes beneficios al sistema fluvial y a la sociedad.

I.2. Conceptos básicos

I.2.1. Restauración

Básicamente restaurar es restablecer los procesos de un sistema natural, devolviéndole su estructura, su función, su territorio y su dinámica. La auténtica restauración es, por tanto, restauración pasiva o auto-restauración, consistiendo simplemente en eliminar los impactos para dejar que el sistema natural se recupere solo. Así, en nuestro camino al futuro se ha ido evolucionando desde una fase previa en la que se creía que la tecnología puede dominar o controlar al sistema natural hacia una fase actual en la que en algunos aspectos se ha conseguido trabajar con el sistema natural en lugar de contra él. Ahora ya es necesario dar un paso más para conseguir restaurar efectivamente los sistemas naturales: dejar al sistema hacer el trabajo.

Por tanto, podría definirse la auténtica restauración como un camino de auto-recuperación de los procesos, estructura, funciones, territorio, dinámica y resiliencia de un sistema natural, a partir de la eliminación de los impactos que lo degradaban y a lo largo de un tiempo prolongado, hasta alcanzar un funcionamiento natural y autosostenible. Esta definición puede aplicarse perfectamente a cualquier sistema fluvial.

Un sistema natural, o en concreto un sistema fluvial restaurado, habrá recuperado:

- 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 dentro del sistema Tierra (transporte, regulación, hábitat, etc.),
- su territorio, es decir, el espacio propio y continuo que debe ocupar para desarrollar todos sus procesos y funciones,
- su dinámica natural a lo largo del tiempo,
- su resiliencia o fortaleza frente a futuros impactos, su capacidad de auto-regulación y auto-recuperación
- y, por tanto, todos los bienes y servicios que aporta a la sociedad.

En suma, el proceso de restauración debe lograr naturalidad, funcionalidad, dinamismo, complejidad, diversidad y resistencia para el sistema natural.

I.2.2. Restauración activa, rehabilitación, mejora y creación

Hay muchos tipos de restauración según los objetivos. Aunque quizás sea más correcto diferenciar entre auténtica restauración y otras propuestas. No existe todavía un consenso generalizado sobre la amplitud del concepto restauración y otros afines. Es preciso acotar y precisar el alcance de estos términos para eludir problemas semánticos, tan habituales en este campo. Muchos conceptos han fraguado en Norteamérica y algunos no cuentan con palabras castellanas apropiadas. Lo decisivo es saber distinguir entre los diferentes objetivos que se persiguen en cada caso, así como entre las técnicas empleadas.

Ya hemos visto que la auténtica o estricta restauración es o debería ser pasiva. Pero también puede realizarse una restauración activa, con acciones concretas que ayuden, aceleren o dirijan el trabajo del río. Se definiría como el proceso de ayuda al restablecimiento de un ecosistema que había sido degradado, dañado o destruido, es decir, una actividad deliberada que inicia o acelera esa recuperación.

Un sistema natural, o en concreto fluvial, se habrá recuperado cuando cuente de nuevo con suficientes recursos para continuar su desarrollo, manteniéndose estructural y funcionalmente, interactuando con los sistemas contiguos y con capacidad de recuperación dentro de los límites normales de estrés y alteración ambiental.

Lo que no es estricta y auténtica restauración no es malo. Muchas veces es muy positivo para los sistemas naturales y hay que valorar el esfuerzo de conseguirlo. Ante las grandes dificultades para realizar auténtica restauración o alcanzarla, por las limitaciones que imponen las presiones existentes, se va imponiendo el concepto de **rehabilitación, que implica la recuperación de un funcionamiento más natural restableciendo algunos elementos, procesos o funciones importantes**. La rehabilitación es, por tanto, a lo que se puede aspirar en un sistema natural en el que no se pueden eliminar todas las presiones e impactos. Es un concepto muy amplio que involucra numerosas metodologías y prácticas. **Un sistema fluvial rehabilitado puede cumplir con buena parte de sus funciones y servicios aunque no haya logrado toda la naturalidad deseable.**

Un grado menor de recuperación estaría marcado por la **mejora, que consigue un aumento del valor ambiental de un sistema natural, una mejora de su estado, pero no su recuperación integral como sistema**. Se quedará en la mejora de algunas de sus funciones y cualidades y de su aspecto. Por ejemplo, puede realizarse una mejora simplemente para que pueda habitar una determinada especie.

En ocasiones, principalmente en casos de sistemas naturales totalmente destruidos, se procede a la **creación o sustitución, la construcción de un sistema natural similar o totalmente distinto que sustituye al primitivo ya inviable**. Un ejemplo frecuente es la creación de humedales en antiguas minas a cielo abierto.

La mayor parte de las actuaciones de recuperación ambiental en sistemas naturales y específicamente en ríos pueden inscribirse en los conceptos

vistos hasta aquí: restauración, restauración activa, rehabilitación, mejora y creación. Pero se utilizan más conceptos, en general ambiguos, para definir los proyectos: recuperación, restablecimiento, remediación, rescate, mitigación, acondicionamiento, saneamiento, adecuación, etc., muchas veces falsos, empleados en marketing del maquillaje ambiental.

Mención aparte merecen los conceptos de naturalización y preservación, que son adecuados y positivos pero se salen del paradigma de la restauración. Naturalización en sentido estricto es el abandono total de la actividad humana en un área. Preservación es conservar un sistema natural sin actuar en él, ya que se encuentra en su estado deseable; en todo caso se establecerían medidas de protección y de prevención.

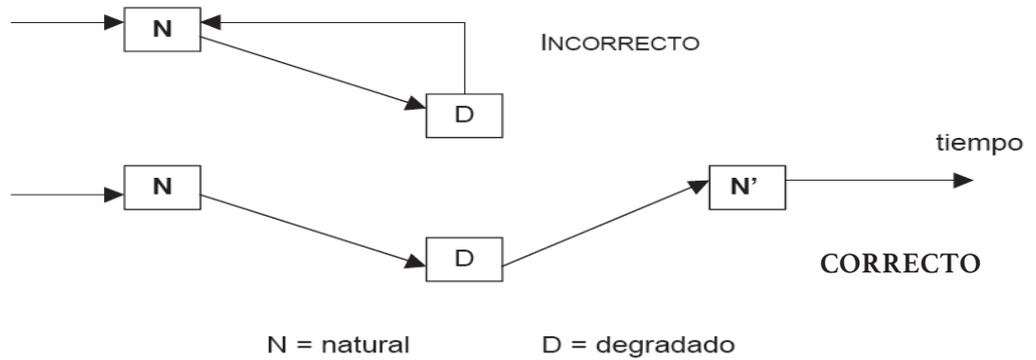
1.2.3. Referencia, trayectoria y objetivo

Restaurando se pretende llevar al sistema fluvial a un estado natural **equivalente** al original previo a las alteraciones ocurridas. Equivalente, no idéntico. Una casa o un mueble se pueden restaurar y dejarlos como nuevos, pues siguen siendo el mismo objeto, pero un sistema natural no, ya que está

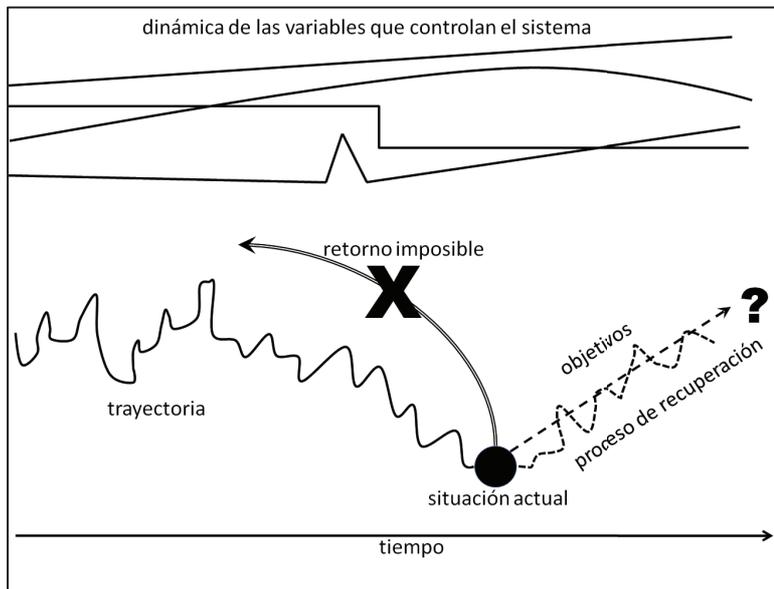
Remodelación geomorfológica de huecos mineros con creación de humedales y pequeñas cuencas. Corta Alemanes, Utrillas (Teruel). Foto: Alfredo Ollero.



en dinámica continua a lo largo de una **trayectoria temporal**. Una persona también es un sistema natural que puede restaurar su salud degradada, pero no puede rejuvenecer para volver a la situación previa.



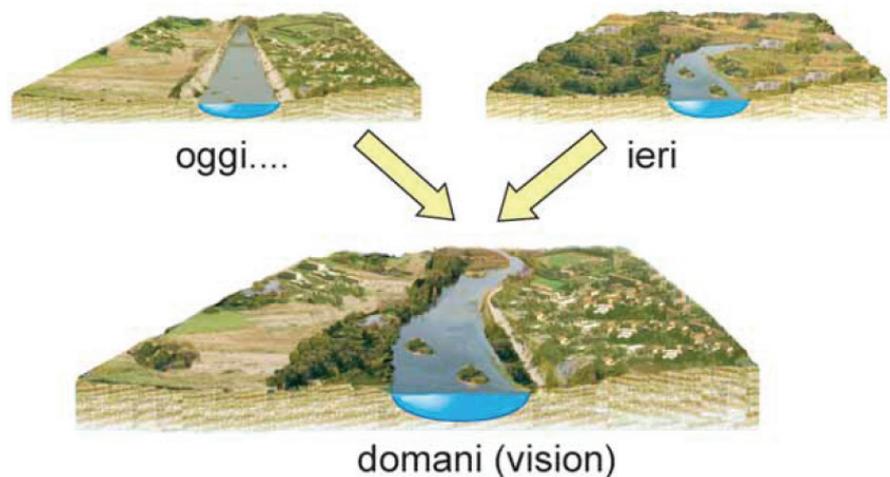
El sistema río también ha estado integrado en una dinámica temporal integrada con la de otros sistemas. Restaurándolo se le puede llevar a un estado natural equivalente o parecido al original previo, pero nunca idéntico, porque muchos factores, elementos y procesos habrán cambiado durante esa trayectoria, incluso sin intervención humana.



Teniendo en cuenta esa trayectoria, para restaurar hay que tener un objetivo o, si se quiere, hay que definir la **imagen objetivo que se pretende alcanzar**. Y también hay que contar con una base de apoyo, un **modelo de referencia que puede encontrarse en una situación pasada previa a la degradación o bien en un ámbito bien conservado de caracteres similares**.

Referencia, trayectoria y objetivo son tres aspectos clave para definir un proceso de restauración. Sobre ellos se construirá el proyecto, se elegirán las acciones adecuadas y se evaluarán los resultados.

Trayectoria, retorno imposible y proceso de recuperación (adaptado de Dufour y Piégay, 2009)



Representación de la situación actual degradada, del buen estado en el pasado (referencia) y de la situación que se quiere alcanzar con la restauración (imagen objetivo). Ilustración de Bruno Boz en el manual de restauración del Centro Italiano de Riquilificazione Fluviale (Nardini y Sansoni, Dirs., 2006).

1.3. Dificultades y posibilidades en restauración fluvial

Con el objetivo de mejorar el estado de los cursos fluviales, en un proceso de restauración fluvial pueden establecerse una serie de prioridades:

- En primer lugar, si la situación inicial es de funcionamiento fluvial natural, se **preservarán** esos procesos naturales, por ejemplo mediante una figura de protección. Hablaríamos de **conservación del sistema fluvial**.
- Cuando el funcionamiento fluvial no sea natural, la primera prioridad de restauración será **eliminar las presiones humanas y los impactos por ellas generados, de manera que el río recupere su funcionamiento natural**. Esto así ya sería restauración fluvial. Un ejemplo sería demoler una presa y dejar que el río haga su trabajo de auto-recuperación (**restauración pasiva**)
- Si es imposible eliminar las presiones y, por tanto, los impactos negativos sobre el medio fluvial, la prioridad será **recuperar en la medida de lo posible los procesos hidrogeomorfológicos**. Se priorizan porque caudal y sedimentos son las variables clave en el funcionamiento del sistema, y a partir de su recuperación será factible la mejora de los procesos ecológicos, lo cual no puede ocurrir a la inversa. Nos movemos ya en el terreno de la **restauración activa**, por ejemplo desembalsando crecidas geomórficas o aportando sedimentos extra en tramos con déficit.
- Si las medidas prioritarias hasta aquí no son posibles por dificultades internas o externas, habrá que descender al terreno de la **rehabilitación**. La primera prioridad sería **recuperar formas fluviales en el cauce y orillas**, tratando de darles una morfología de máxima naturalidad apta para el desarrollo posterior de los elementos bióticos.
- Si la medida anterior no es posible o resulta fallida, la siguiente prioridad será tratar de **recuperar el suelo y la vegetación**, no en el cauce menor, sino en orillas y riberas.
- La última prioridad es **recuperar la fauna**, por ejemplo reinstalar una determinada especie. Habría que hacerlo si todo lo anterior falla, o bien porque todo lo anterior funciona correctamente pero se ha perdido la población por otros factores. En cualquier caso, el peso de la fauna en el funcionamiento general del sistema fluvial es muy escaso, por lo que estaríamos hablando exclusivamente de **mejora**.

1.3.1. ¿Restauración utópica o rehabilitación realista?

Desde el inicio del proceso de restauración pueden detectarse numerosas dificultades, algunas insalvables, y a lo largo del proceso pueden surgir nuevas dificultades. Todo ello puede implicar que haya que modificar las prioridades predefinidas adaptándolas. De hecho, **la auténtica restauración es extremadamente difícil en la práctica por dos problemas fundamentales:**

- Porque **muchas actividades humanas son incompatibles con los sistemas naturales y deberían ser modificadas o trasladadas, lo cual es social y económicamente muy complejo**. La auténtica restauración constituiría toda una **“revolución”**. Porque hay dos requisitos básicos para restaurar y la sociedad debería estar dispuesta (pero no lo está) a asumirlos: **eliminar o reducir al mínimo las causas del deterioro y reconsiderar las actividades humanas que generaron esas causas**. Sin embargo, los intensos procesos de urbanización y especulación siguen provocando un incremento continuo en el deterioro ambiental. Mientras se estén restaurando algunos espacios, muchos más estarán siendo alterados por acciones humanas. **La correcta restauración está muy alejada de las actuales demandas sociales de domesticación del medio, urbanización y desnaturalización**. Probablemente mientras la sociedad no cambie sus hábitos de consumo la restauración será una labor inútil e imposible.

- Porque en la mayoría de los casos y ámbitos de restauración **no pueden encontrarse estados naturales de referencia ni en ríos próximos (prácticamente todos están alterados) ni en el pasado**. La intervención humana ha sido extensa, compleja y duradera, y ha ido perturbando a los sistemas naturales directamente, pero también de muchas formas indirectas muy difíciles de identificar y cuantificar. No es suficiente con volver, por ejemplo, a la situación preindustrial. Es imposible saber en qué momento del pasado un sistema se encontró en su mejor estado. También hay determinados ecosistemas que justo en los periodos de mayor intervención humana es cuando han contado con mayor biodiversidad y complejidad. Como hemos visto, es imposible reproducir una situación pasada porque todo ha seguido una trayectoria y la naturaleza es producto en cada momento de condiciones que no se repetirán. **Aceptando el concepto de trayectoria, la restauración sólo es aplicable a muy corto plazo y para perturbaciones locales muy concretas.**

Conforme aumentan las dificultades van decreciendo las posibilidades de hacer auténtica restauración, esa revolución que la sociedad todavía no aprueba, y habrá que conformarse con procesos más simples de rehabilitación o mejora. Ante estas dificultades se va asistiendo a un cambio progresivo de mentalidad en los defensores de la restauración hacia una posición más posibilista. En el ámbito fluvial los principales expertos, especialmente en Europa y Australia, **han llegado ya a considerar la restauración irreal y utópica, descartando totalmente el término y empleando en exclusiva el de rehabilitación.**

Al mismo tiempo, se da una importancia fundamental a la **naturalidad como clave de gestión ambiental**, considerando los caracteres naturales, independientemente de su origen y trayectoria (no confundir lo “natural” con lo actualmente imposible “prístino” o “virgen”), como fuente de beneficios para la sociedad. Se asume además la **importancia del papel del hombre en los sistemas naturales y la necesidad de incluir en la recuperación ambiental los valores culturales junto a los naturales.** Esta nueva perspectiva es fundamentalmente práctica, en el sentido de que es más fácil que pueda ser ejecutada, más “vendible” y socialmente aceptable. Sin embargo, presenta dos problemas: a) en muchos casos las actuaciones pueden quedarse en un maquillaje muy superficial, recuperándose pocos valores naturales; b) se puede estar favoreciendo que la rehabilitación se convierta ante todo en un buen negocio o bien en un instrumento de promoción política.

1.3.2. ¿Exigencia ambiental, reto, mito o negocio?

La sociedad actual consume mucha agua y también sedimentos (áridos) y está ocupando buena parte de los territorios fluviales, intensos procesos de urbanización y especulación que provocan un continuo incremento en el deterioro fluvial. Además, la correcta restauración está muy alejada de las actuales demandas sociales: seguridad, estabilidad, parques fluviales, domesticación de las riberas, modelos urbanos frente a naturalidad (gravas y vegetación espontánea son sucias), moda en la construcción de escolleros innecesarios, etc.

Restaurar sistemas fluviales es prácticamente imposible y rehabilitarlos es una labor científico-técnica muy difícil. **Muchos proyectos fracasan porque no han pasado por la fase de eliminar o reducir significativamente las causas de deterioro.** Es imposible restaurar algunos grandes impactos y se puede hacer muy poco en su rehabilitación, de manera que **hay sistemas fluviales irrecuperables.** Hay también notables **dificultades técnicas**, por la complejidad de los sistemas fluviales, la imposibilidad de comprobar a escala humana algunos resultados o la incertidumbre de que extrapolando a otros enclaves se llegue a los mismos resultados. Muchos proyectos se basan en modelos realizados en sistemas fluviales diferentes y regiones diferentes. De hecho, en algunos ámbitos (por ejemplo en España, y en ambientes mediterráneos en general) son todavía muy escasas las auténticas restauraciones antecedentes y los buenos ejemplos de rehabilitación que

puedan servir como modelo de actuación. En ocasiones la práctica de la restauración ha ido mucho más rápida que la teoría, ya que ésta constituye una línea científica relativamente joven. Además, para la restauración es necesaria la aplicación de numerosos conocimientos procedentes de variadas disciplinas científicas.

En consecuencia, los proyectos suelen basarse en prácticas simples e insuficientes, como la frecuente revegetación. Son programas que se reducen a una visión simplista de reverdecimiento de un área, sin considerar procesos ni interacciones. Las especies no siempre están bien elegidas y casi siempre se subestima la rehabilitación de la geomorfología y del suelo. Esto ocurre con mucha frecuencia cuando la rehabilitación se ejecuta sólo como exigencia ambiental (a raíz de una evaluación de impacto), limitándose a medidas correctoras convencionales y reproducidas “en serie”.

Además, en muchos casos hay que vencer enormes **inercias sociales y deficiencias administrativas y jurídicas**. Cabe añadir la presión temporal con que se desarrollan muchas actividades de restauración o rehabilitación, delimitadas por el período legislativo.

Ante todas estas dificultades, los programas de restauración fluvial constituyen un auténtico reto. **Desde amplios sectores conservacionistas y científicos, la restauración se ha elevado a paradigma por el que hay que luchar, a pesar de su complejidad y de lo utópico que se prevé teniendo en cuenta la situación de partida.** Adoptando una posición más práctica, para algunos autores **la restauración es un mito**. También puede considerarse un negocio al que la administración dedica crecientes presupuestos con escaso control sobre el destino, ya que **se financian con frecuencia, bajo el nombre vendible de restauración, actuaciones totalmente contrarias a los fines ambientales**. Así la restauración es en ocasiones una estrategia de obtención de beneficios económicos, publicidad e imagen, y de orientación de la opinión de personas.

En ocasiones las actuaciones son desproporcionadas o innecesarias, de manera que hay prácticas de supuesta restauración que deterioran más que recuperan. Las principales empresas que realizan estas “restauraciones” son las mismas de ingeniería civil que ejecutan obras públicas. El simple hecho de utilizar una técnica, aun siendo “blanda”, “ecológica” o “verde” no significa que se esté restaurando ni que al proyecto se le pueda llamar restauración. De hecho, muchas de las técnicas se utilizan en actuaciones de objetivo meramente económico o estabilizador, o bien se repiten en diferentes ámbitos de restauración, lo que evidencia que hay pocos diseños específicos y pocas empresas especializadas. Pero para las administraciones es más fácil y correcto financiar actuaciones técnicas concretas, visibles y presupuestables que simples eliminaciones de impactos acompañadas de un seguimiento científico largo que vaya constatando si el sistema natural se va auto-recuperando.

1.3.3. Mirando al futuro

No hay que renunciar de antemano a la restauración fluvial por sus dificultades. Puede ser perfectamente factible y viable en sistemas fluviales sencillos afectados sólo por impactos locales. Por tanto, deben seguir diseñándose, incluso aunque se presuman muchas dificultades, propuestas y programas de restauración, que pueden más adelante reconvertirse en procesos de rehabilitación si las circunstancias así lo exigen. Ahora bien, en ríos muy complejos y afectados por múltiples presiones e impactos, es imprescindible una rehabilitación integrada en la gestión, fundamentada en objetivos concretos y ejecutada con acciones concretas. **Lo más inteligente puede ser pensar en restauración y actuar en rehabilitación, desarrollar la teoría y los principios de la restauración y, teniéndolos en cuenta, ejecutar adecuadamente las técnicas de rehabilitación, llegando lo más lejos posible en los ideales de la restauración.**

Restauración y rehabilitación deben basarse en objetivos hacia el futuro más que en recuperar situaciones pasadas. Si es necesario encontrar un modelo de referencia éste no ha de buscarse en el pasado, sino en otro sistema fluvial actual próximo que se encuentre en buen estado. Es esencial **definir con claridad y precisión los objetivos**, que deben resultar de la combinación de lo que se pretende recuperar en el sistema fluvial y de lo que funcionalmente es posible de acuerdo con su trayectoria y estado. **Deben fundamentarse en valores naturales y en caracteres locales.** En algunos casos también se puede tener en cuenta lo que la sociedad necesita y económicamente es factible, así como aspectos culturales, que no hay por qué subestimar en un proyecto de mejora.

Es urgente y necesario **desarrollar normativas y establecer algún organismo público de tutela** de la restauración y de la rehabilitación. Algunas leyes y directivas europeas no tratan de restauración pero sientan bases de apoyo válidas. Paralelamente pueden plantearse moratorias para que no se sigan realizando ciertas actuaciones impactantes, así como endurecer en muchos casos el procedimiento de evaluación de impacto ambiental. Igualmente hay que trabajar en nuevas figuras de ordenación del territorio y planeamiento urbanístico. En suma, es preciso **integrar la restauración en planes de gestión más amplios.**

La restauración fluvial no puede hacerse depender de presupuestos económicos que respondan a plazos cortos de tiempo. Se trate de restauración o de rehabilitación, supone un proceso generalmente muy largo que requiere seguimiento científico y cuya conclusión no puede ser prevista ni certificada. No pueden ejecutarse intervenciones por el hecho de que sean rápidamente observables y vendibles, ya que probablemente constituirán un fracaso en cuanto a sus objetivos ambientales. **El imprescindible seguimiento de los resultados para comprobar la consecución de los objetivos puede implicar en muchas ocasiones el reajuste de los objetivos y de los medios del proceso de restauración o de rehabilitación, en la línea de la gestión adaptativa.**

Es muy necesaria la **formación técnica y científica** en los diferentes ámbitos de restauración. Ante la fuerte demanda profesional que puede preverse, se hace necesario consolidar currículos formativos en educación superior.

También es fundamental la **educación ambiental de la sociedad** sobre el funcionamiento de los sistemas fluviales y los beneficios y objetivos de los procesos recuperadores. En este sentido, no puede seguir llamándose restauración a lo que no lo es. No hay que engañar a la sociedad tratando de vender ciertas actuaciones con un “envoltorio verde”.



Seguimiento de un proyecto de restauración en el río Leitzaran (Gipuzkoa). Foto: Askoa Ibisate

En conclusión, desde la ciencia hay que seguir creyendo en el paradigma de la restauración, desarrollando sus bases teóricas e investigando sobre el funcionamiento de los sistemas fluviales, y también hay que colaborar en los trabajos de rehabilitación, tratando de lograr objetivos ambientales adecuados y lo más ambiciosos que sea posible, desde el seguimiento y la gestión adaptativa en cada proyecto. También es urgente y necesario trabajar en la formación de los futuros gestores, técnicos y profesionales, así como en la educación de la sociedad y en la denuncia de las falsas restauraciones. A la administración hay que exigir responsabilidad en estos campos, que desarrolle normativas y que establezca algún sistema de tutela y evaluación de proyectos.

1.4. Lo que no es restauración fluvial

Para aclarar mejor qué es la restauración fluvial resulta muy útil, con fines educativos y de sensibilización, señalar qué no es restauración.

Los objetivos de la restauración no deben ser una pretendida belleza, ni recreo, ni estabilidad, como es frecuente, ni cumplir simplemente con la legalidad vigente en cada caso. Por tanto, **restaurar no es estabilizar, ni ajardinar, ni urbanizar, ni maquillar ni camuflar, ni simplemente depurar o revegetar**. Y no es restauración fluvial aunque haya un cartel o una nota de prensa que diga que sí. Nunca es restauración cuando se estabiliza un cauce, por ejemplo, aunque se haga con técnicas de bioingeniería. Tampoco es restaurar hacer parques fluviales buscando objetivos estéticos y recreativos. La restauración estrictamente paisajística no es auténtica restauración, ya que se centra en la calidad escénica del sistema natural o de alguno de sus elementos, y no en la funcionalidad o dinámica del mismo, no persigue un objetivo natural, aunque en algunos casos pueda mejorar la naturalidad. Por tanto, las técnicas de bioingeniería o ingeniería natural, cada vez más extendidas, no deben asociarse directa y necesariamente con la auténtica restauración, ya que generalmente se emplean para objetivos estéticos o de estabilización. Plantar o cultivar chopos en las orillas de los ríos tampoco es restauración. Tampoco es restauración, ni mucho menos, ampliar la sección de desagüe de los cauces mediante limpiezas o dragados, ni el maquillaje posterior de dragados y escolleras. Tampoco es restauración construir meandros donde nunca los hubo, crear nuevos cauces complejos y meandriformes sobre ríos que en estado natural eran mucho más simples, o viceversa. Tampoco es restauración reformar cauces para beneficiar a especies si con ello se altera la integridad y naturalidad general del río.

Teniendo claras estas premisas no nos dejaremos engañar por muchos sucedáneos de la restauración que son puro marketing ambiental o que tienen otros fines, útiles y valiosos también, pero que no son restauración fluvial.

Entonces, ¿qué sí es restauración fluvial? Lo veremos en el catálogo de buenas prácticas: un conjunto de acciones de mejora, rehabilitación o auténtica restauración para recuperar las ideas sobre los ríos, la continuidad del curso fluvial, el territorio fluvial, las llanuras de inundación, el funcionamiento hidrológico, los caudales sólidos, los procesos y formas fluviales y las riberas.



(c) Tony Herrera

“Adecuación medioambiental de las márgenes del río Chillar, Nerja” según cartel oficial de la Junta de Andalucía, financiado con fondos europeos. Foto: Tony Herrera.

2 Cómo hacer restauración o rehabilitación fluvial

2.1. Diagnóstico del estado del río

2.1.2. Problemática que hay que restaurar

Los ríos sufren intensas presiones humanas en todo el planeta, presiones que se han incrementado considerablemente en el último medio siglo como consecuencia del desarrollo económico basado en el consumismo. **Muchas actividades humanas consumen agua (caudales), áridos (sedimentos) y espacio (invadiendo el territorio fluvial).** Su expansión es creciente en una sociedad cada vez más urbana, que además exige estabilidad (regulaciones, canalizaciones, etc.) tratando de controlar un medio natural tan dinámico como el fluvial. **El deterioro de los ecosistemas fluviales es imparable, por lo que la restauración es una tarea necesaria y urgente.**

Las causas de los problemas de los ríos son similares en todos los países. La **agricultura** incide mucho por su gran demanda de agua, exigiendo presas, regulaciones, defensas, pozos e invasión de espacios ribereños. La **urbanización** es otra presión muy importante, generando contaminación, canalizaciones, impermeabilización de llanuras de inundación, así como un enorme consumo de agua y de materiales para la construcción, obtenidos en buena medida también del río. A estas **extracciones** de gravas y arenas hay que unir en muchos ríos la remoción de su lecho para la extracción de metales, modificando las características del hábitat, los flujos subsuperficiales y subterráneos y la integridad del medio hiporreico. La producción de **energía hidroeléctrica** modifica profundamente el régimen natural de caudales, crea barreras para muchas especies, impide el transporte de sedimentos y altera los procesos geomorfológicos de los cauces. La **navegación fluvial** ha provocado para su mantenimiento la canalización y dragado periódico de miles de kilómetros de cauces, destruyéndose la dinámica fluvial y homogeneizándose los hábitats.

Estas presiones son de tal intensidad que parece inviable el logro de una auténtica restauración fluvial sin un cambio muy importante en los modelos socioeconómicos. Es necesario revisar, desde el contexto de la sostenibilidad, el modelo de desarrollo que ha llevado a tanto deterioro y artificialización. **Sería preciso reducir el consumo de agua, de sedimentos y de espacio fluvial, ya que la restauración requiere ineludiblemente caudales naturales, crecidas, aporte de sedimentos y un espacio del río suficientemente ancho y continuo.** El proceso de restauración debería acompañarse de programas de formación técnica y educación ambiental, así como de restricciones máximas para las hoy convencionales estructuras (presas, escolleras) y acciones en los cauces (dragados, limpiezas de vegetación), que habría que evitar buscando todas las alternativas posibles, en especial desde la ordenación del territorio.

Las amenazas sobre ríos, barrancos y ramblas son muy variadas, generando problemas a nivel local y general. Los más graves para el funcionamiento fluvial son la alteración del régimen de caudales, las alteraciones geomorfológicas generadas por desnaturalización hidrológica y por efecto de embalses, las alteraciones por reducción de flujos sedimentarios, los problemas por reducción funcional de la llanura de inundación, el deterioro por acciones directas sobre la forma del cauce, fondo y márgenes, la entrada de especies invasoras y el deterioro de las riberas. Desde la restauración fluvial hay que tratar de solucionar todos estos problemas.

2.1.2. Criterios y normativa

De acuerdo con todo lo expuesto hasta aquí, la auténtica restauración fluvial debería ser fundamentalmente **auto-restauración hidro-geomorfológica** y requeriría **caudales naturales incluyendo crecidas, sedimentos movilizables, espacio (territorio fluvial) para el desarrollo de la dinámica natural, eliminar obstáculos longitudinales y transversales, y tiempo para la auto-recuperación**. Sin embargo, esta auténtica restauración es imposible en la práctica, ya que los ríos, torrentes, barrancos y ramblas sufren numerosas presiones en toda su cuenca, que en su mayoría no se pueden eliminar. Si fuera posible eliminar todos esos impactos (presas, defensas, canalizaciones), la restauración sería rápida y efectiva en muchos ríos, ya que unas pocas crecidas serían suficientes para recuperar todo el funcionamiento natural.

La restauración fluvial se apoyaría en medidas como la **prohibición de dragados y “limpiezas”, la apertura o derribo de presas para el paso de los sedimentos, la recuperación de caudales naturales y sobre todo de las crecidas dinamizadoras**. Asimismo es necesaria la **eliminación de defensas para permitir la erosión de las orillas y la removilización de sedimentos, la devolución al cauce de su espacio de movilidad, permitir que se generen nuevas superficies de sedimentos que la vegetación irá colonizando o no, así como dejar que las riberas se vayan estructurando en complejos mosaicos a partir de la dinámica hidrogeomorfológica, permitiendo que regresen valiosas especies autóctonas**, etc. En suma, se trata de liberar al sistema fluvial de presiones para que pueda volver a ejercer sus funciones: **que el río vuelva a funcionar como un río**.

Estos son los criterios fundamentales, las guías teóricas que definen por donde debería ir la restauración de un río degradado. Pero, ¿existe una normativa que ampare estos criterios? Sobre restauración fluvial no hay todavía normativas ni preceptos legales. El único punto de apoyo lo ofrece la **Directiva Marco europea del Agua 2000/60/CE**, que establece que todos los ríos europeos deben alcanzar un buen estado ecológico, en un primer plazo para el 31 de diciembre de 2015. Por tanto, deberían aplicarse medidas de restauración fluvial en muchos ríos para poder alcanzar ese objetivo de buen estado. En concreto, la directiva habla de proteger, mejorar y regenerar. Con ese fin inicial surgieron iniciativas como la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos.

Sin embargo, frente a una restauración fluvial que debería tener una base hidro-geomorfológica, como se ha explicado, la Directiva establece la importancia en la calidad fluvial de los indicadores hidromorfológicos, pero solo cuando afectan a los biológicos, es decir, subordina la hidro-geomorfología a la biología. Esto supone cierto hándicap para enfocar y ejecutar bien la restauración fluvial, que va siendo compensado y resuelto desde el ámbito científico, en el que numerosos especialistas en la hidrología y la geomorfología están haciendo un esfuerzo para consolidar los criterios de restauración aquí planteados.

2.1.3. Indicadores e índices de evaluación

Los indicadores son determinados elementos o características del medio fluvial que pueden ser medidas o valoradas y que informan del estado del río. Lo ideal es que con el menor número de indicadores se alcance un diagnóstico exacto del estado general del sistema fluvial en cada tramo o punto de análisis.

La Directiva Marco europea del Agua 2000/60/CE propone un sistema de diagnóstico de las masas de agua fluviales basado en **tres grupos de indicadores, los biológicos (fauna bentónica de invertebrados, flora acuática y fauna ictiológica), los hidromorfológicos y los fisico-químicos**. Para conocer el estado del río hay que comprobar todos estos indicadores, y de ese diagnóstico puede derivar la necesidad de iniciar labores de restauración. En los procesos la restauración fluvial

hay que seguir evaluando todos los indicadores de forma continua y periódica para comprobar si el río va asistiendo a las mejoras que se esperan.

La medición e interpretación de los indicadores debe ser llevada a cabo por expertos en cada uno de ellos. Recientemente se trabaja desde la administración en un proceso de simplificación de protocolos para reducir el coste del procedimiento.

Los resultados de los indicadores suelen integrarse en índices de evaluación, que son los que aportan un valor final de diagnóstico. Hay innumerables índices, parciales y globales, de evaluación fluvial en todos los países. Entre los españoles pueden destacarse algunos muy empleados, como el QBR (índice de calidad del bosque de ribera), el IHF (índice de hábitat fluvial) o el IHG (índice hidrogeomorfológico). Existen numerosas publicaciones sobre estos índices, que son especialmente útiles para valorar la hidromorfología, clave para la restauración.

Por ejemplo, el índice IHG se estructura en nueve parámetros de evaluación: 1) calidad funcional del sistema fluvial, incluyendo a) naturalidad del régimen de caudal, b) disponibilidad y movilidad de sedimentos y c) funcionalidad de la llanura de inundación; 2) calidad del cauce, incluyendo a) naturalidad del trazado y de la morfología en planta, b) continuidad y naturalidad del lecho y de los procesos longitudinales y verticales y c) naturalidad de las márgenes y de la movilidad lateral; y 3) calidad de las riberas, incluyendo a) continuidad longitudinal, b) anchura y c) estructura, naturalidad y conectividad transversal. El proceso de evaluación requiere fotografías aéreas recientes y antiguas, documentación de toda la cuenca y cartografías de detalle. Debe ser completado en campo con observación de indicadores de calidad y localización de impactos. Cada parámetro se puntúa de 0 a 10. Tras sumarlos, se considera calidad hidrogeomorfológica muy buena entre 75 y 90 puntos, calidad buena de 60 a 74 puntos, moderada de 42 a 59 puntos, de 21 a 41 puntos deficiente y de 0 a 20 puntos muy mala.

ÍNDICE PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD HIDROGEOMORFOLÓGICA DE SISTEMAS FLUVIALES (IHG)			
sistema fluvial	sector funcional	fecha	
CALIDAD FUNCIONAL DEL SISTEMA			
Naturalidad del régimen de caudal <input type="checkbox"/>			
Tanto la cantidad de caudal circulante por el sector como su distribución temporal y sus procesos extremos responden a la dinámica natural, por lo que el sistema fluvial cumple perfectamente su función de transporte hidrológico	10		
Aguas arriba o en el propio sector funcional hay actuaciones humanas (embalses, derivaciones, vertidos, detenciones, retornos, travases, urbanización de la cuenca, incendios, repobleciones, etc.) que modifican la cantidad de caudal circulante y/o su distribución temporal	-10		
si hay alteraciones muy importantes de caudal, de manera que se invierte el régimen estacional natural, o bien circula de forma permanente un caudal ambiental estable	-8		
si hay alteraciones marcadas en la cantidad de caudal circulante, al menos durante algunos periodos, o aul conlleva inversiones en el régimen estacional de caudales	-6		
si hay variaciones en la cantidad de caudal circulante pero las modificaciones del régimen estacional son poco marcadas	-4		
si hay algunas variaciones en la cantidad de caudal circulante pero se mantiene bien caracterizado el régimen estacional de caudal	-2		
si hay modificaciones leves de la cantidad de caudal circulante			
Disponibilidad y movilidad de sedimentos <input type="checkbox"/>			
El caudal sólido llega al sector funcional sin retención alguna de origen antrópico y el sistema fluvial ejerce su capacidad de movilización y transporte de esos sedimentos	10		
Hay presas con capacidad de retener sedimentos en la cuenca vertiente y en los sectores superiores del sistema fluvial	-4		
si más de un 75% de la cuenca vertiente hasta el sector cuenta con retención de sedimentos	-10		
si entre un 50% y un 75% de la cuenca vertiente hasta el sector cuenta con retención de sedimentos	-8		
si entre un 25% y un 50% de la cuenca vertiente hasta el sector cuenta con retención de sedimentos	-6		
si hay presas que retienen sedimentos, aunque afectan a menos de un 25% de la cuenca vertiente hasta el sector	-4		
En el sector se registran extracciones de sílice o dragados que reducen la disponibilidad de sedimentos y alteran su movilidad	-2		
si se registran extracciones de sílice o dragados que reducen la disponibilidad de sedimentos y alteran su movilidad	-2		
En el sector hay síntomas o índices de dificultades en la movilidad de los sedimentos (armouring, embaldosado, alteraciones de la potencia específica, crecimiento de ciertas especies vegetales...) y pueden atribuirse a factores antrópicos	-1		
notables	-1		
Las vertientes del valle y los pequeños afluentes que desembocan en el sector cuentan con alteraciones antrópicas que afectan a la movilidad de sedimentos, o bien su conexión con el valle, la llanura de inundación o el propio lecho fluvial no es continua	-3		
alteraciones y/o desconexiones muy importantes	-3		
alteraciones y/o desconexiones significativas	-2		
alteraciones y/o desconexiones leves	-1		
Funcionalidad de la llanura de inundación <input type="checkbox"/>			
La llanura de inundación puede ejercer sin restricción antrópica sus funciones de disipación de energía en crecidas, laminación de caudales-punta por desbordamiento y vacanteo de sedimentos	10		
La llanura de inundación cuenta con defensas longitudinales que restringen las funciones naturales de laminación, disipación y vacanteo de energía	-10		
si predominan defensas directamente adosadas al cauce menor	-5		
si están separadas del cauce pero restringen más del 50% de la anchura de la llanura de inundación	-4		
si sólo hay defensas aisladas que restringen menos del 50% de la anchura de la llanura de inundación	-3		
La llanura de inundación tiene obstáculos (defensas, vías de comunicación elevadas, edificios, acequias...), generalmente transversales, que alteran los procesos hidrogeomorfológicos de desbordamiento e inundación y los flujos de crecida	-2		
si hay abundantes obstáculos	-2		
si hay obstáculos puntuales	-1		
La llanura de inundación presenta usos del suelo que reducen su funcionalidad natural o bien ha quedado colgada por dragados o canalización del cauce	-1		
si los terrenos sobreexplotados o impermeabilizados superan el 50% de su superficie	-3		
si los terrenos sobreexplotados o impermeabilizados constituyen entre el 15% y el 50% de su superficie	-2		
si hay terrenos sobreexplotados o impermeabilizados aunque no alcanzan el 15% de su superficie	-1		
CALIDAD DEL CAUCE			
Naturalidad del trazado y de la morfología en planta <input type="checkbox"/>			
El trazado del cauce se mantiene natural, inalterado, y la morfología en planta presenta los caracteres y dimensiones acordes con las características de la cuenca y del valle, así como con el funcionamiento natural del sistema	10		
Se han registrado cambios de trazado artificiales y modificaciones antrópicas directas de la morfología en planta del cauce	-10		
si afectan a más del 50% de la longitud del sector	-8		
si afectan a una longitud entre el 25% y el 50%	-7		
si afectan a una longitud entre el 10% y el 25%	-6		
si afectan a menos del 10% de la longitud del sector	-5		
si hay cambios drásticos (desvíos, cortas, relleno de cauces abandonados, simplificación de brazos...)	-4		
si no habiendo cambios drásticos, si se registran cambios menores (retirado de márgenes, pequeñas rectificaciones...)	-3		
si no habiendo cambios recientes drásticos o menores, si hay cambios antiguos que el sistema fluvial ha regenerado parcialmente	-2		
notables	-2		
leves	-1		
Continuidad y naturalidad del lecho y de los procesos longitudinales y verticales <input type="checkbox"/>			
El cauce es natural y continuo y sus procesos hidrogeomorfológicos longitudinales y verticales son funcionales, naturales y acordes con las características de la cuenca y del valle, del sustrato, de la pendiente y del funcionamiento hidrológico	10		
En el sector se observan cambios retrospectivos y progresivos en la morfología en planta derivados de actividades humanas en la cuenca o del efecto de infraestructuras	-10		
si embalsan más del 50% de la longitud del sector	-8		
si embalsan del 25% al 50% de la longitud del sector	-7		
si embalsan menos del 25% de la longitud del sector	-6		
si hay al menos una presa de más de 10 m de altura y sin bypass para sedimentos	-5		
si hay varias saúdas o al menos una presa de más de 10 m con bypass para sedimentos	-4		
si hay una saúda sola	-3		
Hay puentes, vados u otros obstáculos menores que alteran la continuidad longitudinal del cauce	-2		
más de 1 por cada km de cauce	-2		
menos de 1 por cada km de cauce	-1		
La topografía del fondo del lecho, la sucesión de resaltes y remansos, la granulometría-morfometría de los materiales y la vegetación acuática o pionera del lecho muestran síntomas de haber sido alterados por dragados, extracciones, aislados o impresas	-1		
en más del 25% de la longitud del sector	-3		
en un ámbito de entre el 15% y el 25% de la longitud del sector	-2		
de forma puntual	-1		
Naturalidad de las márgenes y de la movilidad lateral <input type="checkbox"/>			
El cauce es natural y tiene capacidad de movilizarse lateralmente sin cortapisas, ya que sus márgenes presentan una morfología acorde con los procesos hidrogeomorfológicos de erosión y sedimentación	10		
El cauce ha sufrido una canalización total o hay defensas de margen no continuas o infraestructuras (edificios, vías de comunicación, acequias...) adosadas a las márgenes	-10		
en más del 75% de la longitud del sector	-8		
entre un 50% y un 75% de la longitud del sector	-6		
entre un 25% y un 50% de la longitud del sector	-4		
entre un 10 y un 25% de la longitud del sector	-3		
entre un 5 y un 10% de la longitud del sector	-2		
en menos de un 5% de la longitud del sector	-1		
Las márgenes del cauce presentan elementos no naturales, escombros o intervenciones que modifican su morfología natural	-2		
notables	-2		
leves	-1		
En el sector se observan síntomas de que la dinámica lateral está limitada o no hay un buen equilibrio entre márgenes de erosión y de sedimentación, pudiendo ser efecto de actuaciones en sectores funcionales aguas arriba	-1		
notables	-2		
leves	-1		
CALIDAD DE LAS RIBERAS			
Continuidad longitudinal <input type="checkbox"/>			
El corredor ribereño es continuo a lo largo de todo el sector funcional y en ambas márgenes del cauce menor siempre que el marco geomorfológico del valle lo permita	10		
La continuidad longitudinal de las riberas naturales puede estar interrumpida bien por usos del suelo permanentes (urbanización, muelles, granjas, graveros, edificios, carreteras, puentes, defensas, acequias...) o bien por superficies con usos del suelo no permanentes (chopales, cultivos, zonas baldías, caminos...)	-10		
si las riberas están totalmente eliminadas	-10		
si la longitud de las discontinuidades supera el 85% de la longitud total de las riberas	-10		
si las discontinuidades suponen entre el 75% y el 85% de la longitud total de las riberas	-9		
si las discontinuidades suponen entre el 65% y el 75% de la longitud total de las riberas	-8		
si las discontinuidades suponen entre el 55% y el 65% de la longitud total de las riberas	-7		
si las discontinuidades suponen entre el 45% y el 55% de la longitud total de las riberas	-6		
si las discontinuidades suponen entre el 35% y el 45% de la longitud total de las riberas	-5		
si las discontinuidades suponen entre el 25% y el 35% de la longitud total de las riberas	-4		
si las discontinuidades suponen entre el 15% y el 25% de la longitud total de las riberas	-3		
si las discontinuidades suponen menos del 15%	-2		
entre un 30% y un 70% de las discontinuidades son permanentes	-10		
entre un 10% y un 30% de las discontinuidades son permanentes	-8		
entre un 5% y un 10% de las discontinuidades son permanentes	-7		
entre un 2% y un 5% de las discontinuidades son permanentes	-6		
entre un 1% y un 2% de las discontinuidades son permanentes	-5		
entre un 0% y un 1% de las discontinuidades son permanentes	-4		
entre un 0% y un 1% de las discontinuidades son permanentes	-3		
entre un 0% y un 1% de las discontinuidades son permanentes	-2		
entre un 0% y un 1% de las discontinuidades son permanentes	-1		
Anchura del corredor ribereño <input type="checkbox"/>			
Las riberas naturales supervivientes conservan toda su anchura potencial, de manera que cumplen perfectamente su papel en el sistema hidrogeomorfológico	10		
La anchura de la ribera superviviente ha sido reducida por ocupación antrópica	-10		
si la anchura media del corredor ribereño actual es inferior al 40% de la potencial	-8		
si la anchura media del corredor ribereño actual es superior al 40% y inferior al 50% de la anchura potencial	-6		
si la anchura media del corredor ribereño actual se encuentra entre el 60% y el 80% de la anchura potencial	-4		
si la anchura media del corredor ribereño actual es superior al 80% de la potencial	-2		
si la Continuidad Longitudinal ha resultado 0 (riberas totalmente eliminadas)	-10		
si al aplicar estos puntos el resultado final es negativo, valorar 0			
si la Continuidad Longitudinal ha resultado 2 o 3	-2		
si la Continuidad Longitudinal ha resultado 1	-1		
si la Continuidad Longitudinal ha resultado 0	-1		
Estructura, naturalidad y conectividad transversal <input type="checkbox"/>			
En las riberas supervivientes se conserva la estructura natural (orlas, estratos, hábitats), la naturalidad de las especies y toda la complejidad y diversidad transversal, no existiendo ningún obstáculo antrópico interno que separe o desconecte los distintos hábitats o ambientes que conforman el corredor	10		
Hay presiones antrópicas en las riberas (pastoreo, extracciones, labas, minería, explotación del acarreo, recogida de madera muerta, relleno de brazos abandonados, basuras, uso recreativo...) que alteran su estructura, o bien la ribera se ha motorizado por desconexión con el freático (cauce con inclinación)	-10		
si las alteraciones son importantes	-4		
si las alteraciones son leves	-3		
si las alteraciones son significativas	-2		
si las alteraciones son leves	-1		
La naturalidad de la vegetación ribereña ha sido alterada por inversiones o repobleciones	-2		
si las alteraciones son importantes	-2		
si las alteraciones son leves	-1		
En el sector hay infraestructuras lineales, generalmente longitudinales o diagonales, (carreteras, defensas, acequias, pías, caminos...) que alteran la conectividad transversal del corredor	-1		
si se distribuyen por todo el sector y la suma de sus longitudes supera el 150% de la longitud de las riberas	-4		
si la suma de sus longitudes da un valor entre el 100% y el 150% de la longitud de las riberas	-3		
si la suma de sus longitudes da un valor entre el 50% y el 100% de la longitud de las riberas	-2		
si la suma de sus longitudes es inferior al 50% de la de las riberas	-1		
si la Continuidad Longitudinal ha resultado 0 (riberas totalmente eliminadas)	-10		
si al aplicar estos puntos el resultado final es negativo, valorar 0			
si la Continuidad Longitudinal ha resultado 1	-2		
si la Continuidad Longitudinal ha resultado 2 o 3	-1		
VALORACIÓN DE LA CALIDAD DEL CAUCE <input type="checkbox"/>			
VALORACIÓN DE LA CALIDAD FUNCIONAL DEL SISTEMA <input type="checkbox"/>			
VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS RIBERAS <input type="checkbox"/>			
VALOR FINAL: CALIDAD HIDROGEOMORFOLÓGICA <input type="checkbox"/>			

2.2. El proyecto de restauración fluvial

La restauración no es una acción puntual, sino un largo proceso. Los resultados no son inmediatos. El proceso de restauración tiene un punto de partida, pero no tiene final. Y cada proyecto de restauración es único, teniendo en cuenta la complejidad y diversidad de cada tramo de río a restaurar, así como cuáles sean los objetivos, a restaurar y los objetivos. Cada caso requerirá métodos y técnicas diferentes. Y no hay una normativa que exija una determinada estructura del estudio, contenidos y fases de trabajo.

2.2.1. Planificación del proceso de restauración

El proceso de restauración es complejo y necesita una **planificación previa (fase 1)**:

- En primer lugar **se identifica un problema o una problemática en un sistema fluvial**.
- A continuación **se delimita la zona afectada** que será objeto de restauración, que puede ser el conjunto de un río o un tramo concreto.
- En tercer término hay que realizar un **estudio a fondo para conocer cómo es y cómo funciona el sistema fluvial e identificar y diagnosticar todos sus problemas**. Puede ser también útil realizar un estudio socioeconómico, evaluando las problemáticas, potencialidades, estado de opinión y conflicto social que pueda existir en torno al río.
- Habrá que **identificar posibles limitaciones** a lo que se quiere hacer y cerciorarse de la **oportunidad** de la actuación y del **momento adecuado** para iniciarla.
- Y en quinto lugar habrá que lograr **apoyo financiero y administrativo** para poder realizar la restauración.
- Con todo ello, es posible ya establecer los **objetivos de la restauración** y, si esta va a ser activa, se puede seleccionar un modelo o **modelos de referencia** que ayuden a enfocar y dirigir el proceso.
- Ahora ya **se redactará el proyecto de restauración fluvial**.

Tras este planteamiento inicial, la planificación continúa con una fase fundamental (**fase 2**) que consiste en **explicar a la sociedad los problemas y las soluciones, mediante un procedimiento de análisis de la aceptabilidad social, divulgación, sensibilización y participación en el que puedan incorporarse nuevas ideas y posibles medidas de acción al proceso restaurador**. El proyecto, por tanto, **podrá ser modificado y mejorado**.

Ahora ya se podrá comenzar a trabajar con el río. Llega un momento muy complicado, porque hay que ver si el sistema fluvial cuenta con elementos suficientes para hacer él toda o la mayor parte del trabajo. En esta **fase 3** se va a intentar:

- **Garantizar la materia y energía necesarias para el funcionamiento del sistema, es decir, fundamentalmente que haya caudales (líquidos y sólidos) y crecidas para que el río pueda trabajar**.
- **Lograr el territorio, el espacio para el río necesario para la recuperación del sistema natural**.
- **Eliminar todas las presiones, impactos y obstáculos posibles**.

Si se consigue todo ello las posibilidades de restauración son máximas, y además el río es el que va a dirigir y realizar el trabajo de auto-recuperación, que siempre es lo ideal. En ese caso la **fase 4 es simplemente tiempo para que el río trabaje y vaya alcanzando los objetivos**. No es recomendable intervenir para acelerar los procesos, pero podría hacerse ante algún tipo de amenaza.

Si lo que se planteaba en la fase 3 no es posible, habrá que ayudar al río interviniendo de forma activa y además es muy probable que ya no podamos denominar a nuestro proyecto restauración, sino que nos conformaremos con una rehabilitación o una mejora.

Y hay que pensar siempre en una **fase 5 de seguimiento científico-técnico de todo el proceso**, un sistema de evaluación continua que puede llevar a la modificación de objetivos y de todo el proceso de implementación.

Del mismo modo es fundamental la **difusión de resultados (fase 6)**, tanto **científico-técnica** (congresos, publicaciones, seminarios y cursos sobre métodos y técnicas de restauración) como **divulgativa** (charlas y exposiciones). Normalmente la restauración no tiene fin, sino que el proceso continúa, pero si hay unos resultados claros hay que darlos a conocer, así como redactar los informes correspondientes.

Ya muy avanzado el proceso o concluido, es muy conveniente proponer un **procedimiento de prevención (fase 7)** que impida que el río restaurado vuelva a sufrir acciones humanas que lo alteren. Esta prevención puede implicar establecer una **figura de protección**, así como un trabajo voluntario de cuidado y vigilancia.

2.2.2. Estructura del proyecto, ejecución y seguimiento

El proyecto de restauración en concreto debe ser fiel a la planificación del proceso. Por tanto, podrá tener aproximadamente la siguiente estructura:

- **Introducción** que justifica el proyecto y define el tramo de actuación y los objetivos.
- **Diagnóstico**, que consiste en un estudio detallado del tramo, de su problemática y de las limitaciones y apoyos previstos para el proceso de restauración. Se incluirán las aportaciones del proceso de participación previo y un análisis valorativo de diferentes alternativas, si las hay.
- **Definición técnica del proyecto**, una vez consensuado y decidido, con el máximo detalle de todas y cada una de las acciones (de eliminación o disminución de presiones e impactos, de restauración pasiva, de restauración activa) en su marco espacial y temporal. Incluirá equipo de trabajo, cronograma, cartografía, presupuesto, etc.

Una vez redactado y aprobado, se procederá a:

- **Ejecución del proyecto**, con el máximo cuidado y rigor por parte de los adjudicatarios y con una vigilancia externa.
- **Seguimiento**, fase de suma importancia que debe tener asignados recursos presupuestarios adecuados, conlleva el análisis de indicadores y la revisión del cumplimiento de objetivos, de manera que puede conducir al replanteamiento e incluso al reinicio del proyecto.



Seguimiento de un proyecto de restauración en el río Leitzaran (Gipuzkoa). Foto: Askoa Ibisate

2.3. Experiencias

2.3.1. Proyectos pioneros y representativos

La tradición en restauración fluvial es mayor en Estados Unidos, con proyectos que en algunos casos se remontan a los años ochenta: ríos Sacramento, Colorado, Kissimmee, Elwha, Green, etc. Destacan la demolición de presas y la renaturalización de meandros.

En Europa los proyectos más emblemáticos han sido la restauración de los cursos bajos de los ríos Skjern y Brede en Dinamarca, la recuperación del río Isar en Munich (Alemania), los proyectos interestatales para la restauración del río Danubio, el del río Drava en Austria, la reconexión y restauración del cauce antiguo del Rhin (Francia-Alemania) los espacios de movilidad fluvial conseguidos en muchos ríos de Francia, Holanda y Alemania, la descanalización de ríos suizos y el derribo de presas y obstáculos en muchos países.

En España los proyectos más destacables han sido la recuperación del río Guadiana tras el desastre del vertido de la mina de Aznalcóllar, la restauración del río Órbigo (León), proyecto finalista en los premios europeos RiverPrize de 2012, las diferentes actuaciones llevadas a cabo en los cursos bajos de los ríos Arga y Aragón (Navarra) y la demolición de dos centenares de presas obsoletas.

2.3.2. Estrategia Nacional de Restauración de Ríos

Iniciativa del entonces Ministerio de Medio Ambiente, iniciada en 2006, contó con diferentes mesas de trabajo (agricultura, urbanización, regulación de caudales, alteraciones morfológicas y especies exóticas) en las que se consensuaron principios generales de la restauración y cuyos documentos pueden descargarse desde la página web del Ministerio. Se preparó también una guía metodológica sobre restauración fluvial (González del Tánago y García de Jalón, 2007). La estrategia ha incluido también un destacable Programa de Voluntariado en ríos y un boletín divulgativo semestral titulado *Sauce*.

El logro de los objetivos de la estrategia pretendía llegar hasta la mejora del conocimiento sobre el funcionamiento y la dinámica natural de los ríos españoles por parte de los técnicos encargados de su gestión, la mayor percepción de la relación entre el río y su cuenca vertiente, y entre unos tramos y otros en el continuo fluvial, valorando el efecto acumulativo de las intervenciones en el tiempo y en el espacio, la formación más actual y transdisciplinar de los equipos y personas que en la actualidad redactan y llevan a cabo los proyectos de intervención en los ríos, los nuevos enfoques para una planificación del aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos y la conservación de los ecosistemas acuáticos. También persigue el aumento de la percepción social de los problemas asociados a los ríos relacionados con las presiones existentes y su efecto acumulativo a escala de cuenca vertiente y paisaje fluvial y la mayor participación pública en los debates y toma de decisiones sobre la gestión de los cauces y llanuras de inundación y las actividades y presiones que pueden influir en su funcionamiento ecológico.

La ENRR ha contribuido a sensibilizar sobre la necesidad de recuperar los ríos, pero ha perdido el empuje con que se inició, en buena medida desde que se han ido poniendo en práctica algunos proyectos. Varios de ellos no responden a los principios teóricos desarrollados en las mesas de trabajo de la Estrategia, sino que se quedan en actuaciones convencionales de rehabilitación. No obstante, la ENRR sigue en marcha y puede ser revitalizada en el futuro. En su momento también surgió una iniciativa autonómica, la Estrategia Andaluza, actualmente cerrada.

2.3.3. Redes y proyectos europeos

En Europa se ha fomentado en los últimos 15 años la colaboración internacional en materia de restauración fluvial, creándose diferentes redes de trabajo, varias de ellas impulsadas desde proyectos I+D, Life e Interreg. Desde ellas se trabaja en aspectos teóricos y también en proyectos concretos.

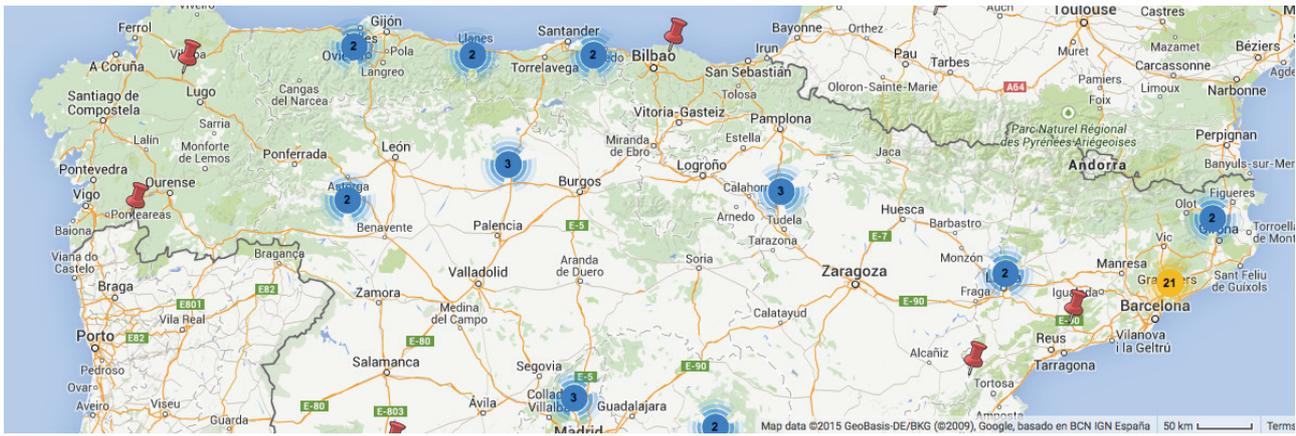
Con sede en Holanda, el European Centre for River Restoration (ECRR), fundado en Dinamarca en 1999, es un centro europeo que integra y coordina acciones de los distintos centros estatales: Dinamarca (NERI), Holanda (RIZA y DLG), Reino Unido (RRC), Italia (CIRF) y España-Portugal (CIREF). Recientemente se están organizando nuevos centros en Eslovenia, Bélgica, Polonia, Rumania, Noruega, Ucrania, Rusia y Finlandia.

Muchos de los centros socios del ECRR además de otras asociaciones ambientales que trabajan en ríos y humedales forman parte también de la red Wetlands International European Association (WIEA), que tiene también participantes de otros continentes.

Dos proyectos internacionales, REFORM, liderado desde Holanda, y RESTORE, coordinado por la Agencia Ambiental del Reino Unido, van recopilando experiencias de restauración fluvial a través del recurso interactivo river Wiki (respectivamente <http://wiki.reformrivers.eu> y <https://restorerivers.eu/wiki>), lo que constituye una excelente herramienta para el conocimiento de ejemplos y la transferencia de buenas prácticas.



Número de proyectos de restauración fluvial integrados en la base de datos wiki RESTORE.



Zoom al N de la Península Ibérica: número de proyectos de restauración fluvial integrados en la base de datos wiki RESTORE.

2.3.4. Centro Ibérico de Restauración Fluvial

Con ámbito en España y Portugal, forma parte del European Centre for River Restoration (ECRR) y es socio de Wetlands International. El CIREF se constituyó en junio de 2009 y sus socios, unos 150, son fundamentalmente científicos de universidades y técnicos de administraciones, así como empresas y profesionales de la restauración fluvial. Los fines de esta asociación sin ánimo de lucro son los siguientes:

- Fomentar la participación, así como apoyar y asesorar en actividades e iniciativas públicas y privadas encaminadas a proteger, conservar y restaurar los espacios fluviales.
- Establecer, mantener relaciones y obtener la adecuada representación en los organismos e instituciones de carácter público y privado que incidan en este campo de actuación, colaborando con ellos en cuanto sea beneficioso para los sistemas fluviales.
- Difundir y defender los valores de los ecosistemas fluviales, colaborar en la lucha contra su degradación por contaminación, dragado, encauzamiento, regulación, embalses y ocupación de sus riberas y zonas inundables.
- Promover internacionalmente proyectos u otras actividades de cooperación al desarrollo sostenible, compatible con la conservación y restauración de ecosistemas fluviales.
- Promover el intercambio de información entre los diferentes profesionales que desarrollan proyectos de restauración fluvial o que participan a nivel conceptual en su desarrollo, con el fin de mejorar el nivel técnico de los mismos.

Se trabaja en varias comisiones de trabajo: sensibilización y divulgación, comunicación (boletín y página web: cirefluvial.com), base de datos de actuaciones de restauración, eventos, publicaciones



(notas técnicas) e investigación, etc. El CIREF constituye un avanzado marco de trabajo para el debate, el fomento y el seguimiento de la restauración fluvial. Ha organizado dos congresos ibéricos en León (2011) y Pamplona (2015), así como numerosas jornadas y conferencias. Destacan en la actualidad las acciones divulgativas y formativas, como la preparación de materiales didácticos y los cursos online sobre restauración fluvial.

Actividad del CIREF en el río Ésera (Benasque, Huesca) en mayo de 2014. Foto: Núria Bonada.

3 Buenas prácticas

3.1. Objetivos

De acuerdo con los principios y objetivos de la restauración fluvial expuestos en los capítulos anteriores, se plantea a continuación un conjunto de 20 buenas prácticas que, de forma individual o combinada, pueden contribuir al logro de esos objetivos. Eso sí, debido a condicionantes externos y limitaciones y a las propias características de las buenas prácticas, con éstas se puede alcanzar bien una auténtica restauración, bien rehabilitación, bien mejoras más puntuales.

Cada una de las veinte buenas prácticas cuenta con uno o dos objetivos específicos. En total se han distinguido diez objetivos específicos que se exponen sintéticamente a continuación:

- **Restaurar las ideas sobre los ríos.** Es el primero por su carácter previo y quizás por ser el más importante, ya que sin un cambio profundo de mentalidad es muy difícil enfocar y aplicar la auténtica restauración fluvial. Responden a este objetivo las buenas prácticas 1 (educación ambiental para la restauración fluvial) y 2 (evaluación y denuncia de actuaciones negativas y falsas restauraciones).
- **Recuperar la continuidad del curso fluvial.** Es un objetivo fundamental porque la continuidad longitudinal, la ausencia de barreras antrópicas a lo largo de todo el recorrido del río, es una condición imprescindible para su buen funcionamiento. Para lograr este objetivo se proponen las buenas prácticas 3 (demolición de presas y azudes), 4 (eliminación de vados), 5 (eliminación y permeabilización de obstáculos) y 6 (pasos y escalas para peces).
- **Recuperar el territorio fluvial.** Objetivo básico de restauración, ya que solo con un espacio suficiente el río puede recuperar toda su funcionalidad, diversidad y complejidad. Responden a este objetivo las buenas prácticas 7 (devolución de espacio al río) y 8 (retranqueo de motas).
- **Recuperar la funcionalidad de las llanuras de inundación.** Es un objetivo necesario para la funcionalidad fluvial e igualmente para la gestión de riesgos de inundación. Para su logro se aplica la buena práctica 5 (Eliminación y permeabilización de obstáculos).
- **Recuperar el funcionamiento hidrológico.** Contar con caudales hídricos naturales o equivalentes a los naturales es fundamental para todo el funcionamiento fluvial. Responden a este objetivo las buenas prácticas 11 (caudales geomórficos) y 12 (caudales funcionales y reconexión hidrológica).
- **Recuperar caudales sólidos.** Contar con sedimentos en movilidad dentro del sistema fluvial garantiza el buen funcionamiento del río. A este objetivo se aplican las buenas prácticas 9 (desprotección de orillas, desencauzamientos y descanalizaciones) y 13 (aportación de sedimentos).
- **Recuperar procesos y formas fluviales.** Es un objetivo de restauración geomorfológica que garantizará toda la complejidad de ambientes y hábitats necesaria para el buen desarrollo de todo el ecosistema. Para lograr este objetivo se proponen las buenas prácticas 9 (desprotección de orillas, desencauzamientos y descanalizaciones), 10 (libertad fluvial y no actuación post-crecida), 14 (reconexión de cauces) y 15 (recuperación de áreas afectadas por extracciones).

- **Rehabilitar riberas.** La funcionalidad del corredor ribereño implica una importante labor de regulación dentro del sistema y en las diversas interacciones entre los medios acuáticos y terrestres. Responden a este objetivo las buenas prácticas 16 (eliminación de especies invasoras), 17 (creación de hábitats) y 18 (revegetación).
- **Mejorar tramos urbanos.** Objetivo muy importante tanto para el río, reduciendo sus limitaciones en estos ámbitos, como para las personas, que con una buena conexión obtienen abundantes beneficios desde el río. Responde a este objetivo la buena práctica 19 (desurbanización) y pueden ser aplicadas también otras.
- **Gestionar el proceso de restauración o rehabilitación.** Es un objetivo imprescindible para obtener buenos resultados alcanzando los restantes objetivos y aprendiendo de la experiencia. Responde a este objetivo la buena práctica 20 (seguimiento).



Cauce desencauzado del río Moesa en Grono (Suiza). Foto: Google Earth.



Derribo del azul de la Gotera (León). Foto MAGRAMA.



Técnica Equotip para muestreo de sedimentos. Foto: Askoa Ibisate.

3.2. Catálogo de buenas prácticas y ejemplos

I. EDUCACIÓN AMBIENTAL PARA LA RESTAURACIÓN FLUVIAL

Para que en el futuro pueda ser efectiva la restauración fluvial hay que comenzar luchando por un cambio de mentalidad en la sociedad. Es necesario desaprender muchas ideas obsoletas y cambiar muchas actitudes y sensibilidades, y para ello es imprescindible la herramienta de la educación ambiental. Hay que tener en cuenta que la correcta restauración está muy alejada de las habituales demandas sociales, por lo que es perentoria una intensiva labor pedagógica y de participación, lo cual ha sido puesto de relieve en numerosos foros estatales e internacionales.

Tipo: Buena práctica para restaurar las ideas sobre los ríos

Calificación: SENSIBILIZACIÓN

Problemática que soluciona

Los ríos están sometidos a múltiples presiones que han deteriorado considerablemente su funcionamiento natural. Dado que la mayor parte de estas presiones derivan de los usos socioeconómicos del agua, de las gravas y del espacio fluvial, existe una responsabilidad hacia la reversión de estos impactos, pero ninguna voluntad para hacerlo. Es muy difícil convencer de que hay que reducir ciertos usos para poder mejorar al río. La sociedad presenta marcadas inercias ancladas en una visión exclusivamente desarrollista y economicista por las que se considera progreso a todo lo que sea aprovechamiento máximo de los recursos naturales y control máximo de los procesos naturales. Esto implica situaciones muy negativas, como la falta de respeto al patrimonio natural y el exceso de confianza en las estructuras e ingenierías que aportan una dudosa seguridad frente a una naturaleza siempre irregular en sus manifestaciones.

Además, el desconocimiento sobre los procesos naturales es una importante lacra de la sociedad que repercute de forma muy negativa sobre los ríos. Es un desconocimiento real en algunas personas pero interesado en otras, que lo utilizan como escudo para seguir presionando al río y obtener beneficios privados. Y los intereses económicos se apoyan en viejos dogmas ingenieriles y viejas prácticas en los cauces radicalmente alejadas de los principios y criterios de la restauración fluvial.

El consumismo imperante y las modas estéticas marcan el deterioro de los ríos en las últimas décadas. Hemos pasado de una sociedad que se adaptaba al medio a otra que consume recursos fluviales por simple placer estético, que no aprecia ni respeta sus ríos como son, sino que pretende en todo caso que los ríos se conviertan en una imagen de postal, puro marketing azul y verde. La sociedad actual no quiere ríos, sino láminas de agua, orillas estables y parques. Conseguir cambiar estos gustos es un reto de suma dificultad.



Parque fluvial "al uso" en el río dos Pasos (Bertamiráns, A Coruña). Foto: Alfredo Ollero.

Aspectos técnicos

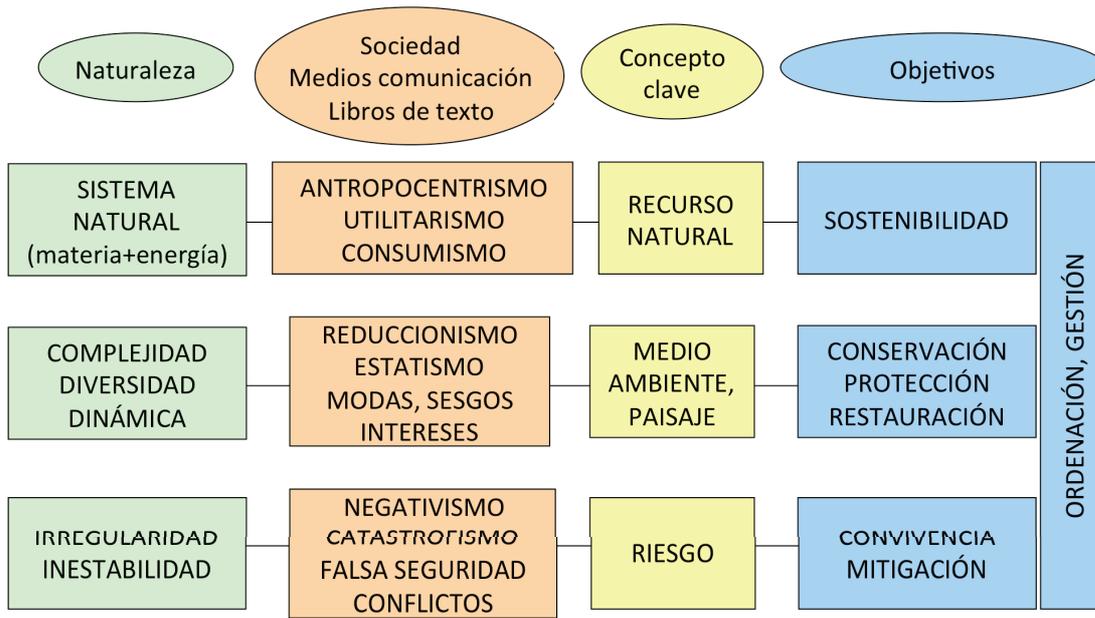
Hay que hacer comprender a toda la sociedad el funcionamiento del sistema fluvial y los beneficios que nos aporta. Para ello los recursos y actividades posibles son innumerables: materiales didácticos y divulgativos, publicaciones, exposiciones, centros de interpretación, cursos, seminarios, charlas, debates, excursiones y múltiples actividades en los ríos: diagnóstico, limpieza, apadrinamiento de tramos, pequeñas actuaciones de rehabilitación con voluntariado, etc. Cambiar la mentalidad sobre el río para poder restaurarlo requiere una auténtica revolución que solo la educación puede conseguir. Es urgente (con conocimiento, innovación de ideas y programas formativos) derribar los viejos dogmas de la ingeniería tradicional, del falso progreso y del consumo insostenible. Las bases para un programa educativo fluvial en la línea de este cambio o revolución en la visión de los ríos, consisten en desaprender ciertas ideas y aprender otras nuevas:

Hay que desaprender que...

- Un río es una corriente continua de agua, un simple canal que lleva agua.
- El agua, los sedimentos, el espacio fluvial, solo son recursos. Los ríos de gravas son simples depósitos de áridos.
- En los libros de texto se explica sobre todo para qué sirven los minerales, las rocas o el agua. La problemática ambiental se reduce a la contaminación, nunca se habla de consumo y sobreexplotación. Los embalses, trasvases, canales, se consideran grandes logros de la humanidad sin ningún problema para el medio fluvial.
- Crecidas e inundaciones son una catástrofe, tal como es puesto de manifiesto en los medios de comunicación, en los que nunca se habla de sus efectos positivos; sólo hay entrevistas a damnificados.
- Los efectos de crecidas con inundación deben ser reparados con urgencia, mediante limpiezas, dragados y consolidación o elevación de los diques.
- Los problemas en los ríos se solucionan con obras. Las infraestructuras son progreso y reducen los riesgos. Ya no puede haber crecidas como antes, porque los embalses nos salvaguardan.
- La erosión de márgenes un riesgo y un problema aunque no haya bienes humanos amenazados, porque erosión es sinónimo de pérdida de terreno, y no se tiene en cuenta que lo que se “pierde” se gana en otro lugar.
- Hay que “limpiar” los cauces para que circule el agua. Los ríos están “sucios”: hay que quitarles gravas y vegetación.
- Los ríos y las riberas tienen que ser accesibles y las orillas tienen que ser estables y seguras.
- Los seres vivos valen mucho más que las piedras. Si se protege algún río es porque en él habita alguna especie emblemática.
- Mejorar un río es fijarlo con escollera y plantación o bien hacer un parque fluvial y convertirlo en “la calle principal”. La naturaleza y la huerta se eliminan y se sustituyen por parques temáticos.
- Sigue llamándose restauración a lo que no lo es. Se engaña a la sociedad tratando de vender ciertas actuaciones con un “envoltorio verde”, cuando muchas veces se trata de intereses para urbanizar.

Hay que aprender que...

- Un río es un sistema natural complejo y dinámico. No es sólo el cauce ni la corriente de agua, sino un espacio mucho mayor.
- Las crecidas y las inundaciones son positivas, fundamentales, procesos naturales imprescindibles para el sistema fluvial y sus ecosistemas asociados. Con ellas el río se recupera solo, su cauce va siendo diseñado por cada crecida.
- Los ríos son como son, se diseñan a sí mismos y si se actúa de forma contraria a sus procesos tenderán a rebelarse. Limpiando o dragando no se reduce la peligrosidad de las crecidas.
- La erosión es también positiva, tiene un papel importantísimo en la dinámica del sistema, en los ecosistemas, en el aporte de sedimentos y en la auto-restauración de los cauces. Hay que lograr territorios de libertad fluvial en los que el río pueda erosionar, frente a las actuales protecciones de margen, insostenibles, que generan numerosos problemas y grandes costes económicos.
- La población debe ser educada en el riesgo, en el hecho de que los sistemas fluviales cuentan con procesos extremos y en la necesidad de convivir con los mismos. Si la sociedad se encuentra preparada en un territorio bien ordenado es más fácil esta tarea. Hay que convivir con los riesgos sin falsa seguridad, la peor crecida está por llegar.
- Los efectos de crecidas e inundaciones hay que mitigarlos con ordenación del territorio. En general los problemas fluviales no se resuelven con obras, que para solucionar un problema generan otros. Sólo en casos extremos habría que recurrir a ellas.
- Tenemos que apreciar nuestros ríos y riberas tal como son; no hay por qué importar paisajes de postal.
- Restaurar un río de verdad es quitarle trabas y presiones para que recupere su dinamismo natural y se reconstruya a sí mismo.
- Hay que proteger los ríos porque lo son y funcionan como tales, lleven o no agua, tengan más o menos seres vivos; también un cauce de gravas, una rambla, son un valioso patrimonio natural a proteger.



Bases conceptuales para un programa educativo fluvial buscando el cambio de mentalidad (Ollero, Ibisate, Acín, Díaz, Granado y Horacio, 2011)



Actividad educativa en el río. Foto: Voluntarios.

Materiales didácticos del Galacho de Juslibol editados por el Ayuntamiento de Zaragoza.

Los ríos, sistemas en cambio continuo y creadores de paisaje 3

Los ríos son sistemas naturales en continuo cambio por sus procesos de erosión, transporte y sedimentación. A vuestro pie se encuentra el Galacho de Juslibol, que os muestra la capacidad de cambio del río Ebro. El panel que tenéis delante, aquí en el escarpe, os explica el proceso; veréis otro a la entrada del galacho. Examinados.

Observad con atención la secuencia de imágenes que nos muestra los cambios de trazado que ha tenido el río Ebro en este sector. Fijaos en la evolución del galacho, en las transformaciones que lo han configurado.

En 1952 y en 1961 se produjeron las mayores crecidas del siglo pasado. ¿Con cuáles de las imágenes que aquí os mostramos las asocias? ¿Cómo una crecida puede cortar un meandro?

Identificad el meandro abandonado en el terreno y en el mapa. ¿Se ve bien? ¿En qué sentido circularía el agua antes de la formación del Galacho?

Esta dinámica o capacidad de cambio ha sido continua a lo largo de la historia geológica del Ebro en este tramo; ha ido esculpiendo el terreno. Aún hoy podemos distinguir antiguos cauces fósiles que tras ser abandonados fueron ocupados por huertas.

1. EN EL ESCARPE
Ortofoto 2004 SIGPAC.

Ayuntamiento de Zaragoza
Evolución del Galacho de Juslibol

Esas variaciones también han tenido repercusiones en la vida de las personas. A lo largo de los siglos las huertas se han adaptado a los cambios de las orillas del río. Observad la fotografía aérea. Hay dibujado un antiguo meandro del río hoy cultivado. ¿Podrías reconocer y dibujar otras trazas de meandros abandonados sobre la foto?

El Ebro en el entorno de Zaragoza



La fuerza del río Cinca ha impresionado a cuantos lo han conocido. Marco Anneo Lucano (fragmentos del siglo I antes de Cristo) dijo, escribiendo sobre LA FURIA, una referencia al Cinca en su poema:

"No te es permitido, rápido Cinca, saltar como tus propias aguas del mar, pues mezclada tu corriente con la del Ebro, ese río que da nombre a Hispania, te lo roba a ti".

Eventos documentados del Río Cinca

- 1307 según Juan P. Arribas, autor de la obra "Orbita de Aragón y de Aragón... "Viaje por el río Cinca"
- 1336 Inundada destruye el puente de Coloban del Puente y el rey Pedro IV surge la plébana con un puente nuevo.
- 1352 Inundada destruye nuevamente el puente de piedra de Monzón en Castellón.
- 1465 El 20 de septiembre el Cinca crece espectacularmente y se levanta del cauce del puente de Coloban destruyendo el A.M. del Puente de Coloban destruido que la riera vuelve a ser una maldición para el pueblo de Aragón.
- 1479 Inundación que destruye el puente de Coloban, un gran puente del Cinca, que destruye el puente de Coloban.
- 1724 Inundación que destruye el Cinca que se levanta el puente de Coloban de Fraga.
- 1839 El 10 de octubre hubo una mala inundación. Según el A.M. de Fraga en esa ciudad, inundada en la noche y en parte el cauce del río de Fraga.
- 1852 El 28 de septiembre, una crecida del Cinca causó una plébana del puente cogote de Fraga ocasionando la ruina del mismo puente. 12 personas.
- 1855 El 29 de mayo, una mala, destruye el puente cogote de Monzón, el puente fue reconstruido por el pueblo que tenía el puente cogote en el A.M. de Fraga "esto Cinca crece espectacularmente ninguna de las naciones visto cosa que".
- 1856 El 17 de noviembre, según un informe del ingeniero Joaquín Fraga, una inundación del río Cinca destruyó el puente cogote de Monzón, el 17 de octubre.
- 1875 Inundada, destruye una de las pilas del puente del ferrocarril sobre el Cinca en Monzón.
- 1877 Inundación en el río Cinca, el ferrocarril sobre el Cinca en Monzón, es destruido en el puente sobre la zona.
- 1907 El 21 de octubre, gran crecida del río Cinca: "como nunca se había visto" demolió la parte principal del puente de Coloban que quedaba un pu. Según "El País" de Lenda, el agua del Cinca rebosa en medio metro los cañales del río.
- 1942, una importante mala, llamada en Arzo "de las caballerías" tuvo al puente el cogote de Coloban que quedaba un pu. Según "El País" de Lenda, el agua del Cinca rebosa en medio metro los cañales del río.
- 1957 importante mala que, a pesar de los pontones, ocasionó grandes desastres en toda la cuenca del Cinca, sobre todo en la montaña, fuertes derrumbes, forma de concharse, cortados, grandes inundaciones. En Aragón la inundación del río Cinca, que hizo de la zona de la cuenca, muestra el río de la ciudad de Fraga, que destruyó el puente del río de Fraga. Se inundaron las huertas huerto de Fraga y Fraga de Fraga de la región de Fraga del río.
- Cinca crecida importante en el Cinca fueron los de septiembre de 1786, octubre de 1937 y octubre de 1943. Casi todas las crecidas en Aragón de nuestro río son olas, con siempre acompañadas con fuertes precipitaciones en situaciones de "gota fría".

Las inundaciones son fundamentales para el río y SUS ecosistemas

El dinamismo del río es fundamental para la configuración de un espacio en donde emerge la biodiversidad.




Zinca traidora, que a piedras amuestras y os hombres ahogas. (popular)





Las crecidas incrementan considerablemente la función de transporte del río y aceleran los procesos de erosión y sedimentación. Al desbordarse en su lecho de inundación el río aporta sedimentos finos y nutrientes que enriquecen las riberas. Al mismo tiempo, cuando las aguas desbordadas reforman el cauce arrastran alimentos para los seres vivos que habitan en el río.

CRECIDAS

- Incrementan **FUNCIÓN DE TRANSPORTE**
- aceleran **PROCESOS DE EROSIÓN Y SEDIMENTACIÓN**
- suponen **PULSIONES DE CAUDAL**

aportan **SEDIMENTOS FINOS** y **NUTRIENTES Y ALIMENTOS**

afectan a **RIBERAS** y **CAUCE**

enriquecen **SERES VIVOS**

colonizan **SERES VIVOS** y se aprovechan **SERES VIVOS**

Todos los seres vivos del río y de las riberas están adaptados a estas pulsaciones de caudal, a las aguas altas y crecidas y a las aguas bajas y estijas. Las crecidas controlan las poblaciones de muchas especies y crean nuevas superficies para colonizar.

Aunque los medios de comunicación sólo nos suelen mostrar los daños al hombre de crecidas e inundaciones, para el río son beneficiosas e imprescindibles.

Un río sin crecidas se muere como ecosistema.

Material didáctico en la exposición permanente del centro de interpretación del río Cinca de Pinzana (Monzón, Huesca). Elaborado por Carmelo Marcén, Alfredo Ollero, Alejandro Serrano, José María Puig y Mario Garcés.

Resultados

La conciencia ambiental es creciente en nuestra sociedad y es resultado en buena medida de las iniciativas de educación ambiental desarrolladas. Por lo que respecta a los ríos, se ha avanzado mucho en la última década gracias a un creciente número de actividades que han sensibilizado a muchas personas. Sin embargo, en el contexto global de la sociedad la repercusión es mínima, quizás porque no se ha podido llegar ni a la educación reglada básica ni a los medios de comunicación de mayor uso.

En consecuencia, esta buena práctica se plantea como una acción permanente que debe incrementarse y expandirse progresivamente. Constituye la base y un paso necesario de cualquier programa de restauración fluvial.

Ejemplos

Existen numerosas experiencias en esta línea. La Estrategia Nacional de Restauración de Ríos comenzó su andadura hacia 2006 reuniendo grupos de trabajo para entender los problemas y las posibles soluciones. Allí se concretaron muchas sensibilidades y se inició una tarea compleja, diversa e imparable de divulgación, sensibilización, concienciación y participación, de la que han podido derivar diferentes proyectos de restauración. El Centro Ibérico de Restauración Fluvial desde su fundación en 2009 ha prestado máxima atención a la educación ambiental sobre los ríos, como base de apoyo fundamental para poder recuperarlos, destacando los materiales didácticos preparados, las jornadas de debate y sensibilización organizadas y las numerosas intervenciones de sus socios en foros, conferencias, cursos, actividades (como por ejemplo el *Fish Migration Day* que se celebra anualmente) y medios de comunicación.

2. EVALUACIÓN Y DENUNCIA DE ACTUACIONES NEGATIVAS Y FALSAS RESTAURACIONES

De forma paralela a la educación ambiental fluvial, es urgente y necesario valorar, llamar la atención y denunciar innumerables actuaciones humanas que son negativas para los ríos. En la misma línea es preciso denunciar las falsas restauraciones, es decir, las abundantes actuaciones contrarias a la restauración fluvial que se venden falsamente en carteles y notas de prensa oficiales como positivas, recuperadoras de la salud fluvial. Así, muchas actuaciones de estabilización de cauces han sido financiadas con fondos ambientales europeos e incluso en ocasiones se han integrado en la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos. No solo hay que denunciar estos hechos, habría que prohibir más encauzamientos, dragados o “limpiezas”, porque incumplen directivas y porque hay otras alternativas para actuar en los ríos.

Tipo: Buena práctica para restaurar las ideas sobre los ríos

Calificación: SENSIBILIZACIÓN

Problemática que soluciona

En Europa las alteraciones de los ríos son muy graves y extendidas. Los ríos van siendo maltratados desde hace décadas con numerosas prácticas antrópicas que alteran su ecología, su hidrología y sus caracteres físico-químicos, pero sobre todo su geomorfología. Hay incluso valiosas tipologías fluviales, como los cursos trenzados, que están a punto de desaparecer. Todo ello es efecto de la regulación por embalses y de miles de acciones locales de defensa y encauzamiento.

Independientemente de que algunas de las actuaciones puedan ser necesarias, es preciso fomentar una visión crítica de este tipo de acciones convencionales de ingeniería tradicional que generan graves daños en el sistema fluvial y muchas veces beneficios poco claros. Además, existen alternativas a las mismas desde el ámbito de la restauración fluvial, alternativas que no se abordan por falta de interés o, en muchos casos, por exceso de interés en que se sigan acometiendo los trabajos ingenieriles tradicionales, muy consolidados como grupos económicos de presión. Así, la destrucción antrópica de nuestros ríos, extendida en todos los países y acelerada en las últimas décadas, se ha desarrollado en ocasiones por desprecio y a veces por desconocimiento, de forma inconsciente o, en la mayor parte de los casos, interesada. Domina una anticuada cultura ambiental muy enraizada en el conjunto de la sociedad que hace equivaler progreso a actuaciones de obra civil. Los sistemas fluviales siguen siendo en la mayor parte de las mentes de nuestra sociedad obstáculos que impone la naturaleza y que hay que salvar con medios ingenieriles. En consecuencia, es práctica habitual buscar soluciones duras para cualquier problemática. Como ejemplo de desconocimiento en el pasado, en numerosos proyectos de obras de defensa en el Ebro a mediados del siglo XX, los autores tildaban de “caprichoso” el comportamiento meandriforme del río, capricho que había que atajar sin tener en cuenta ningún fundamento de dinámica fluvial. Las soluciones, por tanto, nunca acompañaban a la dinámica ralentizándola, sino que chocaban frontalmente con ella.

Por tanto, el origen básico de las alteraciones de los ríos europeos se encuentra en el propio desarrollo socioeconómico, con actividades que consumen territorio (espacio fluvial), agua y sedimentos (áridos), y con exigencias sociales de seguridad (frente a inundaciones), estabilidad (frente a dinámica) y modas y modelos urbanos (frente a naturalidad). A esta realidad, consolidada



Actuación dura convencional de canalización que ha destruido totalmente el cauce. Río Arba de Biel en Ejea de los Caballeros (Zaragoza). Foto: Alfredo Ollero.

y en crecimiento, hay que añadir además que la geomorfología, aspecto fundamental en el funcionamiento y en la calidad fluvial, no se valora en absoluto, lo cual se manifiesta en deficiencias legales, desconocimiento socioeducativo, desprecio por gravas y cauces en sí mismos, exceso de confianza frente al riesgo, inercias profesionales, negligencias en la gestión, falsas restauraciones, etc. Todo lo expuesto implica múltiples presiones e impactos sobre el sistema fluvial, directos sobre el cauce e indirectos sobre cuencas y vertientes, a veces diferidos en el tiempo, y que alteran el funcionamiento del río.

Las inercias se manifiestan también en las propias iniciativas de restauración o de gestión de la problemática ambiental o de riesgos. Las soluciones se siguen buscando en la ingeniería, no en la ordenación del territorio. Y si se da un paso más, se utiliza la bioingeniería o la revegetación, nunca la restauración hidrogeomorfológica-ecológica integrada. Hasta ahora apenas se ha restaurado de verdad, sino que bajo el sello restauración se han seguido haciendo defensas o estabilización de los cauces con algo de revegetación.

Aspectos técnicos

El objetivo es frenar las actuales intervenciones tipo en los cauces (canalizaciones, escolleras, dragados...). Es imprescindible para poder desarrollar a continuación una auténtica restauración fluvial que, ante la situación actual de deterioro, ha de ponerse en práctica con rapidez. En 2015 todos los ríos europeos deberían haber alcanzado el buen estado ecológico. Miles de actuaciones humanas en las últimas décadas y en la actualidad lo han impedido y lo están impidiendo, pero es obligado cambiar los paradigmas de actuación como primera vía para alcanzar ese buen estado: primero eliminar o prohibir estas actuaciones, segundo restaurar los ríos dañados.

Sería necesaria la generación de una agencia de evaluación de actuaciones en cauces que, además de obligar a cumplir las normativas existentes, califique las acciones en función de sus consecuencias positivas y negativas en el sistema fluvial. En ausencia de esa agencia, los organismos de cuenca y los órganos ambientales deben velar por el cumplimiento y ser muy estrictos con las condiciones de actuación.

Igualmente es necesaria la denuncia pública de las malas actuaciones y de las falsas restauraciones, no solo por la posibilidad de paralizarlas y revertirlas, sino sobre todo para educar, advirtiendo sobre los efectos de los ejemplos negativos y poniendo en valor las actuaciones positivas.

Es precisa la colaboración de los medios de comunicación, por ejemplo a través de la asociación de periodistas de información ambiental, en la denuncia de las malas prácticas.

Falsa restauración en el río Torío (León), consistente en un dragado y canalización a lo largo de 12 km, financiado por la UE, bajo la denominación de "Restauración de Riberas". Denunciado y fotografiado por AEMS-Ríos con Vida



Según la nota de prensa oficial, "Recuperación ambiental" del río Salado en Lagunilla del Jubera (La Rioja). Foto: C. H. Ebro.





Escollera rectilínea en el río Ara, actuación negativa que sin embargo recibió un premio medioambiental, ya que se integra en el "Corredor verde del río Ara", actuación del ayuntamiento de Aínsa-Sobrarbe que obtuvo el premio en el II Concurso de Proyectos para el Incremento de la Biodiversidad-Capital de la Biodiversidad 2009, promovido por la Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP) y el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Foto: David Granado

Resultados

Hasta el momento los resultados son muy escasos, ya que es imposible observar, evaluar y denunciar, por su elevadísimo número, todas las actuaciones negativas que se realizan. En los últimos años sí se ha avanzado en la no utilización falsa del término restauración, observándose un descenso progresivo en dicho uso.

Ejemplos

Son innumerables las actuaciones negativas sobre los cauces y muchas de ellas se venden oficialmente como recuperaciones o restauraciones. En nuestro país ante la ausencia de un organismo o agencia de evaluación, diferentes asociaciones y particulares denuncian casos concretos o emprenden cruzadas personales contra estas actuaciones tan extendidas como demoledoras para el funcionamiento fluvial natural. Son grupos ecologistas, colegios profesionales y, en especial, el Centro Ibérico de Restauración Fluvial (CIREF) y la asociación AEMS-Ríos con Vida.

*Asamblea constituyente del Centro Ibérico de Restauración Fluvial en junio de 2009 (Barcelona).
Foto: Tony Herrera.*



¿Por qué NO hay que limpiar los ríos?



Entrada denuncia en el blog Cuidando Ríos (<http://river-keeper.blogspot.com.es>). Publicada en enero de 2013, tuvo más de 4.000 visitas. Foto: Alfredo Ollero.

3. DEMOLICIÓN DE PRESAS Y AZUDES

El derribo de obstáculos transversales en el cauce es una actuación fundamental en restauración fluvial. Permite recuperar la continuidad longitudinal del sistema, lo cual repercute también positivamente en las dinámicas vertical y lateral, y el río gana en naturalidad. Es una práctica que debe considerarse indiscutiblemente de restauración, ya que elimina una presión y su impacto y permite al río recuperarse solo a continuación, recuperación que suele ser muy rápida y efectiva.

Tipo: Buena práctica para recuperar la continuidad del curso fluvial

Calificación: RESTAURACIÓN

Problemática que soluciona

Para el cumplimiento de la Directiva Marco del Agua, es necesario que se impulse y acelere la recuperación de la conectividad ecológica de muchos ríos afectados por numerosos obstáculos transversales, muchos de ellos carentes de uso y altamente nocivos para el medio ambiente fluvial.

Los efectos de estas presas son fundamentalmente hidrogeomorfológicos, repercutiendo también en los seres vivos, ya que fragmentan el hábitat y suponen barreras. Aguas arriba del obstáculo quedan retenidos los sedimentos. Aguas abajo hay efectos por déficit sedimentario y aguas limpias, principalmente incisión o encajamiento, estrechamiento del cauce, descenso del freático y desplazamiento progresivo de la vegetación hacia el cauce. Las presas constituyen barreras infranqueables para muchas especies, especialmente piscícolas. Se han aprobado muchos proyectos de derribo en ríos habitados por salmónidos.

La tipología de presas es muy amplia. Generalmente se están derribando las que corresponden a antiguos usos hidroeléctricos o de abastecimiento abandonados, y de pequeñas dimensiones. Las numerosas presas de retención de sedimentos que se construyeron en torrentes y barrancos de áreas de montaña a lo largo del siglo XX no están siendo todavía objeto de derribo, ya que no se encuentran en la red fluvial principal y por tanto no son objeto de evaluaciones de estado ecológico. Sin embargo, sus efectos en los sistemas fluviales han sido muy nocivos.



Presa en el río Aurín (Huesca) construida en 1963, ha generado 100 m aguas abajo una incisión de más de 3 m. Fotos: Alfredo Ollero.

Aspectos técnicos

Se utiliza la voladura o el derribo con maquinaria, bien en una sola vez o en varias fases. Puede eliminarse la presa con toda su cimentación (es lo aconsejable) o bien dejar la base cimentada por

su complejidad de extracción. En ocasiones se eliminan también elementos laterales, en la orilla, en otros casos se dejan como referencia arqueológico-industrial.

Los elementos constructivos destruidos deben ser llevados a vertedero para que no entorpezcan la dinámica fluvial. Los sedimentos retenidos deberían dejarse para que el sea el río el que realice el trabajo, pero en ocasiones se encuentran compactados y pueden ser removidos por la maquinaria. Nunca deberían extraerse del cauce.

Hay que manejar la maquinaria con cuidado para no alterar las morfologías de cauce y orillas. Tras los trabajos de derribo hay que renaturalizar también las zonas afectadas por el acceso de la maquinaria al cauce.



Río Astomela (Navarra). Foto: Josu Elso

En ocasiones (como en el caso de la foto) a la par que el derribo de la presa se estabilizan las orillas con escollera, lo cual constituye una mala práctica que rompe la libertad fluvial y la continuidad cauce-ribera.

En los ríos en los que se han eliminado presas deberían realizarse, al menos durante dos años, seguimientos geomorfológicos y biológicos para comprobar la recuperación efectiva del ecosistema fluvial.

Resultados

El cauce se naturaliza con rapidez, sobre todo si hay periodos largos de aguas altas o crecidas con capacidad para movilizar los sedimentos que se hubieran acumulado en el vaso de embalse. La corriente hídrica va clasificando los materiales y reconstruyendo las formas de relieve aluviales, tanto las orillas como las barras de sedimentos y los fondos. Esto se registra tanto en el antiguo vaso de embalse como aguas abajo del obstáculo eliminado, donde nuevos depósitos sedimentarios se van extendiendo y avanzan progresivamente descendiendo por el río en cada crecida. Aguas arriba del antiguo vaso de embalse se produce una erosión remontante, rápida tras el derribo y que se va atenuando después. Con todo ello el río reconstruye y regulariza su perfil longitudinal, alterado anteriormente por la presa. La vegetación se reestructura con facilidad y los peces encuentran de nuevo hábitats y libertad para sus migraciones y demás procesos vitales.

Ejemplos

En el marco de la restauración fluvial en todos los países se trabaja en la eliminación de presas obsoletas cuyo uso o concesión ha caducado. Es una práctica frecuente en Europa y Norteamérica. En Estados Unidos en 2004 ya se habían eliminado más de 600 presas. En España se realiza de forma creciente, habiéndose demolido casi dos centenares en la última década, destacando en número las realizadas en la cuenca del Duero y en la cornisa cantábrica. Muchas de ellas están registradas en el visor catográfico del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

explotación y abandono de la presa, y contribuirá por tanto a la mejora del estado ecológico del río Cofio y de las poblaciones piscícolas autóctonas en la cuenca del río Alberche.



Momento del derribo de la presa de Robledo de Chavela. Foto: MAGRAMA

La presa de la Gotera (río Bernesga, León), entre las localidades de Villasimpliz y Villamanín, daba servicio a un aprovechamiento hidroeléctrico iniciado en 1922, que caducó a los 75 años de su concesión. La demolición, realizada en septiembre de 2011, fue compleja por tratarse de un tramo encajado con dificultad de acceso para la maquinaria. La presa tenía 8 m de altura y 24,5 m de longitud, resultando un volumen de 1.068 m³ de escombros. El resultado ha sido monitorizado mediante un seguimiento de los parámetros morfológicos y biológicos. Este ejemplo de restauración fluvial ha permitido unir un tramo del río de especial valor en la Reserva de la Biosfera del Alto Bernesga.



Imagen posterior al derribo de la presa de la Gotera. Foto: MAGRAMA

4. ELIMINACIÓN DE VADOS

Del mismo modo que el derribo de presas y azudes, constituye la eliminación de importantes obstáculos transversales, muy abundantes en cursos de agua de dimensiones pequeñas y medias. Con esta práctica de restauración el río recupera la continuidad longitudinal del sistema y naturalidad en los procesos hidromorfológicos. La recuperación tras la eliminación del vado es igualmente muy rápida y efectiva. Es una buena práctica muy importante, porque en pequeñas ramblas y barrancos de zonas rurales, montañosas y despobladas puede ser el único impacto significativo.

Tipo: Buena práctica para recuperar la continuidad del curso fluvial

Calificación: RESTAURACIÓN

Problemática que soluciona

Los vados son pasos más o menos precarios que atraviesan el cauce transversalmente o en diagonal, y en el caso de ramblas y lechos secos incluso pueden ir acompañados de tramos en los que el camino o pista circula longitudinalmente por el cauce. En general los vados se localizan en puntos estrechos y poco profundos con lecho aluvial. También los hay en lechos de gravas anchos, en los que muchas veces se acompaña el vado de un estrechamiento artificial con hormigón, obligando a la corriente a circular a través de unos pocos tubos en el centro del cauce.

Los vados generan cuatro problemas principales:

- Retención de sedimentos y detritos leñosos aguas arriba del obstáculo, con todas las consecuencias que ello supone en el flujo hídrico y en los procesos geomorfológicos y ecológicos.
- Incisión o excavación del fondo del cauce aguas abajo del vado, formándose una ruptura de pendiente que altera los procesos hidromorfológicos y amenaza la estabilidad del propio vado.
- Alteraciones en las morfologías del cauce, tanto en las orillas como en las barras de sedimentos y la propia morfología del fondo del lecho.
- Compactación del lecho fluvial por el paso de vehículos.

Si el vado se acompaña de un estrechamiento artificial se generan procesos de incisión en la zona por la que se obliga a circular el agua, procesos que pueden descalzar o romper el propio vado.



Retención de restos vegetales aguas arriba del vado de Mazaleón (Teruel). Foto: Alfredo Ollero.



Incisión y descalzamiento aguas abajo del vado del barranco de Oliván (Huesca). Foto: Alfredo Ollero.

Aspectos técnicos

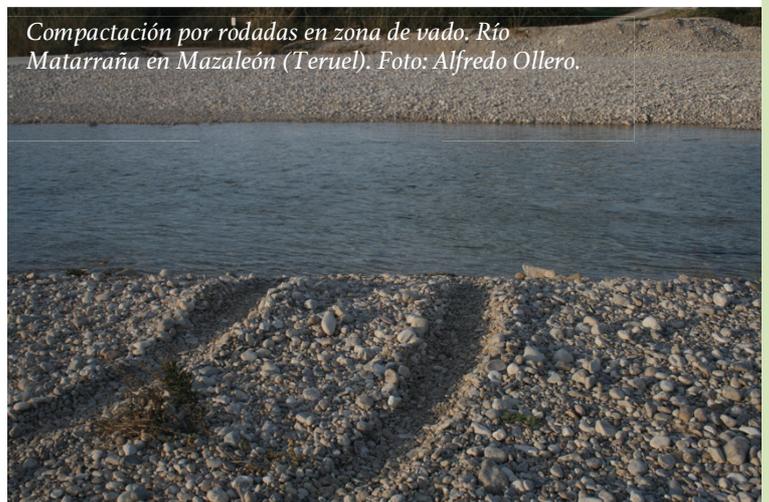
Existen muchas tipologías de vados, pero en su eliminación es suficiente con el derribo con maquinaria. Generalmente no se encuentran cimentados. Tras la eliminación y retirada de escombros es necesario revisar la distribución de sedimentos para permitir al río o barranco, cuando lleve caudal suficiente, hacer el trabajo de reclasificación y redistribución, naturalizándose así el cauce.

La eliminación debe ir acompañada del cierre definitivo de los caminos de acceso, restaurándose también los tramos de éstos que se encuentren dentro del cauce. Se trata de descompactar mecánicamente la capa superficial para que la corriente fluvial pueda movilizarla. No debe extraerse del cauce ningún sedimento natural.

Hay que manejar la maquinaria con cuidado para no alterar las morfologías de cauce y orillas. Tras los trabajos de derribo hay que renaturalizar también las zonas afectadas por el acceso de la maquinaria al cauce.

En los cursos de agua en los que se eliminen vados deberían realizarse, al menos durante un año, un seguimiento geomorfológico y biológico para comprobar la recuperación efectiva del ecosistema fluvial.

A escala de tramo, la eliminación de vados debe integrarse en propuestas de ordenación territorial, ya que pueden darse casos de corrientes fluviales en medios rurales que carezcan de puentes y en los que algunos vados sean necesarios. En estos casos la solución ideal es sustituir los vados necesarios por puentes, y si esto no es posible, eliminar el mayor número de vados posible y reservar un número mínimo de ellos para el paso, concienciando a los usuarios de que, aunque se vean obligados a realizar más kilómetros, la medida repercute en numerosos beneficios ambientales.



Compactación por rodadas en zona de vado. Río Matarraña en Mazaleón (Teruel). Foto: Alfredo Ollero.

Resultados

El cauce se naturaliza con rapidez en cuanto acontecen procesos hidrológicos de aguas altas o crecidas con capacidad para movilizar y reordenar los sedimentos que se hubieran acumulado en el vado. La corriente hídrica reconstruirá también las formas de relieve aluviales, tanto las orillas como las barras de sedimentos y los fondos. La vegetación se reestructura con facilidad y los peces encuentran de nuevo hábitats y libertad para sus migraciones y demás procesos vitales.

Ejemplos

En diferentes proyectos de restauración se ha procedido de la eliminación de vados. Es una práctica sencilla con muy buenos resultados y que cuenta con la ventaja de que no hay que esperar a procesos legales o caducidades, ya que los vados en su inmensa mayoría son ilegales. Precisamente por ello, muchas demoliciones se han realizado sin documentación adicional, y no existe un catálogo de este tipo de actuaciones en España, por lo que no puede aportarse un modelo de esta buena práctica. Como ejemplo interesante el que aparece en las siguientes fotografías, la eliminación de un vado en el río Huebra en Retortillo (Salamanca).



El vado antes de la eliminación. Fotos: José María Rubio Polo.



Proceso de eliminación. Fotos: José María Rubio Polo.

En una de las actuaciones emblemáticas de la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos, la recuperación del río Zújar (Badajoz), se acometió la eliminación de varios vados. El proyecto, que se ejecutó entre 2009 y 2011 en el curso bajo del río Zújar, en el tramo comprendido entre la Presa del Zújar y su desembocadura en el río Guadiana (30 km de longitud), mejoró un espacio fluvial muy afectado por la actividad humana, con explotaciones de áridos en las márgenes, la zona de ribera ocupada por cultivos de regadío y repoblaciones de eucaliptos. Los vados se eliminaron de forma satisfactoria y han dado continuidad al río. Estaban formados por acumulaciones de áridos y construidos para conectar zonas de extracción en ambas márgenes del río.

5. ELIMINACIÓN Y PERMEABILIZACIÓN DE OBSTÁCULOS

Además de presas y vados hay otros diversos obstáculos que dificultan los procesos hidrogeomorfológicos en el cauce y en la llanura de inundación. Los más significativos son puentes, terraplenes de carreteras, defensas, acequias y edificios asociados al río, como molinos, casetas de bombeo o estaciones de aforo, entre otros. Individualmente o en conjunto pueden ser objeto de proyectos que procedan a su eliminación total o bien a su permeabilización para que no impidan la circulación del agua y los sedimentos, ni retengan madera muerta arrastrada. En ambos casos puede calificarse de rehabilitación, ya que con estas medidas no es posible alcanzar los fines de la restauración, pero puede lograrse una significativa recuperación del funcionamiento del río, eso sí, a escala muy local.

Tipo: Buena práctica para recuperar la continuidad del curso fluvial y la funcionalidad de la llanura de inundación

Calificación: REHABILITACIÓN

Problemática que soluciona

Numerosos elementos y estructuras se han ido instalando en el espacio fluvial, tanto en el cauce como en la llanura de inundación, a lo largo de la historia. Cada uno de ellos, y también de forma agrupada y sinérgica, alteran en mayor o menor medida el funcionamiento fluvial, ya que perturban la continuidad del cauce y la funcionalidad de la llanura de inundación, o ambas cosas, en función de su localización y dimensiones. Los casos más graves, presas, azudes y vados, han sido tratados en otras buenas prácticas.

Los problemas asociados a obstáculos son principalmente las dificultades de evacuación y distribución de agua, sedimentos y detritos leñosos, especialmente en procesos de crecida. Las consecuencias de estas dificultades pueden ser notables, generando procesos indeseados como la incisión, el efecto presa o la alteración de los mecanismos y morfologías de erosión y sedimentación. Los obstáculos pueden tener efectos negativos también en los seres vivos y en las relaciones ecológicas.

Puede haber en el espacio inundable usos del suelo sobreelevados e impermeabilizados (terrenos de cultivo recrecidos hasta la cota de los diques, urbanizaciones, edificaciones, aparcamientos...) que también reducen esa funcionalidad natural de laminación de la inundación. Otra posibilidad más extrema es que la llanura de inundación haya quedado colgada muy encima del cauce menor, por dragados o canalización, perdiendo así totalmente su función.

Determinados obstáculos pueden ser rotos por las crecidas, originándose localmente consecuencias como socavaciones, colapsos, flujos anárquicos y abanicos de sedimentos caóticos, todo lo cual aumentará la peligrosidad. También pueden originar efecto presa, incrementando el nivel de la corriente aguas arriba o bien impidiendo el retorno de las aguas al cauce en el proceso de laminación final de la crecida.



Viejo puente en el río Flumen (Lalueva, Huesca). Foto: Nelson Subías



Problema de incisión provocado por un puente mal dimensionado que obliga a la corriente a circular con gran energía bajo dos vanos muy pequeños, barranco de Asún (Acumuer, Huesca). Foto: Alfredo Ollero



Puente viejo de Caparroso (Río Aragón, Navarra), con vanos en la llanura de inundación pero con el obstáculo interno de una acequia. Foto: Alfredo Ollero



Puente horizontal mal dimensionado de acceso ferroviario a la papelera de Montañana (río Gállego, Zaragoza), con efecto presa en la crecida de octubre de 2012. Foto: Pilar Cabrero.

Aspectos técnicos

Una vez identificados todos los obstáculos en cauce, márgenes y llanuras de inundación y comprobados en su seguimiento los problemas que originan, puede optarse por dejarlos y mantener el seguimiento o bien por eliminarlos, o en algunos casos redimensionarlos, o bien trasladarlos a lugares fuera del río.

Los puentes problemáticos deberían ser sustituidos por otros de mayor altura sobre el cauce y mayor amplitud de vanos. Es muy importante que los puentes tengan también vanos en todo su recorrido sobre la llanura de inundación. En este sentido, hay muchos terraplenes de carretera impermeables de acceso de puentes que constituyen importantes obstáculos a las aguas desbordadas, generando efecto represa y obligando a toda la corriente a introducirse bajo el puente con gran energía sobre el cauce menor, provocando procesos de incisión que pueden llegar a descalzar el puente. La apertura de vanos en toda estructura transversal que cruce una llanura de inundación debe ser una acción prioritaria.

Defensas y caminos y acequias elevados originan problemáticas similares. La eliminación o retranqueo de defensas sería la mejor opción, recogida en otras buenas prácticas expuestas. Parcialmente también pueden abrirse portillos permanentes o bien compuertas controladas para permeabilizar el obstáculo y que pueda ser atravesado por el agua desbordada. Por otro lado,

muchas de estas estructuras se encuentran en ruina o son destruidas por la última crecida, generando igualmente obstáculos y acumulaciones problemáticas.

Algunos obstáculos pueden contar con un innegable valor histórico, arquitectónico y cultural o pueden estar catalogados como patrimonio, en cuyo caso habrá que replantear las medidas y, siendo imprescindible mantenerlos, buscar otras posibles acciones de rehabilitación fluvial que compensen los efectos de su permanencia. Por ejemplo, recolocar sedimentos y madera muerta en áreas próximas del cauce y la ribera aguas abajo del obstáculo.

Los elementos de madera muerta podrían retirarse con sumo cuidado y a ser posible sin maquinaria pesada, recolocándolos en espacios naturales de la ribera. Allí, alejados de la corriente fluvial para evitar que se incorporen de nuevo a ésta en la siguiente crecida, podrán aportar hábitat, refugio y alimento y seguirán integrados dentro del ecosistema fluvial. En el caso de los sedimentos,



*Defensa obsoleta de gaviones recientemente eliminada en una actuación de rehabilitación fluvial en Caparroso (río Aragón, Navarra).
Foto: Alfredo Ollero*

no debería hacerse nada, sino esperar a otra crecida que los movilice, pero en casos extremos puede recomendarse también su retirada, planteándose un proyecto de restauración geomorfológica consistente, en primer lugar, en su transporte a otro enclave del espacio fluvial en el que pueda haber problemas de déficit o de incisión, y en segundo lugar, a la remodelación geomorfológica del espacio (cauce, barra, margen o llanura de inundación) de donde se han extraído para dañar lo menos posible la morfología y la dinámica fluvial y recuperar los procesos geomorfológicos naturales.

En ocasiones los procesos de incisión en el cauce provocados por antiguas extracciones o por embalses aguas arriba generan que la llanura de inundación quede colgada o sobreelevada, con lo que pierde totalmente su función de laminación de crecidas. Puede plantearse como solución la rebaja topográfica de esos terrenos sobreelevados, procediendo a su excavación. Los materiales extraídos deben ser devueltos al río en el mismo tramo o en otros, tratando de paliar con ello los procesos de incisión. El suelo y los finos extraídos pueden emplearse en labores de revegetación, o bien devolverse a la ribera.

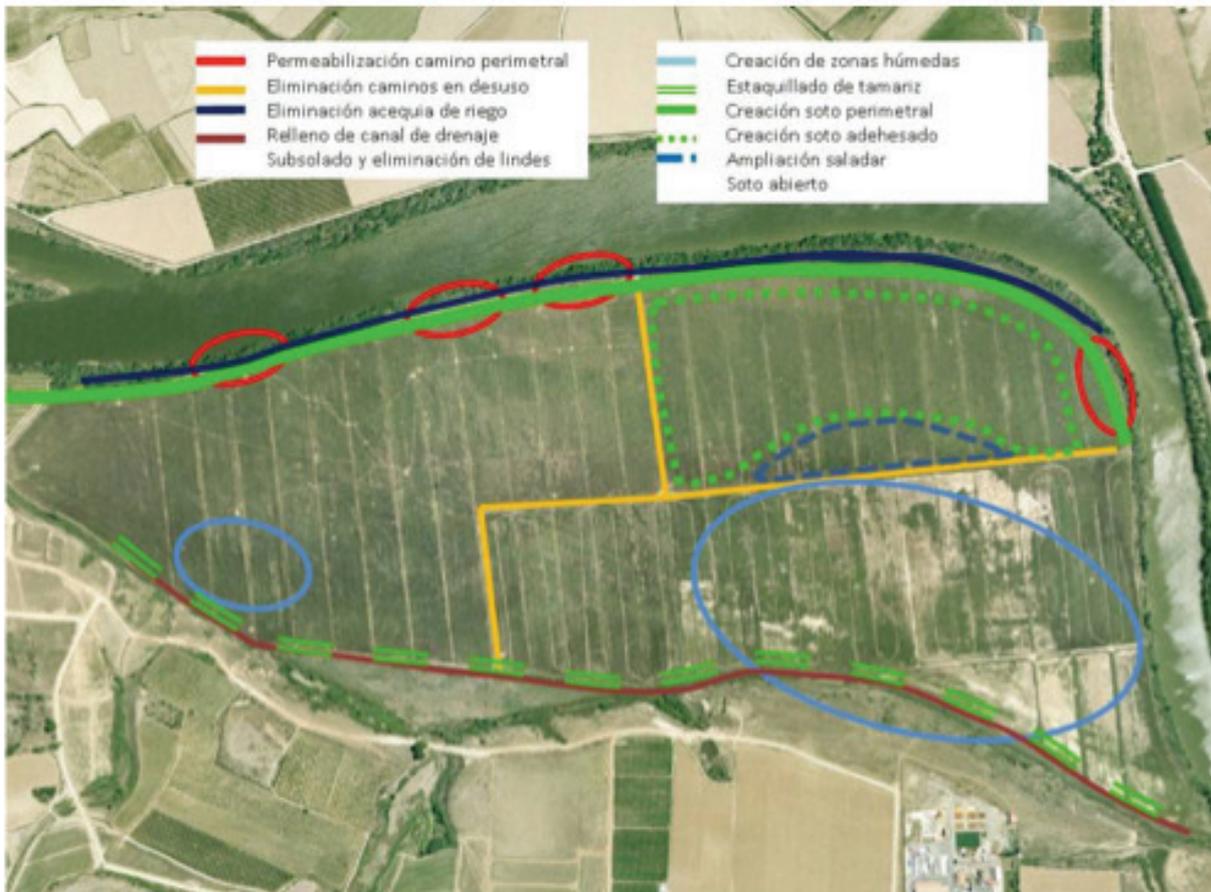
Resultados

Las propuestas planteadas (eliminación, redimensionamiento, reubicación) son complejas y requieren importante inversión económica. Los resultados son siempre positivos, aunque no siempre rápidos. El río puede con una o unas pocas crecidas renaturalizar su funcionamiento con facilidad.

Ejemplos

Se han realizado numerosas actuaciones locales en esta línea, aunque el porcentaje de obstáculos eliminados es mínimo. Hay un ejemplo reciente de demolición de puente por motivo de seguridad ante inundaciones; el de Bridgestone en Basauri (río Nervión), demolido en septiembre de 2014 por la Agencia Vasca del Agua URA. Como ejemplo de apertura de motas puede citarse el de Soto Tetones en Tudela. La rebaja de terrenos inundables sobreelevados es una medida muy utilizada en Holanda (río Waal, por ejemplo). No hay ejemplos en nuestro entorno, pero sí se ha planteado esta

solución en algunos proyectos. Un caso relevante es el del río Gállego cerca de San Juan de Mozarrifar, donde un sector de la llanura de inundación ha quedado 6 m por encima del cauce actual, a causa de enorme incisión provocada por las extracciones de áridos llevadas a cabo en los años 70 y 80, así como por la presencia del azud de Urdán aguas arriba. La rebaja de estos terrenos permitiría devolver sedimentos al Gállego para frenar la incisión y además generar más espacio de laminación en un área próxima a núcleos urbanos.



Actuaciones realizadas en el Soto Tetones (Río Ebro, Tudela, Navarra). Las cuatro marcas rojas señalan los puntos donde se ha abierto la mota perimetral para permitir el paso del agua en crecida. Fuente: proyecto de restauración (La Caixa y Gobierno de Navarra).



Tramo de máxima incisión en el río Gállego (Zaragoza), con llanura de inundación colgada a 6 metros (derecha de la imagen). Foto: Alfredo Ollero.

6. PASOS Y ESCALAS PARA PECES

Junto al derribo de presas y azudes es una de las buenas prácticas más frecuentes en el ámbito fluvial. Los peces son seres vivos muy vulnerables ante los cambios y perturbaciones hidráulicas en el río. Obstáculos transversales a la corriente, como presas, azudes, cimentaciones de puentes, pasos de agua prefabricados, caños de drenaje, estaciones de aforo y vados, frecuentemente impiden o limitan la libre circulación de la fauna piscícola. Existen diferentes soluciones para resolver este problema, aunque los niveles de éxito no siempre son elevados. Esta actuación se califica solo como mejora, ya que beneficia fundamentalmente a la ictiofauna, pero no es útil para el paso de sedimentos y otros elementos del sistema, por lo que no contribuye a la recuperación integral del río.

Tipo: Buena práctica para recuperar la continuidad del curso fluvial

Calificación: MEJORA

Problemática que soluciona

Las migraciones de peces potamódromos (trucha, barbo, boga...), que se desplazan siempre dentro de la misma cuenca, se deben a la búsqueda de zonas adecuadas de reproducción. Los migradores anádromos (salmón, alosas, esturión...) se desarrollan en el mar y frezan en los ríos. La anguila (migrador catádromo) se convierte en adulta dentro del río y retorna al mar para reproducirse. Además de estos peces migradores, prácticamente todos los peces realizan movimientos de mayor o menor recorrido para encontrar alimento en momentos de escasez, alcanzar refugios en el estío o buscar territorios propios nuevos si hay elevada densidad de población. En la Península Ibérica hay 71 especies autóctonas de peces, 41 de ellas endémicas, así como 28 introducidas. Dos tercios de las autóctonas y el 80% de las endémicas realizan movimientos migratorios. A causa de la proliferación de obras transversales en los cauces, estas especies han visto reducida su área de distribución y sus poblaciones o incluso han desaparecido, como el esturión y la lamprea de río.

Cuando en el río se construye una infraestructura transversal infranqueable, las especies piscícolas que necesitan acceder aguas arriba de la misma para reproducirse desaparecen inexorablemente del tramo superior inaccesible. Esta ha sido la causa más frecuente de extinción en muchos tramos de río. Las avenidas pueden arrastrar a los peces aguas abajo y posteriormente no pueden recolonizar el tramo perdido. Cuando el obstáculo resulta muy selectivo, siendo remontable por pocos individuos, se producen cambios en la genética poblacional, pues únicamente se consiguen reproducir los ejemplares más vigorosos, que no tienen por qué ser los mejor adaptados al medio. Al intentar superar el obstáculo, los peces pueden herirse y el sobreesfuerzo realizado consume las reservas energéticas destinadas a la freza, debilitándose y aumentando su predisposición a enfermedades. Por último, si los peces se retrasan en su viaje a la espera de condiciones adecuadas para sortear la estructura (caudales elevados), puede ocurrir que las condiciones óptimas para la reproducción (temperatura, profundidad y velocidad del agua, maduración de los órganos internos...) hayan pasado en las zonas de freza.

Otro problema es la ausencia de condiciones adecuadas para la reproducción o de hábitat, aguas arriba. En la zona embalsada muchos peces se desorientan sin la corriente necesaria. La situación se complica cuando el río tiene una sucesión escalonada de azudes, ya que nuestros peces nativos migradores frezan en lechos de gravas, con aguas corrientes y poco profundas.

Según las legislaciones estatal y autonómicas vigentes, el movimiento de los peces a lo largo de los ríos debe estar garantizado y cualquier estructura que lo impida o limite, debe acondicionarse para tal fin. No obstante, ha habido notable dejadez administrativa al respecto.

Aspectos técnicos

La mejor solución es el derribo del obstáculo. Si esto no se realiza, hay que recurrir a una estructura accesoria, generalmente vías de agua que resultan franqueables a los peces y que les conducen arriba o abajo del impedimento.

Las condiciones generales que debe satisfacer cualquier paso piscícola son:

- Entrada fácil de encontrar (por su situación y su llamada)
- Tránsito sencillo (sin estrés, heridas ni agotamiento excesivo)
- Salida segura (evitar desorientaciones, arrastre a vertederos o tomas peligrosas...)
- Franqueable por la totalidad de peces autóctonos y preferentemente durante todo el año
- Retraso en la migración mínimo (sin colas o amontonamientos)
- Que sea funcional durante crecidas y estiajes
- Mantenimiento e inspección periódicos (limpiar, quitar obstrucciones, reparar daños, evitar la pesca furtiva)

Los condicionantes del medio donde van a instalarse las estructuras también son importantes. Así, las dimensiones de la estructura a superar, la facilidad de acceso a los obstáculos y al lugar de ejecución del paso, evitar el furtivismo o predación y tratar de mejorar el entorno ambiental de la obra. Los caudales circulantes durante la migración van a influir sobre la solución a adoptar (tipo de paso y dimensiones). El coste de un paso para peces resulta muy inferior si se proyecta y ejecuta junto con la obra del azud, frente a si se tiene que construir a posteriori intercalándolo en una hidrotecnia ya realizada.

En suma, para que un sistema de paso funcione con éxito hay que ser muy cuidadosos en la ubicación, diseño, ejecución y evaluación. Toda actuación debe estar correctamente situada en el azud, considerando la trayectoria prioritaria de migración y atrayendo con más caudal a los peces hacia la entrada del paso. El diseño debe ser acorde a las características de los peces, a los condicionantes de la obra y a diferentes escenarios de caudal. Hay que señalar que en muchas ocasiones el proyectista, sin los debidos conocimientos, prescinde de esta información básica, lo que conduce a errores graves en el diseño de las construcciones. Se necesita una dirección de obra especializada y un control final, incluyendo una evaluación y seguimiento posterior.

Tipos de pasos:

- Pasos rústicos para pequeños obstáculos de menos de 1 m de salto de agua: rebaje sencillo del vertedero que puede ir acompañado de una tabla que haga las veces de canalizo y del mantenimiento de una cierta profundidad al pie del azud que posibilite el impulso del pez.
- Pasos naturalizados, bien integrados con el entorno fluvial, para obstáculos de 1 a 3 m de altura; se diseñan con pendientes de aproximadamente el 5% y hay tres subtipologías:
 - Río artificial: canal lateral dividido en tramos separados por remansos de agua que ofrece un camino alternativo a los peces por una de las márgenes del río para sortear el obstáculo. En su lecho se coloca piedra irregular u ordenada, con la misión de frenar la potencia hidráulica de la corriente y ofrecer descanso y abrigo a los peces.
 - Rampas de piedras: canales rugosos o con tabiques interiores adosados al azud, que ralentizan el flujo del agua. Cuando se ejecutan a todo lo ancho del obstáculo, ofrecen el aspecto de un rápido natural por lo que la mimetización con el río es muy buena.
 - Prepresas: pequeñas presas que fraccionan el desnivel total en saltos menores y entre ellos se crea una poza de grandes dimensiones.
- Pasos técnicos, de diseño más complejo, contruidos en hormigón y metal, peor integrados en el río, pero que pueden funcionar con caudales más bajos:
 - Escala Denil o de ralentizadores: canal rectilíneo de 10-20% de pendiente con deflectores que reducen las velocidades del flujo. Solo aptos para buenos nadadores (salmónidos).

- Escala de artesas: las más clásicas, escalera de agua formada por estanques de unos 2-3 m de largo y 1-2 m de ancho, conectados con saltos de 15-30 cm por los que circula un caudal a través de unos vertederos, hendiduras verticales y/u orificios. Hay que elegir el salto y tamaño del escalón según las especies.
- Toboganes de descenso, para permitir las migraciones descendentes de alevines y progenitores. Si no cuentan con estos toboganes o no son capaces de descender por los mismos dispositivos de ascenso, los peces saltan la presa.
- Pasos discontinuos:
 - Compuertas en pequeños azudes que se abren en los periodos migratorios
 - Esclusas, similares a las de navegación.
 - Ascensores, funiculares o teleféricos que ascienden periódicamente los peces que se van acumulando en una jaula o caja.
 - Captura (con nasas y pesca eléctrica) y transporte (en camiones cisterna) de los peces hasta arriba del obstáculo.



Rampa de piedras en el río Najerilla (Torremontalbo, La Rioja). Foto: F. Javier Sanz Ronda



*Escala de artesas en el río Duero (Peñafiel, Valladolid).
Foto: F. Javier Sanz Ronda*



Ascensor para peces en Vera de Bidasoa (Navarra). Foto: F. Javier Sanz Ronda

Resultados

Para conocer la eficiencia de cada técnica se deben realizar muestreos frecuentes y contar con peces marcados (PIT tags), observando la tasa de franqueos y analizando periódicamente las estructuras poblacionales aguas arriba y abajo del obstáculo. También se pueden instalar cámaras de grabación en video y contadores de peces. Cuando los peces no ascienden por la escala, hay que analizar las causas (frecuentemente, una deficiente atracción o “llamada” o un mal diseño hidráulico) y corregirlas. Existen muy buenas soluciones técnicas, pero muchas estructuras antiguas tienen una funcionalidad deficiente o nula.

Ejemplos

Hay abundantes pasos para peces en nuestra geografía. Muchos de ellos están mal diseñados o no son objeto de mantenimiento, fracasando en su objetivo. Los más recientes responden a todas las tipologías presentadas y en general registran una mayor eficacia. Los ejemplos más interesantes son los recogidos en las fotografías.



Instalaciones del canal de natación de peces de Vadocondes (río Duero, Burgos), primer canal de natación voluntaria de Europa. La capacidad de nado frente a diferentes velocidades del flujo es analizada a partir de los datos recogidos por sistema PIT tag y videocámaras. Fotos: F. Javier Sanz Ronda.

7. DEVOLUCIÓN DE ESPACIO AL RÍO

Es la principal buena práctica de restauración fluvial para un tramo fluvial de llanura. Aporta al río libertad, el territorio que necesita para desarrollar de forma natural la geomorfología de su cauce y la anchura adecuada para su corredor ribereño. Debe ser un territorio ancho, continuo y sin obstáculos antrópicos o con los menos posibles, especialmente sin defensas ni estructuras que rompan la conectividad dentro del espacio fluvial. Es una auténtica medida de restauración, por cuanto permite al río recuperarse él solo de los impactos que haya sufrido mediante el desarrollo de sus procesos hidro-geomorfológicos dentro de un territorio libre de suficiente anchura. Incluso un río regulado o con numerosas presiones aguas arriba puede alcanzar elevadas cotas de naturalidad y resiliencia dentro de este espacio fluvial.

Tipo: Buena práctica para recuperar el territorio fluvial

Calificación: RESTAURACIÓN

Problemática que soluciona

Todos los ríos de llanura han asistido a lo largo de los últimos siglos o décadas a procesos de constreñimiento o estrechamiento causados por actuaciones humanas. Los espacios naturales del cauce y el corredor ribereño han sido reducidos superficialmente por ocupaciones humanas para diferentes usos económicos. Con ello se ha generado una grave problemática de ocupación, deterioro fluvial y riesgo. El constreñimiento del río provoca la aceleración de procesos dentro del estrecho cauce activo, donde la corriente en avenida circula con mayor energía, incrementando los procesos de erosión lineal y lateral. En la fase de laminación o descenso de caudal se produce en el cauce mayor sedimentación, tanto de gruesos como de finos, ya que la decantación sobre la llanura de inundación ha sido imposibilitada al evitarse el desbordamiento.

La principal solución, marcada por el sentido común, consistiría en devolver al sistema fluvial, en la medida de lo posible, al menos una parte de ese espacio usurpado.



En Francia existen numerosas experiencias en los tramos fluviales en los que se han implantado espacios de libertad fluvial, por ejemplo en el programa Loire Nature y en especial en el río Allier. En la foto de Google Earth aparece un tramo aplicado, cerca de la ciudad de Moulins.

Aspectos técnicos

La devolución de espacio al río se puede conseguir siguiendo dos vías principales:

- El deslinde del Dominio Público Hidráulico (DPH), definido por la Ley de Aguas y reglamentado por el RD 9/2008, dentro del cual podrían expropiarse terrenos. Algo a lo que no hace referencia la ley pero sí sería imprescindible para que la devolución de espacio al río sea efectiva, es la eliminación de las defensas dentro del DPH.
- La implantación consensuada, por ejemplo en el marco de un contrato de río o de un proceso de planificación hidrológica, de un Territorio Fluvial (TF) en el que puede mantenerse la propiedad privada pero deben eliminarse igualmente las defensas para lograr la libertad del cauce fluvial y de sus procesos de inundación.

El Territorio Fluvial es una banda geomorfológica y ecológicamente activa, de máxima eficiencia y complejidad como sistema natural. Debería ser ancho, continuo, inundable, erosionable, no defendido y no urbanizable. Exigiría eliminar las defensas de margen y quitar o alejar las motas. Sus límites no deberían ser permanentes, sino adaptados a la movilidad fluvial. Debería ser una figura de ordenación del territorio, una adaptación de la misma a la dinámica fluvial.

Aplicar el Territorio Fluvial cuenta con dificultades: conflictos de propiedad, multiplicidad de usos e intereses de complicada compatibilización, situaciones heredadas, etc. La erosión fluvial se ve social y administrativamente como pérdida de terreno que puede llevar a conflictos legales, por lo que se admite un Territorio Fluvial para laminar inundaciones, pero no un espacio de movilidad sin defensas de margen. Los conflictos son normales y pueden resolverse desde ámbitos participativos y de gestión integrada, como por ejemplo los contratos de río.

El trabajo científico de expertos en sistemas fluviales va despertando la conciencia social sobre este tema, y el interés por resolver problemas de riesgos lleva a contemplar el Territorio Fluvial como una posibilidad útil. Para implantarlo, podría ser necesaria una inversión económica inicial para retirar defensas o desplazarlas, conmutar, comprar o expropiar terrenos, favorecer cambios en los usos del suelo y cofinanciar seguros para los propietarios que prefiriesen mantener su actividad dentro del Territorio Fluvial y, por tanto, a expensas de la inundación y de la erosión. Ahora bien, si se logra el Territorio Fluvial, la necesaria restauración del cauce y las riberas la llevaría a cabo fundamentalmente el río, por lo que sería muy barata y efectiva. Dentro del Territorio Fluvial y a partir de una correcta zonificación de usos del suelo y del fomento de usos compatibles con la inundabilidad y la conservación y restauración de la biodiversidad, será posible mantener actividades humanas sostenibles.

Por lo que respecta a la definición y delimitación técnica de un espacio para el río, hay que partir de la superposición y comparación las superficies del Territorio Fluvial (TF), del Dominio Público Hidráulico (DPH, probable y/o real, más bandas de servidumbre y policía), de la Zona de Inundación Peligrosa (ZIP), de la Vía de Intenso Desagüe (VID) y de la Zona de Flujo Preferente (ZFP) en todo el tramo fluvial y de la preparación, edición y presentación pública de una cartografía final que las integre.

En concreto y de acuerdo con la metodología especificada en la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos, el Territorio Fluvial debe ser delimitado por criterios geomorfológicos, ecológicos e históricos (evolución fluvial), y no contar con límites permanentes, sino revisados periódicamente para adaptarse a la propia dinámica fluvial.

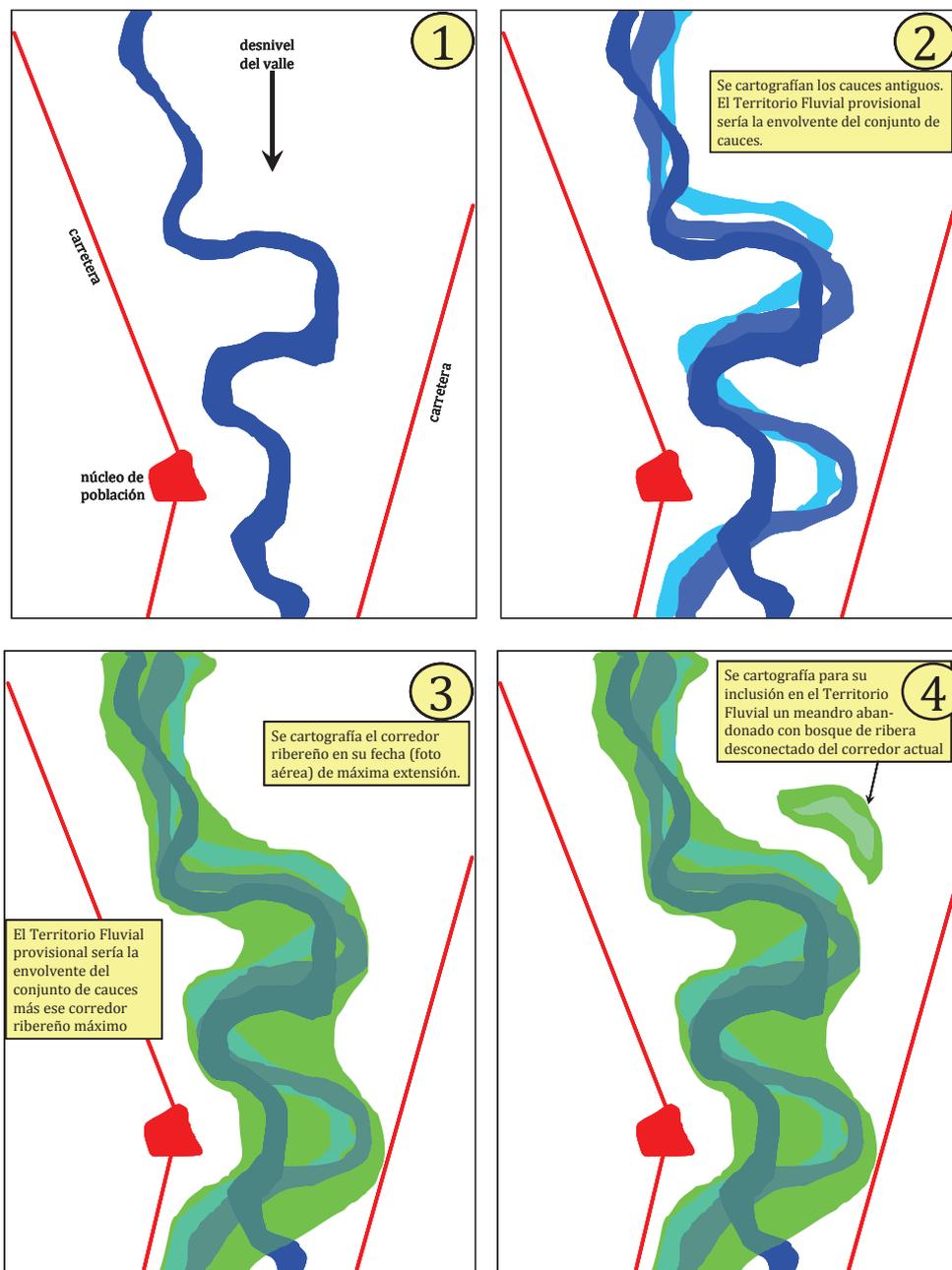
Deben quedar incluidos en el Territorio Fluvial:

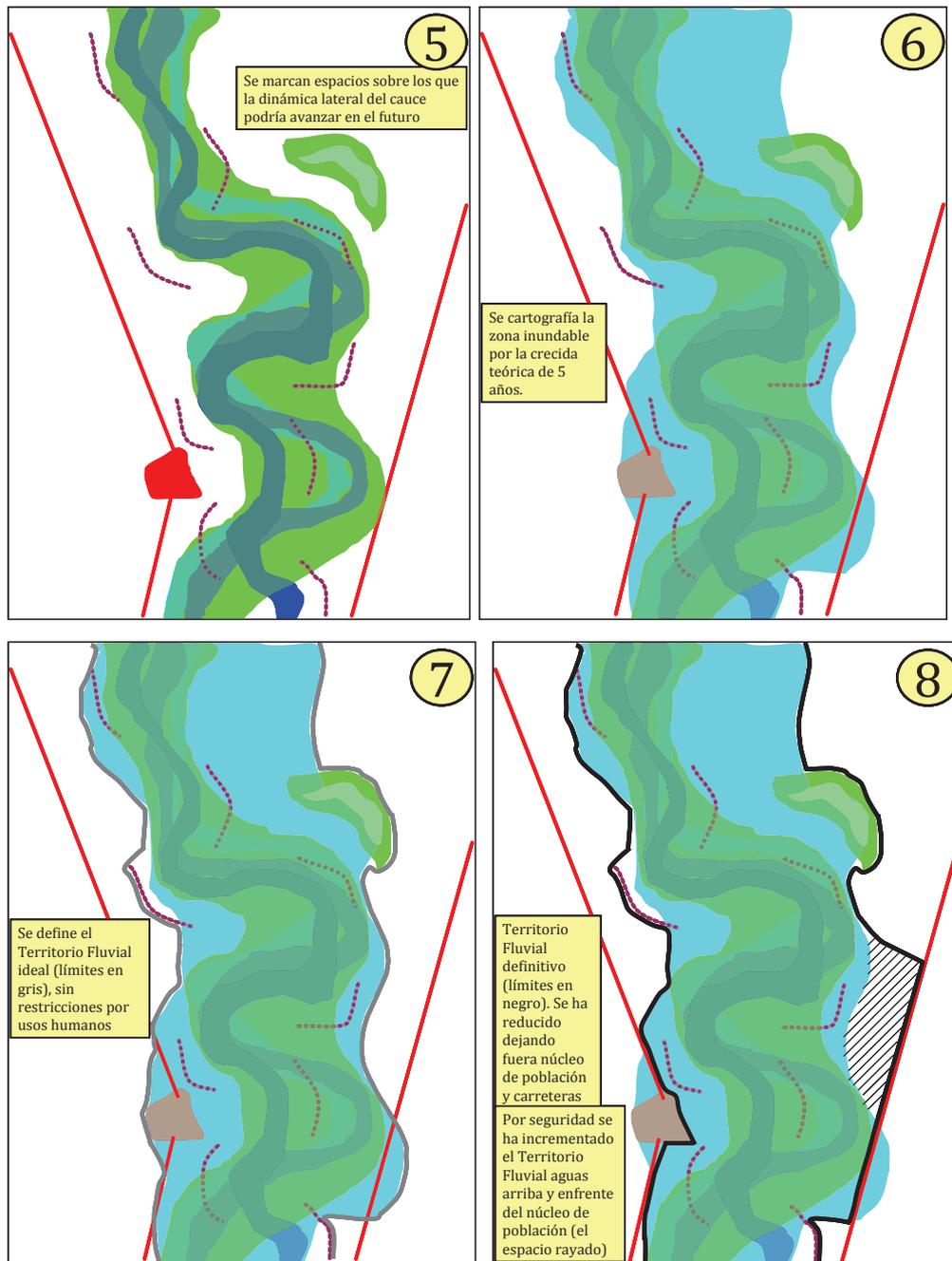
- los distintos trazados del cauce al menos en el último siglo, consultando para ello cartografía y fotografías aéreas antiguas,
- la extensión máxima del corredor ribereño al menos en el último siglo, definida a partir de las mismas fuentes cartográficas y fotográficas,

- meandros abandonados, masas de vegetación ribereña aisladas y otros posibles anexos fluviales desconectados del corredor actual,
- terrenos susceptibles de ser erosionados en el futuro por la propia dinámica del cauce, definidos a partir del análisis de las tendencias evolutivas y a criterio de los expertos en geomorfología fluvial que desarrollen el proceso de delimitación,
- toda la zona inundada por la crecida de 5 años (en ríos grandes) o la de 10 años (en cursos pequeños), criterio que puede ser modificado en función de caracteres locales y a partir de análisis hidrogeomorfológicos e hidráulicos.

Deben quedar fuera del Territorio Fluvial los núcleos de población y algunos usos humanos consolidados, a criterio de los delimitadores. Debe ensancharse el Territorio Fluvial aguas arriba y enfrente de los núcleos de población, a criterio de los delimitadores, para reducir los niveles o cotas de aguas desbordadas.

Este proceso de delimitación se completa con la cartografía del Territorio Fluvial. Los criterios expuestos son integrados en un Sistema de Información Geográfica, resultando de su integración los límites externos del Territorio Fluvial, uno en cada margen del curso fluvial.





Proceso de delimitación de un territorio fluvial. Esquemas de Alfredo Ollero.

Resultados

Devolver al río un espacio de suficiente anchura y continuidad permitirá conservar o recuperar la dinámica hidrogeomorfológica, obtener un corredor ribereño continuo que garantizaría la diversidad ecológica (Directiva Hábitats, 1992/43/CE), y la función bioclimática del sistema fluvial, cumplir con el buen estado ecológico (Directiva del Agua 2000/60/CE), laminar de forma natural las avenidas (Directiva de Inundaciones 2007/60/CE), resolver problemas de ordenación de áreas inundables, así como mejorar y consolidar el paisaje fluvial. Es una solución aplicable a cualquier curso fluvial, con máxima utilidad en sistemas de llanura con notable anchura potencial del corredor ribereño y con problemática de riesgos por erosión e inundaciones.

Lograr un Territorio Fluvial supone trabajar “junto a la naturaleza” en el control de las inundaciones, tal como recomienda la Directiva, aprovechando los mecanismos naturales de

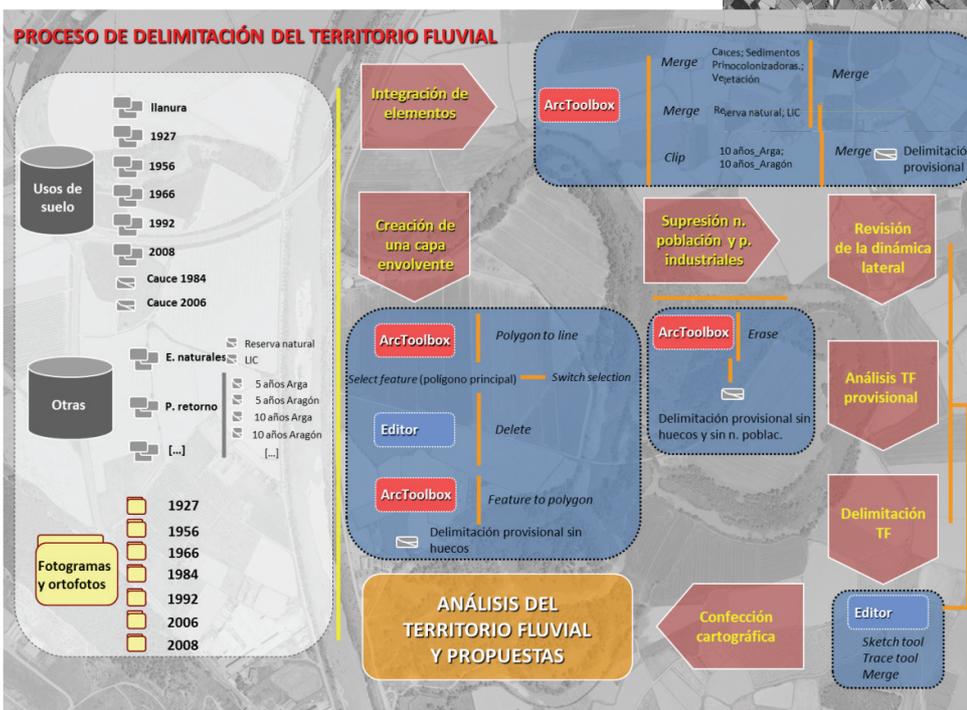
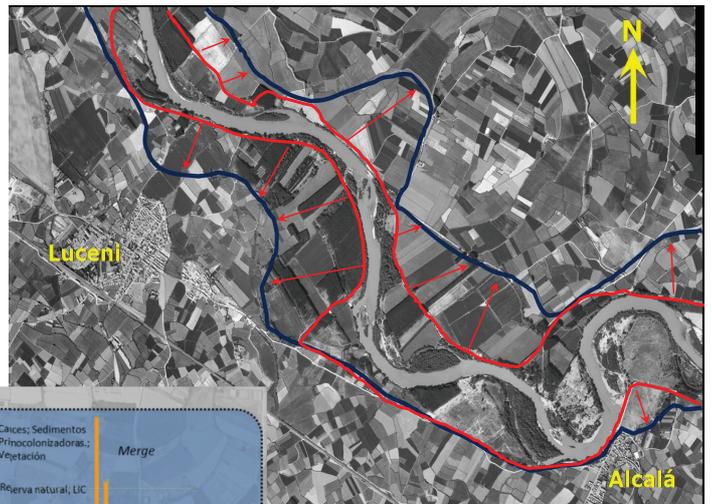
laminación de las avenidas (inundación de las riberas, disipación de energía en los meandros...), y respetando todas las funciones de los ríos en crecida.

Ejemplos

La devolución de un espacio de libertad a los ríos de llanura es ya un paradigma científico consolidado como modelo de actuación y es técnicamente viable, existiendo experiencias concretas, foros internacionales de debate y numerosos grupos de trabajo que defienden esta medida. Se han desarrollado interesantes experiencias en Francia, Alemania, Holanda, Suiza o Estados Unidos. En Europa se creó en 2010 un grupo de trabajo científico-técnico internacional, Territorios Fluviales Europeos, con diversas iniciativas y reuniones, pero que hasta el momento no ha avanzado todo lo esperado ni ha conseguido desarrollar aplicaciones en casos concretos. En España todavía no se valora como medida de resolución de problemas ambientales y de riesgos. Tan sólo han surgido algunas iniciativas recientes de aceptación de la inundación controlada de espacios fluviales agrarios, pero al no aceptarse la erosión fluvial, por cuanto puede generar pérdida de propiedad privada, no se han logrado auténticos territorios fluviales, sino tan solo espacios temporalmente inundables.

Se han desarrollado propuestas de definición del Territorio Fluvial (TF) en diferentes proyectos. En el Plan Medioambiental del Ebro y tramo bajo del Cinca, estudio solicitado por el Gobierno de Aragón en 2005, se definió un TF que en conjunto alcanzaba en el Ebro una extensión de 13.035 ha (una anchura media de 1.184 m, es decir, el 30% de la superficie total de la llanura de inundación) y de 1.621 ha con una anchura media de 620 m en el bajo Cinca, resultando en general algo más estrecho que el Dominio Público Hidráulico probable, del que no se cuenta con una delimitación oficial para la misma zona.

Ejemplo de delimitación del territorio fluvial (línea azul, frente a las defensas actuales en rojo) en el tramo del Ebro Luceni-Alcalá (Plan Medioambiental del Ebro, Gobierno de Aragón).



En los cursos bajos de los ríos Arga y Aragón (Navarra) también se definió el Territorio Fluvial en un estudio de 2009, consolidándose una metodología de aplicación con el programa ArcGIS. Esquema: Ecoter, S.C.

8. RETRANQUEO DE MOTAS

Constituye una versión más simple y local de la devolución de espacio al río. Su objetivo es dotar de mayor anchura al río tanto con fines ambientales como sobre todo para reducir la presión de la corriente en crecida y permitir una inundación más amplia que reduzca el peligro tanto en la orilla opuesta como aguas abajo. Por su carácter puntual se queda en rehabilitación. En España no hay verdaderas devoluciones de espacio al río en tramos importantes, pero sí es muy frecuente esta buena práctica menor, que generalmente se realiza para una sola de las orillas y en tramos cortos, inferiores al km. Pero a pesar de sus limitaciones es una buena práctica muy interesante, útil localmente, con carácter ejemplificador y que puede en el futuro desarrollarse para lograr una verdadera devolución de espacio.

Tipo: Buena práctica para recuperar el territorio fluvial

Calificación: REHABILITACIÓN

Problemática que soluciona

Las motas o diques son defensas longitudinales insumergibles que tratan de impedir el desbordamiento y la inundación. Separan, por tanto, el cauce menor del río respecto de los usos humanos que se han instalado en el cauce mayor o llanura de inundación. Constituye el sistema de defensa más antiguo. Suelen presentar un perfil transversal trapezoidal, con alturas que oscilan entre los 1,5 y 4 metros y anchuras de coronación entre 2 y 5 metros, de manera que en muchos casos son aprovechadas como camino, mientras en otros llevan adosadas acequias. Suelen ser de tierra compactada, que puede estar recubierta por gravas, gaviones o placas de hormigón en superficie. Su estado de compactación es en ocasiones deficiente por el exceso de gravas empleadas en su construcción. El incorrecto diseño del perfil, con taludes excesivamente inclinados o muy poco pendientes, es otro de los defectos habituales en las motas construidas por particulares, y tiene como consecuencia en muchos casos la rápida aparición de brechas o cárcavas.

En los ríos las motas generan varios problemas:

- Constituyen una barrera ecológica entre el cauce del río y la llanura de inundación, impidiendo intercambios de seres vivos y nutrientes.
- Alteran la distribución de sedimentos, tendiendo a concentrarlos en el cauce menor.
- Sobreelevan el flujo hídrico en crecida.
- La continuidad de las motas y su excesiva proximidad entre ambas orillas recarga en crecida con presión el acuífero aluvial, produciéndose inundaciones más tempranas e importantes desde el freático en sectores de la llanura de inundación alejados del cauce menor y teóricamente protegidos por las motas.
- Reducen la capacidad de laminación en la llanura de inundación al dificultar el desbordamiento.
- Dificultan la dinámica lateral del sistema fluvial.
- Dificultan el retorno al cauce menor de las aguas desbordadas cuando la crecida ha pasado.
- Se deterioran con facilidad en crecida, produciendo daños mayores y extensas inundaciones allí donde se rompen o son superadas.

Estos problemas no solo degradan considerablemente la calidad ambiental del río y su estado ecológico, sino que en muchos casos incrementan la peligrosidad de las crecidas o bien la trasladan aguas abajo o a la orilla opuesta. Numerosos estudios científicos demuestran la escasa utilidad de este sistema de defensa.



Mota reforzada con escollera en el río Ebro (Castejón, Navarra). Foto: Alfredo Ollero.



Mota recubierta de hormigón en Alcalá de Ebro (Zaragoza). Foto: Alfredo Ollero.

Aspectos técnicos

La eliminación de motas es relativamente sencilla, requiriendo maquinaria. Los materiales pueden verse al río si procedían de él o bien ser transportados a vertedero si la mota contaba con refuerzos de hormigón.

En ocasiones el derribo puede asociarse a la construcción o refuerzo de una nueva mota más alejada del cauce, en cuyo caso se habla de retranqueo de la mota.



Eliminación en 2007 de la mota de Vallacuera en el río Arga (Peralta, Navarra). Foto: Josu Elso

Resultados

Localmente incrementa la anchura del cauce activo, del corredor ribereño bien conectado con el cauce y de la llanura de inundación útil. Reduce por tanto la energía de la corriente en crecida y con ello los efectos aguas abajo o en la margen opuesta. Facilita también una mejor distribución y clasificación de los sedimentos transportados en crecida, reduciendo los procesos locales de incisión o acreción. Todos estos efectos son rápidos, observándose en la siguiente crecida.

En suma, la eliminación o retranqueo de una mota no restaura el sistema fluvial, pero sí rehabilita algunas funciones del mismo, dotándole de mayor espacio lateral y de una mejor eficiencia en procesos de crecida y de inundación.

Ejemplos

Las actuaciones realizadas hasta la fecha han sido escasas y de reducida longitud. En el marco de la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos destacan las actuaciones en el río Órbigo (León) y de forma más puntual en el río Cinca (Fraga, Huesca) o en el río Arga (Peralta, Navarra).

Un ejemplo práctico pequeño pero interesante fue el realizado en Caparroso (Navarra) en el río Aragón en el año 2009. La actuación consistió en la retirada de una mota de 1.300 m de longitud y la eliminación de un pinar muy degradado que, protegido por dicha mota, se encontraba en el espacio fluvial. El retranqueo de esa mota en unos 200 m hasta el límite de las huertas y la carretera aumentó la superficie de laminación de avenidas, disminuyendo el riesgo de inundación en la población, localizada en la margen opuesta. El río ha podido recuperar sin problemas ese espacio de la margen derecha, laminando de forma eficaz las crecidas.



*Diferentes imágenes de la actuación en Caparroso mostrando el comportamiento eficaz de la medida en la crecida de enero de 2010.
Fotos: Elena Díaz*



9. DESPROTECCIÓN DE ORILLAS, DESENCAUZAMIENTOS Y DESCANALIZACIONES

Para el correcto funcionamiento fluvial es imprescindible la libertad geomorfológica del cauce en sus dimensiones longitudinal, lateral y vertical. Por tanto, las orillas deben ser libres, móviles, sujetas a procesos de erosión y sedimentación. Del mismo modo que en otras buenas prácticas se propone la eliminación de obstáculos que rompen la continuidad longitudinal, en este caso se profundiza en la necesidad de eliminar los obstáculos que impiden la dinámica fluvial lateral (defensas de margen), los que impiden el trazado natural del río (encauzamientos) y las canalizaciones completas que impiden las dinámicas lateral y vertical. Frente a estas actuaciones ingenieriles de estabilización y defensa, la restauración fluvial propone lo contrario: desproteger las orillas, desencauzar y descanalizar, y así mediante todo ello recuperar la libertad fluvial y con ella la salud del río. El beneficio de estas tres buenas prácticas es máximo, ya que recupera procesos y formas y consigue aportar sedimentos al río in situ, merced a la erosión de las orillas, paliando los problemas generalizados de déficit sedimentario e incisión, de tal manera que puede hablarse claramente de prácticas de restauración.

Tipo: Buenas prácticas para recuperar caudales sólidos y procesos y formas fluviales.

Calificación: RESTAURACIÓN

Problemática que soluciona

Escollerados, encauzamientos y canalizaciones eliminan la movilidad fluvial, y con ello todos los procesos clave para el buen funcionamiento fluvial. Los efectos de estas actuaciones son muy intensos localmente, con importantes repercusiones también aguas abajo que se manifiestan en el tiempo con bastante celeridad.

Los escollerados se han extendido prolíficamente por todos los cauces europeos, uniformando y artificializando los paisajes fluviales. Cada vez hay más orillas defendidas con escolleras, cada vez son más verticales y cada vez con bloques de piedra más grandes. La construcción de escolleras en las orillas erosivas tiene como objetivo impedir esa erosión, que es un proceso fundamental para la supervivencia del río y sus ecosistemas asociados. Así, las escolleras reducen el aporte de sedimentos al cauce, con todas las consecuencias negativas que esto supone. Conducen la energía de la corriente a tramos no defendidos aguas abajo o enfrente, o bien contra el fondo del lecho. Estas alteraciones generan a corto plazo incisión y perturbaciones en los rápidos y otras morfologías de fondo. Eliminan la dinámica de meandros, con numerosas consecuencias entre las que podemos destacar el progresivo envejecimiento de los sotos por falta de renovación y su reducción a estrecha franja. También eliminan los taludes imprescindibles para la nidificación de múltiples especies de aves fluviales (avión zapador, abejaruco, martín pescador...). Las escolleras son descalzadas con frecuencia en crecidas, por lo que su mantenimiento suele ser también costoso.

Los encauzamientos y canalizaciones provocan todos los impactos de motas y escolleras en su máxima expresión. Además suelen ir acompañados de la simplificación del cauce para hacerlo más recto y estrecho. Las canalizaciones totales suelen llevarse a



Escollera en el río Huerva en Cuarte (Zaragoza). Foto: Alfredo Ollero.

cabo en tramos cortos y generalmente en ámbitos urbanos, más frecuentes en pequeños cursos de tamaño manejable. Los canales diseñados resuelven la evacuación del caudal líquido, pero técnicamente no son efectivos para el transporte sólido, alterándolo considerablemente. No siempre responden a situaciones de riesgo, sino más bien a las necesidades de urbanización y al propio gusto social por los canales estables e integrados en la malla urbana.



Canalización en Herrera de los Navarros (Zaragoza). Foto: Alfredo Ollero.

En general, el constreñimiento de la dinámica lateral incrementa la energía en crecida provocando 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.

En suma, la fijación o estabilización de un cauce dinámico es una pérdida enorme de patrimonio natural. Además,

con este tipo de actuaciones se hace todo lo contrario de lo que dictaría el sentido común, que es imitar al río. En lugar de adaptarnos a los sistemas de autorregulación que pacientemente ha ido diseñando el río, nos enfrentamos directamente contra ellos. En vez de ensanchar el cauce, darle mayor espacio y libertad para que distribuya mejor su energía y los materiales movilizados, con estas malas prácticas se estrecha, incrementándose la peligrosidad de la corriente y generándose efectos secundarios que pueden originar daños más graves.

Aspectos técnicos

La eliminación de las defensas de margen (escolleras, muros, gaviones) permite de nuevo la erosión de las orillas, que es una solución clave de restauración fluvial, ya que aporta sedimentos a tramos afectados por incisión.

En esta buena práctica se abordan tres posibilidades, que también pueden aparecer combinadas:

- Desproteger una orilla consiste en eliminar sus defensas de margen. Si hay defensas lo normal es que sea una orilla erosiva, por ejemplo la orilla cóncava o externa de un meandro. La retirada de una defensa de margen tiene como resultado la reactivación inmediata de la dinámica geomorfológica, de manera que la orilla será erosionada y puede cambiar su trazado, por ejemplo migrando hacia aguas abajo. Erosión es sinónimo de pérdida de terreno, y no se tiene en cuenta que lo que se pierde se gana en otro lugar. Pero científicamente se ha demostrado el papel positivo de la erosión de márgenes en la dinámica del sistema, en los ecosistemas, en el aporte de sedimentos y en la auto-restauración de los cauces.
- Desencauzar consiste en eliminar una actuación de encauzamiento, es decir, una actuación en la que se ha dirigido el trazado del cauce para mantenerlo estable o para evitar un determinado desplazamiento previsible. Al desencauzar se devuelve libertad al río para dibujar su forma en planta más o menos rectilínea o curva, ancha o estrecha, con tendencia a desplazarse hacia cualquiera de las márgenes.
- Descanalizar es romper un canal rectilíneo de anchura fija y materiales homogéneos (muros de cemento, motas reforzadas con escollera, gaviones, etc.), en ocasiones incluso con el suelo también homogéneo cementado o escollorado. Es más propio de tramos urbanos. En ocasiones estas canalizaciones circulan bajo tierra.

En todas las actuaciones se necesita maquinaria pesada para retirar las estructuras, cuyos residuos deben ser llevados a vertedero. Una vez eliminadas debería dejarse al río hacer todo el trabajo de restauración, pero es habitual realizar labores de revegetación.

Resultados

Los resultados son rápidos y efectivos, porque el río trabaja con mucha eficiencia en cuanto se eliminan estos obstáculos laterales. La naturalización es observable en pocos meses. Una primera crecida puede transformar enormemente el trazado del cauce y el conjunto del paisaje fluvial. Los efectos positivos del incremento de sedimentos en el cauce también se notan con mucha rapidez.

Ejemplos

En muchos ríos europeos se han realizado estas buenas prácticas. Destacan las actuaciones de descanalización en Suiza, donde los principales ríos habían sido canalizados hace más de un siglo. Por ejemplo, en los ríos Thur, Aare, Moesa y Rombach se ha conseguido esta buena práctica en varios tramos.

En España hay muchas propuestas pero pocas se han puesto en práctica, ya que la desestabilización del cauce y el fomento de la erosión produce temor en los gestores del territorio. La erosión es un mecanismo visto de forma generalizadamente muy negativa, quizás porque vivimos en territorios en los que domina la aridez. A este aspecto perceptual hay que añadir la amenaza de la erosión hacia la propiedad privada, que siempre se considera estable y objeto de defensa. Un ejemplo puntual modesto, aplicado solo a medias (en una de las orillas, en la otra no se ha podido por el paso de una tubería) es la retirada de los gaviones que mantenían la orilla rectilínea y estable en el río Gállego en el barrio zaragozano de Santa Isabel. El río se ha recuperado muy satisfactoriamente iniciando un proceso de meandrización al encontrar libertad en la orilla desprotegida.



Canalización (a) y posterior restauración (b) del río Rombach en Fuldera. Fotos: Pio Pitsch



Río Thur antes (a) y después (b) de la descanalización. Fotos: BHAtteam Frauenfeld



El mismo tramo del río Thur más recientemente, con mayor desarrollo de las barras de sedimentos. Foto: Google Earth.



Desencauzamiento de la margen derecha del Gállego (izquierda en la imagen) en Santa Isabel (Zaragoza). El río ha iniciado erosión cerca del puente superior, depositando sedimentos en la orilla opuesta. Más abajo va desarrollando otra barra sedimentaria. Foto: Google Earth.

10. LIBERTAD FLUVIAL Y NO ACTUACIÓN POST-CRECIDA

La libertad fluvial en procesos y morfologías es resultado de la ausencia de presiones antrópicas sobre el sistema y garantiza el funcionamiento natural hidrogeomorfológico y ecológico del río. La libertad fluvial es, por tanto, el objetivo ineludible de conservación para los ríos que cuentan con ella y de restauración para los que pueden recuperarla. Todas las buenas prácticas presentadas en este trabajo buscan con mayor o menor eficacia la libertad fluvial. Pero esta buena práctica concreta se centra en la propuesta necesaria de que tras una crecida los ríos no reciban una respuesta traumática a modo de actuaciones de corrección, sino que, al contrario, mantengan o recuperen la libertad y se les permita seguir los nuevos caminos y superficies que con la crecida han demostrado que deben tomar. En suma, se debe aprender de cada nueva crecida de cara al futuro, sin caer en las negativas medidas post-crecida al uso, consistentes en recomponer todo como estaba.

Tipo: Buena práctica para recuperar procesos y formas fluviales.

Calificación: CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN

Problemática que soluciona

La mayoría de los ríos han perdido su libertad, especialmente en las últimas décadas, cayendo en un estado de deterioro ambiental sin precedentes.

El actual sistema de actuaciones-tipo de emergencia post-crecida consolida claramente esta negativa situación, no teniéndose en cuenta que es poco práctica y muy dañina para los sistemas fluviales. Numerosas obras de dragado y defensa demandadas por la población consiguen evitar el procedimiento de evaluación ambiental al colocarse bajo el paraguas de las obras de emergencia post-crecida, provocando en el río daños irreversibles.

Estas actuaciones de emergencia post-crecida están muy extendidas y reciben presupuestos crecientes, pero constituyen una gestión del riesgo inadecuada y poco prudente, ya que no tienen en cuenta los claros mensajes del río en la crecida. Constituyen una intervención frontal contra la dinámica fluvial, pensando solo a corto plazo. Lógicamente, estas actuaciones constituyen una invitación a prolongar la situación, a que se siga igual en los espacios en riesgo, sin adaptación ni resiliencia. No buscan soluciones a medio y largo plazo, sino el simple parcheo, la corrección inmediata de lo que ha pretendido el río en la última crecida, la vuelta a la estabilidad, aunque esta sea forzada y el río vuelva a romperla en la siguiente ocasión. La actuación de emergencia típica consiste en la introducción de maquinaria en el cauce para reconducirlo y para aumentar o consolidar la capacidad de desagüe, extrayendo sedimentos del fondo y apelmazándolos en las márgenes, desnaturalizando por completo el río, sin estudio previo, sin proyecto, sin planificación, sin evaluación de impacto y sin sensibilidad ambiental. Generalmente resultan prácticas contraproducentes, por cuanto nuevos caudales altos movilizan otra vez los materiales generando a veces efectos no esperados. En muchos ríos pirenaicos ha supuesto la destrucción de cauces trenzados que constituían un patrimonio fluvial único.



Cauce totalmente natural, en plena libertad y perfectamente dimensionado por sus crecidas para ir transportando agua y sedimentos y lo que le llega de las laderas. Foto: Alfredo Ollero.



Nueva acumulación de sedimentos tras una crecida, sobre otra dejada por la crecida anterior, en el río Gállego en Zaragoza. Foto: Alfredo Ollero



Efectos en el río Sieste (Sobrarbe, Huesca) de una actuación de emergencia tras una crecida en 2001. Foto: Alfredo Ollero.

Aspectos técnicos

Deberían erradicarse definitivamente los programas de emergencia de reparación urgente tras crecidas, que constituyen una verdadera plaga destructiva en nuestros ríos. Sólo en algunos casos, por ejemplo en zonas urbanas afectadas con riesgo para personas, habría que actuar, pero ejerciendo un control y seguimiento ambiental muy cuidadoso, con directrices y restricciones, para evitar las grandes afecciones que la maquinaria pesada produce directa e indirectamente en los cauces, y planteando correcciones a los impactos ambientales generados. En la actualidad las obras de emergencia post-crecida siguen careciendo en España de control, de estudio y de las evaluaciones que aquí se proponen. De hecho, muchos de los dragados, limpiezas y actuaciones precarias que se ejecutan se acogen a esta modalidad para evitar “trabas” ambientales, generándose graves impactos y sin ninguna garantía de que reduzcan el riesgo. Este tema requiere una regulación urgente

Si acontece una crecida que produce modificaciones en el cauce y en las orillas hay que estudiar detalladamente por qué el sistema fluvial ha actuado así y hay que conservar la nueva situación permitir que el río consolide la libertad que ha recuperado con la crecida.

No hacer, no actuar, es siempre la mejor opción con un sistema natural y con un proceso de restauración. El río durante la crecida ha buscado sus propios ajustes de autorregulación, ha erosionado en algunas orillas, ha podido ensanchar y cambiar el trazado del cauce y acelerar la migración de meandros, ha redistribuido sedimentos, ha recrecido algunas playas de grava y ha

distribuido también elementos flotantes como los restos vegetales arrastrados que también se denominan detritos leñosos o madera muerta. Todo ello es natural y síntoma de salud fluvial.

La gestión posterior debería ser respetar la nueva situación, conservarla y protegerla mediante algo tan sencillo como “dejar al río en paz”. Si ha habido cambios de trazado o el cauce se ha ensanchado, readaptar a ello los usos humanos, moviendo infraestructuras y edificios si es preciso. No solo porque es lo mejor para el río y, por tanto, para nosotros, sino sobre todo porque es lo más seguro, ya que el río demuestra con cada crecida por dónde tiene que circular. Hay también que dejar los sedimentos y la madera muerta en los lugares naturales donde se han depositado, generalmente en el contacto del cauce con la ribera, conservándolos porque forman parte del ecosistema y tienen importantes funciones en él. Por ejemplo, son fundamentales como hábitats para numerosas especies. La acumulación de estos elementos nunca es peligrosa en cauces naturales, solo presenta problemas al tropezar con elementos antrópicos.



Acumulación de madera muerta en el río Ebro (Alcalá de Ebro, Zaragoza). Foto: Alfredo Ollero.

Resultados

La libertad fluvial es fundamental, pero no interesa socioeconómicamente y se pone especialmente en entredicho cuando acontece una crecida. Frente a la actuación post-crecida, que impide la libertad fluvial y destroza el río, hay que promover y conseguir la no actuación post-crecida, dejando al río que siga trabajando adecuada y libremente en su propia autoconstrucción y autorregulación. Si a un río se le permite trabajar geomorfológicamente con libertad y después de cada crecida se le sigue permitiendo, los resultados serán excelentes., pudiendo asegurarse también el buen estado ecológico.

Ejemplos

Desgraciadamente los ejemplos de no actuación post-crecida son desconocidos y no deliberados, ya que no existe ningún proyecto de no actuación como tal.

Aquí es preciso, a modo de denuncia, hablar de ejemplos recientes de “sí actuación” exponiendo sus consecuencias. En Castiello de Jaca (Huesca) la ocupación de un espacio de riesgo por una urbanización provocó el espectacular desplome de dos viviendas el 19 de octubre de 2012. El río Aragón simplemente ocupó todo su cauce para poder evacuar una crecida extraordinaria, causando daños en la urbanización El Molino de Castiello, que se había levantado hace una década dentro del espacio del río. No se debería haber permitido esa construcción en su momento, ni se debería haber permitido regresar a sus habitantes después de la crecida a los edificios tras unas obras de emergencia en el cauce que no garantizan que en la próxima crecida extraordinaria no vuelva a

sucedier lo mismo. Las obras realizadas han destruido, hasta la próxima crecida, la libertad fluvial, generando graves daños al río y no solucionando la situación de riesgo, sino que la han consolidado.

Igualmente negativas han sido las actuaciones post-crecida ejecutadas en los valles de Benasque y Arán tras las crecidas de junio de 2013, con una importante inversión económica para reconducir los cauces a su situación anterior a la crecida. La remoción de sedimentos ha sido espectacular. Habría sido una excelente ocasión para redefinir la ordenación del territorio en las proximidades del río, respetando los nuevos límites de éste, que coinciden con los que tenía antes del constreñimiento al que ha sido sometido por el desarrollo turístico. Como en el caso anterior, la actuación solo sirve para destruir el sistema fluvial natural y consolidar el riesgo.



Fotografía tomada tras las actuaciones post-crecida en Castiello de Jaca (Huesca). Foto: José Luis Benito.



Actuación post-crecida en la entrada de Benasque. Foto: Alfredo Ollero.



Comparativa aguas abajo de Benasque entre la situación natural inmediatamente posterior a la crecida (arriba) y tras las actuaciones llevadas a cabo 4 meses después del evento (abajo). Fotos: Daniel Mora.



Actuación post-crecida en Hospital de Benasque destruyendo el cauce. Foto: Daniel Mora.

II. CAUDALES GEOMÓRFICOS

La restauración hidrológica debería ser el primer paso en cualquier proceso de recuperación de un río degradado, ya que el caudal es la primera variable clave en el funcionamiento del sistema fluvial. Los caudales hídricos más importantes en el río son los denominados caudales geomórficos, dominantes o formadores, es decir, los caudales que van construyendo y diseñando el cauce. Generalmente se trata de los caudales de crecidas ordinarias, crecidas con alta energía dentro del propio cauce. Conservar o recuperar estos caudales es fundamental para el funcionamiento geomorfológico y ecológico del sistema fluvial, de tal manera que un río, barranco, torrente o rambla que disponga de caudales geomórficos con una frecuencia adecuada, de entre 0,5 y 3 veces al año, podrá movilizar sedimentos, activar y regular procesos de erosión y transporte y renovar hábitats y poblaciones, permitiendo todas las interacciones entre los elementos del sistema. Así, un río con caudales geomórficos es un río sano. Si estos caudales naturales se han perdido por actuaciones antrópicas como la regulación o las detracciones y derivaciones, una medida básica de restauración fluvial es recuperarlos o bien reproducirlos de la manera más próxima posible a la situación natural.

Tipo: Buena práctica para recuperar el funcionamiento hidrológico

Calificación: RESTAURACIÓN

Problemática que soluciona

La morfología y dimensiones del cauce son modeladas y ajustadas por sobrantes energéticos que la corriente ya no invierte en transportar. Ese caudal capaz de modelar el cauce es el caudal geomórfico, que además de transportar la máxima carga sólida, cuenta con la máxima capacidad de modificación de las márgenes. Básicamente se puede considerar que el caudal geomórfico más efectivo es el de cauce menor lleno (*bankfull* en la literatura internacional), sin disipación por desbordamiento, ya que es el proceso de máxima velocidad y energía de la corriente. Son las crecidas ordinarias, por tanto, las que presentan una alta eficacia geomorfológica, y los cauces ajustan su forma para poder conducirlos entre sus orillas.

Ahora bien, al modificarse el caudal cambia la potencia y competencia de la corriente y con ello se alteran los procesos de erosión, transporte y sedimentación, viéndose obligado el río a adaptar a la nueva situación la morfología y las dimensiones del cauce (fondo del lecho, márgenes, barras sedimentarias...) y de las riberas. En la mayor parte de los casos las modificaciones antrópicas generan reducción de caudales geomórficos, es decir, menor frecuencia de crecidas ordinarias, y con ello decremento de la dinámica, reducción de la actividad en las márgenes erosivas, reducción de la capacidad de movilización y transporte del caudal sólido y alteraciones en la granulometría de los materiales depositados y en su ubicación en el cauce o sus márgenes. En casos extremos los cursos fluviales se convierten en cauces fosilizados, incapaces de movilizar los sedimentos. La escasa corriente circulante, concentrada en el centro del canal, incidirá en el lecho mientras carece de capacidad para la dinámica lateral. El resultado será el descenso del freático y con ello la desaparición de la ribera, que queda colgada y expuesta a la colonización de



*Acorazamiento de bloques al pie de la presa de Paso Nuevo (río Ésera).
Foto: Daniel Mora.*

especies climáticas ajenas a la vegetación ripícola. Un ejemplo paradigmático es el del tramo del río Cinca al pie de la presa de El Grado y hasta la confluencia del río Ésera.

Los embalses reducen los caudales geomórficos aguas abajo. En consecuencia encontramos alteraciones geomorfológicas muy marcadas que se prolongan a lo largo de todo el sistema fluvial y se manifiestan de forma progresiva en el tiempo. Una de ellas es la fuerte incisión lineal en el primer tramo al pie de presa, acompañada de acorazamiento. Igualmente originan tendencias a la incisión lineal en largos sectores más abajo, por efecto de la merma de caudal hídrico y consiguientemente también sólido (“aguas limpias”), lo cual lleva también a un descenso del freático. Un resultado de la reducción del número y caudal punta de las crecidas aguas abajo de los embalses es el rápido desarrollo de una vegetación de ribera madura, en muchos ríos que no contarían con ella en condiciones naturales. Es madura pero se ve obligada a aproximarse progresivamente hasta asentarse en la misma orilla del cauce menor y en las islas y barras, debido al mencionado descenso del freático. Todos estos procesos suelen llevar a cambios de estilo geomorfológico fluvial, siendo clara la tendencia a la simplificación del cauce, que en zonas de piedemonte pasa de trezado a cauce único con cierto encajamiento y sinuosidad, tal como ha ocurrido en la mayoría de los cursos alpinos, pirenaicos e ibéricos. Estos cambios promueven la entrada de especies exóticas.



Proliferación de algas en el cauce del Ebro (Luceni, Zaragoza) en el verano de 2012 como consecuencia de la ausencia de caudales geomórficos en el invierno anterior. Foto: Ismael Sanz.

La reducción de caudales geomórficos provoca también la proliferación de algas y macrófitos en el río, lo cual constituye un problema grave que igualmente beneficia a especies invasoras, impide el transporte de sedimentos y puede generar numerosos problemas indirectos.

Aspectos técnicos

En ríos regulados es necesario exigir caudales generadores o geomórficos para restaurar las alteraciones geomorfológicas de cauces. Es una medida imprescindible. Fundamentalmente hay que contar con crecidas suficientes, tanto en frecuencia como en volumen. La forma técnica de hacerlo es desembalsar, y debería realizarse con las mismas pautas aproximadas que una crecida natural, tratando de reproducir fielmente su hidrograma. El volumen de agua, la velocidad de desembalse y el momento temporal deben ser programados.

Para generar una crecida geomórfica hay que calcular volumen y velocidad de manera que se forme una avenida que ocupe exactamente las dimensiones del cauce, para que discurra por él con la energía adecuada. Y prolongar esta situación a lo largo de varias horas o unos pocos días, en función de las características de las crecidas naturales del sistema fluvial. La frecuencia de estas crecidas programadas debería ser de al menos una al año, lo cual equivale aproximadamente a la crecida natural en la



Suelta de caudales en el embalse de Rialb (río Noguera Pallaresa, Lleida). Foto: Francisco Esneio

mayoría de los ríos. En todo caso la frecuencia será esa o aún mayor, para acelerar la recuperación. El momento del año deberá coincidir con el que corresponda a la estacionalidad típica de las crecidas de ese río.

Resultados

Para lograr la restauración fluvial en ríos regulados es imprescindible esta buena práctica. Con caudales geomórficos naturales o similares a los naturales es posible recuperar el funcionamiento hidrogeomorfológico en todas sus dimensiones y procesos. La eficacia de esta buena práctica es máxima y los efectos positivos se manifiestan con rapidez, salvo que el cauce estuviera muy deteriorado y los procesos de incisión fueran relevantes aguas abajo, en cuyo caso esta medida debe ser acompañada de otras que repongan sedimentos en el sistema.



Crecida en caudal geomórfico en el congosto de las Devotas (río Cinca). Foto: Alfredo Ollero

Ejemplos

La ejecución real de esta buena práctica es muy difícil, a causa de los múltiples usos del agua de los ríos con embalses, hipoteca que impide reproducir las necesarias crecidas geomórficas. En ocasiones, y con otros fines, se han realizado desembalses, originándose crecidas con cierta capacidad regeneradora. En el Bajo Ebro se estudian los efectos de los embalses y los beneficios que aportan los desembalses periódicos tanto en la geomorfología fluvial como contra las especies invasoras. En este y otros casos posibles se plantea el elevado coste económico de esta medida en relación al aprovechamiento hidroeléctrico. Esta es la razón de su escasa puesta en práctica.

12. CAUDALES FUNCIONALES Y RECONEXIÓN HIDROLÓGICA

Mientras en ríos regulados es imprescindible recuperar caudales geomórficos que mantengan vivo el sistema fluvial, en cursos con importantes detracciones y derivaciones de caudal es necesario recuperar y naturalizar todo lo posible la cantidad y el régimen de caudales, para lograr unos caudales funcionales que permitan la supervivencia de los ecosistemas fluviales. Estos caudales pueden lograrse gestionando los embalses o bien reconectando desde canales y derivaciones. Esta reconexión supone aportar caudales hídricos al cauce fluvial, estableciendo al menos unos caudales mínimos que reproduzcan estacionalmente las variaciones naturales. Estas prácticas por sí solas no sirven para restaurar el curso fluvial, que también necesita caudales más elevados y crecidas geomórficas, pero puede considerarse una buena práctica de rehabilitación, mejorando el funcionamiento ecológico.

Tipo: Buena práctica para recuperar el funcionamiento hidrológico

Calificación: REHABILITACIÓN

Problemática que soluciona

El régimen de caudales determina en gran medida la estructura y el funcionamiento espacio-temporal del sistema fluvial. Un curso fluvial con el funcionamiento hidrológico alterado presenta siempre graves síntomas de enfermedad: alteraciones en los procesos geomorfológicos, pérdida de hábitats y notables perturbaciones en las poblaciones de seres vivos.

La intensa regulación de los ríos con diferentes fines constituye su principal causa de degradación ambiental, puesto que se modifica por completo el régimen natural de caudales, la frecuencia de crecidas y estiajes, y su sincronización con el régimen climático y con las necesidades de las comunidades biológicas. La alteración del régimen de caudales, manifestada en volúmenes, frecuencia, estacionalidad y duración de las fluctuaciones, se considera la mayor amenaza para la sostenibilidad ecológica de los ríos y sus humedales asociados. Estas modificaciones hidrológicas son causadas por embalses, derivaciones, vertidos, detracciones, retornos, trasvases, cambios de usos del suelo y procesos de urbanización de la cuenca, incendios, plantaciones, etc.

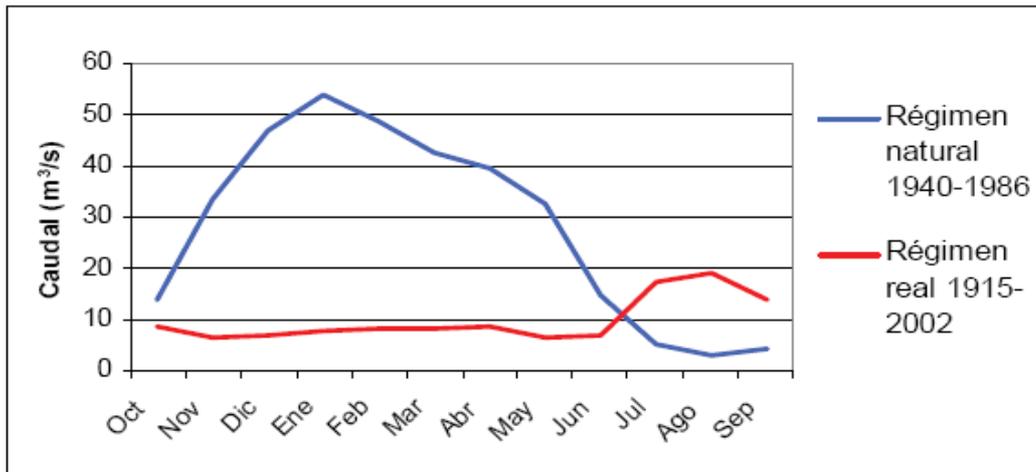
Los embalses reducen caudales por derivaciones y por incremento de la evaporación desde su vaso, modifican el régimen hidrológico aguas abajo regularizándolo (laminan las aguas altas y reducen también los estiajes), reducen el número de crecidas alteran el régimen térmico, expulsando aguas frías en verano y más cálidas en invierno. Otra problemática muy extendida es la producida por los cortocircuitos hidroeléctricos en los que quedan prácticamente en seco tramos fluviales, con efectos geomorfológicos y ecológicos brutales.

Las especies autóctonas están adaptadas a las peculiaridades de los regímenes naturales de cada lugar. Sólo las especies más oportunistas pueden prevalecer y completar sus ciclos biológicos bajo los regímenes fuertemente alterados, con lo que se favorece la entrada de invasoras. Los regímenes de caudales alterados por la producción de energía hidroeléctrica tienen unos efectos aún más negativos, ya que generan cambios bruscos de nivel aguas abajo de las turbinas, generalmente con puntas diurnas, mientras que por las noches y en los fines de semana los caudales circulantes son



Derivación de caudal por canal (izquierda) y cauce natural prácticamente seco al pie del embalse de Yesa (río Aragón, Navarra). Foto: Askoa Ibisate

mínimos. Las comunidades de macroinvertebrados bentónicos y de las plantas acuáticas son por lo general las más afectadas.



Comparación del régimen natural y el régimen real del río Ebro en Arroyo, aguas abajo del embalse del Ebro (datos obtenidos de la serie mensual de aportaciones simuladas según el modelo Sacramento para el Estudio de Recursos de la Cuenca del Ebro y de la estación de aforos 9026). Estrategia Nacional de Restauración de Ríos. Mesa de trabajo sobre Alteraciones de regímenes de caudales de los ríos.

Aspectos técnicos

Los informes de Impactos y Presiones Ambientales (IMPRESS) que exige la Directiva Marco del Agua deben recoger y diagnosticar todas las alteraciones hidrológicas. La máxima interacción entre la hidrología y el estado ambiental global del río ha dado lugar a numerosos intentos científico-técnicos de determinación de los caudales que un sistema fluvial requiere para mantener sus procesos esenciales. Así se han diseñado numerosos métodos de cálculo de caudales mínimos, ecológicos, ambientales o funcionales, pero ninguno de estos métodos ha permitido asegurar la conservación de valores ambientales. La complejidad y variabilidad propia de los sistemas fluviales hace muy difícil establecer un método que sirva ante cualquier situación y escenario de regulación hidrológica. Por esta razón, y a pesar de los avances efectuados en esta materia, la rehabilitación hidrológica es aún un aspecto de la restauración fluvial insuficientemente desarrollado.

El régimen hidrológico de un río es la integración de un amplio y variado número de eventos hidrológicos (caudales bajos invernales, caudales de estiaje, caudales altos, caudales de crecida...), cuya ocurrencia viene determinada por las características hidrometeorológicas, físicas y ambientales de la cuenca. La complejidad del régimen hidrológico es máxima en entornos mediterráneos, donde la variabilidad inter e intraanual de los caudales puede alcanzar valores muy elevados. Debido a esta complejidad, la primera recomendación para la rehabilitación hidrológica del río es el estudio del comportamiento del régimen (natural o de referencia y regulado), distinguiendo al menos en dicho régimen caudales de años húmedos, normales y secos, más dos tipos de caudales a escala intraanual, los asociados a los valores mensuales y diarios. A partir de este análisis de la variabilidad hidrológica del río será posible caracterizar su dinámica hidrológica y reconocer las pautas que mejor definen la distribución típica de caudales en cada tipo de año y en cada escala de registro. Existen aplicaciones informáticas libres que permiten realizar este primer análisis de una manera sencilla y estructurada, como por ejemplo los software IHA, ELOHA e IAHRIS.

Mientras los caudales geomórficos, tratados en otra buena práctica, son clave para recuperar la geomorfología fluvial, los caudales funcionales beneficiarán especialmente a grupos biológicos: peces, invertebrados, vegetación de ribera, ornitofauna riparia, etc. En el caso de los peces e invertebrados, el estado de sus comunidades depende directamente de unos caudales mínimos con

variación temporal, en especial durante sus ciclos biológicos esenciales, así como de unos caudales máximos para reducir la colonización de sus hábitats por parte de especies invasoras. También es importante el mantenimiento de unas máximas tasas de cambio, para evitar el estrés hídrico sobre las poblaciones, y de unos caudales de llamada en épocas biológicamente críticas que hagan posible migraciones, maduración e interacciones. Para la vegetación de ribera los episodios hidrológicos clave, además de los geomórficos, tienen que ver con los caudales que conectan el cauce con el corredor ribereño y con los que hacen posible la dispersión hídrica de sus semillas y la viabilidad de su regenerado en sus primeras semanas de vida.

Técnicamente, se recomienda diagnosticar las alteraciones hidrológicas que sufre el sistema fluvial mediante el programa IAHRIS de la Universidad Politécnica de Madrid (http://www.ecogesfor.org/IAHRIS_es.html) para a continuación diseñar una propuesta de caudales funcionales que habrá de cumplirse. Tras el reconocimiento de la magnitud, frecuencia, duración, estacionalidad y tasa de cambio de los eventos hidrológicos más importantes para el sistema, es precisa su integración en el diseño de un régimen de caudales funcionales. Este régimen debe mantener una cierta compatibilidad con el aprovechamiento hídrico del río, y ser además viable desde el punto de vista de la gestión hidrológica. La rehabilitación del régimen hidrológico debe plantearse preferentemente por tipo de año hidrológico (húmedo, normal, seco). Adicionalmente, la consecución de los objetivos ambientales depende del mantenimiento de dichos caudales en un porcentaje significativo de las situaciones, de manera que no se acumule un estrés hídrico notable en el sistema fluvial, y que se genere una adecuada resiliencia ante situaciones hidrológicas cambiantes. Esto no quiere decir que los valores calculados no puedan verse modificados en determinadas situaciones naturales o ligadas a la gestión fluvial, en las que resulte inviable la ocurrencia de los caudales determinados de cara a la restauración del río.

El análisis detallado del comportamiento histórico de la hidrología y de las necesidades hídricas de los ecosistemas permitirá, en la mayor parte de las situaciones, realizar una rehabilitación hidrológica compatible con el aprovechamiento parcial de las aguas del río con fines humanos. En este sentido, contar con una figura de gestión por concertación social del tipo contrato de río sería fundamental para lograr, a partir del acuerdo consensuado entre todos los agentes y usuarios del agua, uso caudales que permitan la supervivencia y el buen funcionamiento ecológico del sistema fluvial. A partir de la participación y del logro de acuerdos legales se podrán integrar soluciones, que requerirán validación y seguimiento de su cumplimiento.



*Suelta de caudales en el embalse de Rialb (río Noguera Pallaresa, Lleida).
Foto: Francisco Espejo*

Resultados

La restauración fluvial difícilmente puede tener éxito si en ella no se incluye una restauración hidrológica efectiva. Si se consigue recuperar en el sistema fluvial determinados eventos hidrológicos críticos asociados a su patrón natural o de referencia y vinculados a su integridad geomorfológica y ecológica durante un porcentaje significativo del tiempo, se habrá conseguido el objetivo. Así, con el restablecimiento de un régimen de caudales funcionales se puede detener o revertir el empobrecimiento ecológico progresivo de un río que se enfrente, de manera continuada, a situaciones de estrés hídrico acusado. Se puede recuperar la heterogeneidad geomorfológica en el río, optimizar la biodiversidad fluvial y consolidar las funciones ambientales que presta el sistema.



Curso medio del río Cinca, de alta calidad geomorfológica y ecológica pero con alteraciones hidrológicas que lo ponen en peligro y reclaman la urgente gestión de caudales funcionales. Foto: Alejandro Serrano.

Ejemplos

Los múltiples usos del agua a los que están sometidos los ríos regulados y/o con derivaciones y detracciones hacen muy difícil la puesta en práctica de estas medidas de rehabilitación hidrológica. Los caudales ambientales o funcionales son objeto de arduos debates y discusiones en el marco de la planificación hidrológica. No es posible encontrar un ejemplo reconocido que haya logrado una auténtica rehabilitación y puede concluirse que la situación actual en España para esta buena práctica es todavía precaria. En la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos ya se constató que es preciso actuar de forma urgente, teniendo en cuenta los numerosos conflictos y sumando los problemas derivados del cambio climático.

13. APORTACIÓN DE SEDIMENTOS

Caudal y sedimentos son las variables clave en el funcionamiento del sistema fluvial, incluso en los ríos en roca donde la cantidad de sedimentos en el cauce es mucho menor. La presencia de sedimentos en la red fluvial y la construcción de los cauces en sus propios aluviones son aspectos connaturales del río. Los sedimentos son también el río, no solo algo que se transporta. Por ello en los programas de restauración fluvial hay que preocuparse por los sedimentos tanto como por el caudal hídrico. Los tramos fluviales que presenten déficits sedimentarios como consecuencia de alguna acción humana sufrirán efectos secundarios, como significativamente la incisión de su lecho, y para mejorar su funcionamiento necesitarán un aporte de sedimentos. En muchos ríos europeos, y especialmente en los que descienden de los Alpes, se han aportado sedimentos extra a los cauces para paliar los problemas de incisión, por déficits derivados de las presas y la regulación. Sin embargo, en nuestro país existe un marcado desprecio social por los sedimentos a la vista en los ríos, se consideran “suciedad” y se les culpa de las inundaciones. Esta percepción errónea tiene graves consecuencias. Otro elemento despreciado, los residuos vegetales, se integran con los sedimentos y cuentan también con un valor esencial en el funcionamiento de muchos ríos.

Tipo: Buena práctica para recuperar caudales sólidos.

Calificación: REHABILITACIÓN

Problemática que soluciona

En muchos ríos hay marcados déficit sedimentarios derivados de la presencia de presas aguas arriba o en los afluentes, o bien de la presencia de obstáculos laterales (vías de comunicación, por ejemplo) que desconectan el sistema fluvial de las vertientes e impiden los aportes sólidos desde éstas. También los obstáculos locales en el propio cauce (azudes, vados, puentes...) originan dificultades en la movilización del flujo sedimentario. La retención de sedimentos en los embalses presenta consecuencias muy negativas aguas abajo, tanto en el propio río como en deltas y playas. En muchas regiones el éxodo rural en las áreas de montaña ha llevado a la recuperación del bosque y a la regularización de laderas, que emiten muchos menos sedimentos que en el pasado. En cursos bajos las defensas y canalizaciones impiden que el río erosione sus propias terrazas, desconectándose las márgenes respecto del fondo del cauce.

Las presas de retención de sedimentos que abundan en muchas áreas montañosas desde los intensos trabajos de ordenación forestal llevados a cabo a mediados del siglo XX generan en los cursos fluviales impactos geomorfológicos similares a los de los embalses, aunque más locales, ya que alteran el volumen y el transporte de sedimentos pero no la hidrología. Los efectos principales aguas abajo son incisión e inestabilización de las orillas. Cada presa supone una ruptura de pendiente con efectos de cavitación en el proceso de crecida. Además provocan déficits sedimentarios, ya que retienen importantes cantidades que, en caso de colapso de la presa, incrementarán la crecida, como ocurrió en el barranco de Arás en agosto de 1996.

Los dragados y extracciones en determinados ríos en momentos de máxima actividad por construcción de infraestructuras próximas generan igualmente déficits de sedimentos locales pero intensos que provocan incisión y erosión remontante y que el río se verá obligado a ajustar.

El déficit en los flujos sedimentarios origina cambios en las morfologías fluviales 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 de meandro. Así, las barras de sedimentos no son ya movilizadas,



Incisión, aflorando el sustrato, provocada por extracciones periódicas en el cauce del río Belaqua (Isaba, Navarra). Este tramo necesitaría una aportación de sedimentos. Foto: Askoa Ibisate.

mientras la vegetación que las coloniza conduce el flujo contra las márgenes cóncavas incrementando su erosión.

En suma, los tramos con déficit sedimentario presentan importantes problemas, a los que el río se va ajustando en busca de soluciones compensatorias, que a su vez provocan una concatenación de efectos laterales y aguas abajo. Estos problemas y estos ajustes generados por los déficits sedimentarios son progresivos en el tiempo e irreversibles. Solo con una nueva aportación de sedimentos se pueden frenar.

Aspectos técnicos

El aporte de sedimentos es problemático principalmente por el origen de los mismos y el coste del transporte. Una vez vertidos al río éste será el encargado del trabajo final de distribuirlos y de reordenar y reajustar todas sus morfologías y procesos.

El origen de los sedimentos a aportar debe ser fluvial y el tamaño medio, grados de aplanamiento y rodamiento y litología del material aportado deben ser acordes con las de los sedimentos del tramo en el que se van a introducir. Por tanto, la mejor opción es aportar los sedimentos desde el mismo río en un punto próximo, por ejemplo sedimentos retenidos por una presa del propio río o, en su defecto, extraídos de alguna cantera en terraza fluvial elevada o bien acumulados en la zona de inundación por causa de algún obstáculo antrópico.

Los sedimentos retenidos en embalses pueden ser útiles, pero pueden presentar problemas de contaminación que repercutirán en el punto de destino. Si es así deberán ser descartados o bien lavados y descontaminados.

En la manipulación, transporte y vertido pueden surgir problemas técnicos y es necesario el máximo cuidado para no dañar morfologías fluviales. Especialmente el vertido final debe repartirse en varios puntos y removerse distribuyendo muy bien el material aportado, evitando acumulaciones excesivas e imitando a las morfologías fluviales. Se realizarán estas labores en aguas bajas, y en las siguientes aguas altas ya tendrá el río capacidad para movilizar y clasificar los nuevos aportes, integrándolos con sus propios aluviones.



Numerosos ríos de montaña italianos presentan notables problemas de incisión por déficit sedimentario y requieren acciones de aportación de sólidos. Torrente Cervo en Piedicavallo. Foto: Twice25 (Wikimedia commons).

Esta medida de aportar sedimentos a los ríos puede compensar los problemas de la colmatación de presas y aterramiento de embalses, por lo que podría establecerse un sistema de gestión conjunta que sería muy útil y positivo. Ante la inviabilidad técnica de instalar pasos para sedimentos en todos los obstáculos transversales, el transporte tiene que hacerse por medios externos.



*Incisión por déficit sedimentario en el curso bajo del Gállego (Zaragoza).
Foto: Alfredo Ollero.*

Resultados

A nivel local se alcanzan resultados muy positivos en poco tiempo, si son aportes suficientes, capaces de paliar el déficit, permitiendo con pocas crecidas dinamizadoras que el río reajuste procesos y formas. A nivel de tramos largos y ríos enteros con esta problemática es muy difícil alcanzar resultados satisfactorios globales. Se necesitará mucho más tiempo y nuevos aportes periódicos. En cualquier caso, sea de forma parcial o total, el río siempre mejora con esta buena práctica en todos sus parámetros físicos y biológicos y en su calidad ambiental.

Ejemplos

En España no hay casos aplicados, aunque sí preocupación por el déficit sedimentario en muchos ríos y especialmente en el Delta del Ebro, por su problemática especial aguas debajo de grandes embalses que retienen desde hace cuatro décadas en torno al 90% de los sedimentos que deberían llegarle. La supervivencia de cualquier delta en su equilibrio con la dinámica litoral marina está totalmente determinada por los aportes desde el río.

Entre los numerosos ejemplos de ríos europeos que han recibido de forma puntual o periódica aportes de sedimentos se citan a continuación dos de proyectos muy conocidos. El río Kander en Suiza ha recibido aportes extra que han paliado problemas de incisión y han permitido recuperar un cauce trenzado equivalente al anterior que había sido deteriorado por efecto de los embalses aguas arriba. El río Isar en la misma ciudad de Munich ha visto parcialmente reconstruido su antiguo cauce de gravas gracias a los aportes sedimentarios en una de las actuaciones de restauración más valoradas de Europa. Las nuevas superficies de grava se han convertido en playas fluviales de uso público compatible con la recuperación de los ecosistemas.

En los ríos alpinos, por tanto, se está tratando de solucionar esta problemática del déficit sedimentario, derivado de sus múltiples daños a raíz de los abundantes embalses y derivaciones con

que cuentan. En los ríos pirenaicos la problemática es similar, pero todavía no se han aportado sedimentos como solución.



Río Kander en el tramo rehabilitado en Augand (Suiza). Foto: Google Earth



Río Isar en Munich. Foto FrauHau (flickr)

14. RECONEXIÓN DE CAUCES

Muchas canalizaciones han generado cursos rectilíneos, quedando cortadas las sinuosidades y meandros del cauce natural. Esta buena práctica de restauración consiste en recuperar como cauce menor activo el viejo curso fluvial cortado, manteniendo o no la canalización. El río vuelve a funcionar, por tanto, por su cauce original y natural, recuperando todos sus procesos geomorfológicos y ecológicos. Algunos de los más conocidos proyectos de restauración corresponden a esta buena práctica. La recuperación no está exenta de dificultades cuando hay otras presiones antrópicas o cuando por efecto de la canalización ha habido una dinámica vertical, ya que el curso canalizado habrá tendido a incidir y el viejo curso natural a colmatarse.

Tipo: Buena práctica para recuperar procesos y formas fluviales.

Calificación: RESTAURACIÓN

Problemática que soluciona

En las últimas décadas se han aplicado en muchos ríos alteraciones de la geomorfología del trazado en planta. Pueden ser actuaciones drásticas, como desvíos, cortas de meandro, canalizaciones rectilíneas, relleno de cauces abandonados y simplificación de brazos, o más modestas, como retranqueo de márgenes o pequeñas rectificaciones. En algunos casos pueden ser cambios antiguos que el sistema fluvial ha sido capaz de renaturalizar por sí mismo parcialmente. La pérdida de naturalidad en el trazado de un cauce es una pérdida de patrimonio natural y de geodiversidad, poniéndose en peligro la dinámica fluvial y el buen estado ecológico.

Al alterar la forma del cauce con una actuación de ingeniería se modifican todos los procesos geomorfológicos en el tramo afectado y también aguas abajo. Generalmente se tiende a reducir la complejidad natural del trazado, transformando el cauce en un canal de desagüe. Ello implica incremento de la pendiente y de los procesos de incisión lineal en el fondo del lecho. Los sedimentos se evacúan con mayor facilidad aguas abajo por el centro del canal, pero pueden quedar colgados depósitos laterales. Pueden registrarse cambios importantes en la ubicación de la sucesión de resaltes y pozas. Si con estas canalizaciones se cortan meandros, éstos quedarán generalmente desconectados del nuevo cauce, registrándose también cambios notables en los procesos de inundación.



En suma, el río que ha quedado modificado artificialmente en su forma en planta sufre un deterioro geomorfológico máximo y su única recuperación pasa por retomar activamente su cauce natural abandonando el artificial.

Cauce del río Arga canalizado entre Peralta y Funes (Navarra) dibujando una amplia curva. A ambos lados quedan desconectados los meandros del antiguo cauce natural, en la actualidad colgados entre 2 y 4 metros por encima del cauce canalizado a causa de la incisión en éste. Foto: Google Earth.

Aspectos técnicos

La reconexión se realiza mediante movimiento del sedimento en los dos puntos de contacto, inicial y final del tramo, del curso antiguo con el canal. Removiendo los propios materiales del río con maquinaria se abre el cauce natural y se tapona el canal en ambos casos. La corriente será derivada por el antiguo curso. Es posible que sea necesario al principio colocar una traviesa o estructura de desvío en los puntos de entrada y salida para ayudar al río en sus trabajos iniciales. También es posible que en el viejo cauce sea necesario eliminar algunos obstáculos antrópicos o naturales ayudando con maquinaria a trazar el cauce. Ya en el momento en que el caudal circula sin problemas y comienza su trabajo geomorfológico se deben retirar todos los elementos de ayuda introducidos.

Otra modalidad de esta buena práctica se plantea cuando es imposible la reconexión porque los lechos del canal artificial y del viejo cauce natural han quedado a diferente altura. Es muy frecuente, ya que el canal artificial, siempre más recto y de mayor pendiente, habrá asistido a un proceso continuo de incisión y de erosión remontante, mientras el antiguo cauce natural se habrá colmatado por sedimentos finos de las crecidas y por crecimiento vegetal al no circular la corriente por él. En estos casos la conexión requiere o excavar el viejo cauce o rellenar el canal, siendo la situación más grave en el punto de salida, donde en algunos ejemplos pueden superarse los 4 m de diferencia en altura entre el canal y el cauce natural. De acuerdo con los principios de la restauración fluvial habrá que elevar el cauce del río aguas arriba y aguas abajo de la canalización con aporte de sedimentos del propio río. Los finos se podrían extraer del propio viejo cauce colmatado, pero los gruesos, que son los que van a consolidar la elevación del canal, habrá que traerlos de cantera o de obstáculos antrópicos de retención en otros tramos del río.

También hay que plantearse qué hacer con el tramo canalizado una vez cumplida la reconexión. Lo ideal es eliminar sus estructuras (diques con escollera, por ejemplo) y rellenarlo (gruesos debajo y capa de finos arriba) para que quede integrado en la llanura de inundación, a ser posible sin ninguna huella de su antigua presencia.

En ocasiones no hay voluntad de eliminar la canalización, que se deja como cauce principal, quedando el viejo cauce recuperado con cauce secundario en aguas altas y crecidas. En este caso no se ha procedido a la restauración fluvial, sino a una simple mejora. En estos casos es importante ayudar a la rehabilitación de los meandros cortados.



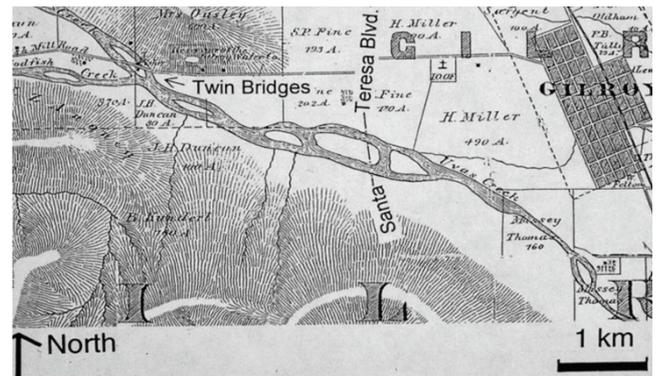
Canalización y restos del cauce sinuoso antiguo del río Sequillo en Belver de los Montes (Zamora) en marzo de 2010, antes de la actuación. Foto: Google Earth.



Cauce reconectado del río Sequillo en Belver de los Montes en junio de 2011. Foto: Alfredo Ollero.

Encontramos en muchos ríos de llanura meandros abandonados (por corta natural o artificial en el pasado) bastante alejados del cauce activo actual, aunque reconectados generalmente en crecida, por ejemplo los galachos en el Ebro aragonés. En su gestión suele plantearse el debate de mantenerlos el mayor tiempo posible con lámina de agua mediante actuaciones como la quema de helófitas o el cierre para que no lleguen sedimentos colmatantes, o bien dejarlos libres a su evolución natural, en cuyo caso no sobrevivirán como tales más allá de un siglo, aproximadamente. De acuerdo con los principios de restauración hay que optar por lo segundo. Lo ideal sería que el cauce principal se encuentre en buen estado geomorfológico y tenga capacidad para cortar meandros de forma natural y seguir generando así meandros abandonados.

Por último, algunas restauraciones de canalizaciones de hace dos o tres décadas, especialmente en países anglosajones, se esforzaron por reconstruir cauces con meandros regulares, con fines estéticos y de reducir la pendiente, lo cual no correspondía con las características naturales del río. El resultado fue muy artificial o bien fue destruido rápidamente por el río en sus primeras crecidas. Una máxima de la restauración fluvial es no diseñar meandros donde nunca los hubo.



Mala restauración en el río Uvas Creek en Gilroy (California) en 1996. Se generaron meandros regulares (arriba) en un cauce que era trezado, de acuerdo con el mapa de 1876 (abajo). En la primera crecida del río, solo 3 meses después de la actuación, destruyó los meandros y generó un nuevo cauce trezado (centro). Fotos: Matt Kondolf.



Resultados

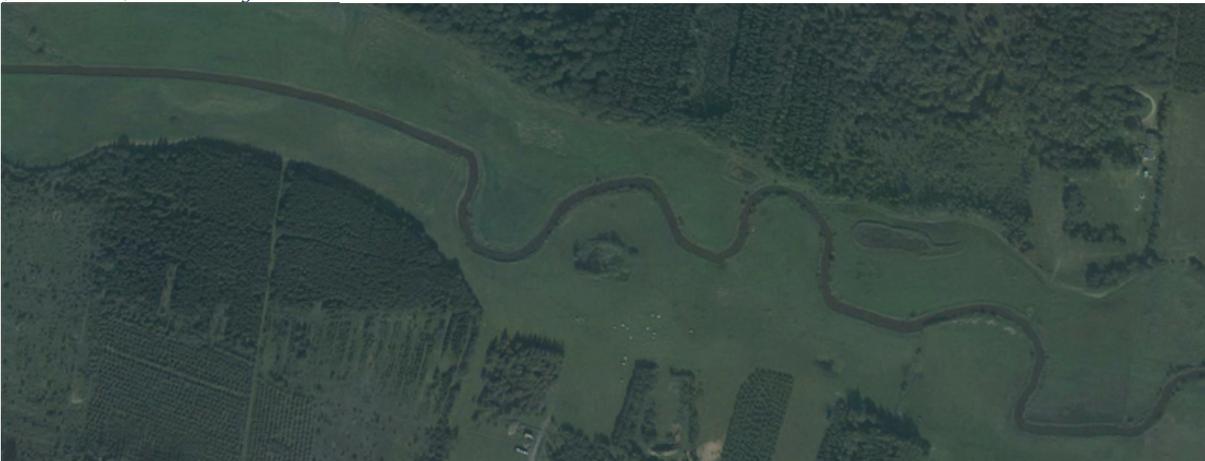
En las reconexiones completas y bien ejecutadas son siempre satisfactorios y muy rápidos, consiguiendo el río cotas de naturalidad muy elevadas. En los casos en los que se deja activo el cauce canalizado pueden surgir nuevos problemas, será difícil que el río se recupere y no podrá alcanzar la resiliencia adecuada, por lo que habrá que seguir trabajando y sensibilizando para lograr una solución definitiva.

Ejemplos

Las primeras restauraciones fluviales europeas (años 90) responden a esta buena práctica, como por ejemplo los ríos Skjern y Brede en Dinamarca y los ríos Cole y Skerne en Inglaterra. En España destacan las actuaciones de reconexión llevadas a cabo en la cuenca del Duero, como las de los ríos Castrón, Salado y Sequillo.



Restauración mediante reconexión de los antiguos meandros eliminando canalización rectilínea en el curso bajo del río Skjern (Dinamarca). Foto: Google Earth.



Tramos sin restaurar (izquierda) y restaurado (derecha) en el río Brede, al sur de Dinamarca. Foto: Google Earth.



Río Skerne (Darlington, Inglaterra). Se han reconstruido los antiguos meandros con forma muy regular. Foto: Google Earth.

15. RECUPERACIÓN DE ÁREAS AFECTADAS POR EXTRACCIONES

Podemos encontrar áreas afectadas por extracciones y dragados tanto en el cauce activo del río como en la llanura de inundación. En el primer caso el río tiene una alta capacidad para recuperarse solo con el tiempo si tiene suficientes sedimentos aguas arriba y capacidad para movilizarlos. En caso contrario habrá que realizar aportes extra de sedimentos. En el caso de los huecos generados en la llanura de inundación, también podrían ser rellenados, pero parece una buena práctica más útil dejarlos como huecos y reacondicionarlos para darles mayor naturalidad. Al quedar como huecos abiertos tienen mayor capacidad reguladora de crecidas y además se les puede dar usos recreativos y educativos. En este caso, esta actividad puede calificarse solo de mejora.

Tipo: Buena práctica para recuperar procesos y formas fluviales.

Calificación: MEJORA

Problemática que soluciona

Las extracciones de gravas y arenas en las llanuras de inundación son una práctica de minería a cielo abierto muy extendida que origina déficit de sedimentos, daños en la geomorfología y transformaciones en el relieve irreversibles, resultando depresiones que alteran el paisaje y provocan riesgos de contaminación del acuífero. Genera huecos extractivos en ocasiones de grandes dimensiones y notable profundidad, con fuertes pendientes, a veces verticales, en su contorno. El uso de las gravas del río como fuente de materiales para la construcción ha sido tradicional, llegando a su máxima expresión en los años setenta y ochenta. Las orillas convexas de muchos meandros, por ejemplo en el río Ebro, vieron alterados sus depósitos sedimentarios por intensas labores de extracción. Las extracciones abusivas son numerosas, siendo frecuente que se extraigan mayores volúmenes que los concedidos y que luego no se realice la labor restauradora, o que ésta sea muy precaria. Otro problema habitual es la existencia de extracciones furtivas, sin permiso.

Las extracciones se realizan en ocasiones directamente en el cauce activo del río, por ejemplo para la construcción de un puente. Los daños en este caso son aún más graves, al destruirse por completo la geomorfología de lecho, orillas y barras sedimentarias. Ahora bien, si el río transporta sedimentos, las posibilidades de autorrecuperación son altas.

En la misma línea, el dragado para diferentes fines supone la excavación en el propio lecho fluvial o en depósitos de grava laterales, a veces recortando superficies para suavizar curvaturas, así como la eliminación de islas en el cauce. Muchas veces la construcción de defensas laterales va acompañada del dragado en el cauce. Modifican totalmente las condiciones geomorfológicas, la fauna es dañada gravemente y van unidos a la destrucción de masas de vegetación a veces extensas. Si esto se realiza con el fin de lograr mayor capacidad de desagüe debe considerarse siempre una medida temporal, ya



Acumulaciones de sedimentos extraídos del río Ésera en Graus (Huesca). Foto: Alfredo Ollero

que es normal que se llenen de nuevo de acarreos con rapidez las zonas dragadas, en la primera crecida o incluso con aguas altas. Por ejemplo, los dragados que se han realizado para la circulación de barcos en el Ebro en Zaragoza han tenido que repetirse anualmente porque el río rellenaba

siempre el canal practicado. En ríos de cierta anchura el dragado se realiza desde el agua, con medios mecánicos (retroexcavadoras, excavadoras bivalvas y excavadoras de cadena de cangilones) o con bombas de succión hidráulica.

Si las extracciones o los dragados profundizan mucho en el cauce y se generalizan a lo largo de tramos prolongados, generan un daño enorme y provocan acentuados procesos de incisión y erosión remontante. Son frecuentes en estos casos los problemas de estabilidad en puentes y azudes y en muchos ríos se siguen registrando efectos geomorfológicos décadas después de concluir la actividad.

Otra consecuencia de dragados y extracciones profundos o generalizados en el cauce es que la llanura de inundación quede colgada muy por encima del lecho fluvial, perdiendo así su función laminadora de crecidas y matorralizándose por quedar desconectada del freático.



*Dragado del río Ebro en Zaragoza en 2007.
Foto: Alfredo Ollero.*



Extracciones furtivas en el río Cinca aguas abajo de Monzón (Huesca). Foto: Alejandro Serrano.

Aspectos técnicos

En los huecos de extracción en llanura de inundación las actuaciones de mejora pueden incluir el suavizado de las pendientes que bordean la laguna y su revegetación para ayudar a recomponer orlas de ribera. También puede plantearse la repoblación piscícola con especies autóctonas. En momentos de crecida estos huecos inundados elevarán su nivel y asistirán a la llegada de sedimentos finos, nutrientes, materia orgánica, peces y microorganismos, por lo que poco a poco pueden ir naturalizándose sin necesidad de actuar.

En el caso de los dragados y extracciones en el propio cauce la única técnica aplicable es la aportación de sedimentos externos, procedentes de otro tramo de río o del vaso de presas (extrayéndolos en ese caso con mucho cuidado para no dañar la valiosa vegetación que se forma en las colcas de embalse), para paliar el déficit generado por la actividad y para favorecer los procesos y evitar la incisión. También puede optarse, en ríos en los que el déficit sedimentario no sea marcado, por una rehabilitación pasiva en la que el propio río reajuste progresivamente su lecho con los sedimentos que transporta en unas pocas crecidas.

Los dragados deberían prohibirse salvo casos muy excepcionales. Por ejemplo, podría dragarse selectivamente donde haya alguna acumulación excesiva de materiales sedimentarios a causa de algún obstáculo artificial (puentes, vados, azudes...). Incluso en esos casos hay que tratar de cumplir el principio de nunca dragar más de lo que el río pueda reponer. Y debe ser ejecutado con muchísimo cuidado, tratando de mantener la morfología del cauce o de reproducir cómo era antes del impacto que lo modificó.

Si un dragado fuera imprescindible, los materiales resultantes no deberían ser empleados en el refuerzo de las márgenes, como suele hacerse en muchos casos. El resultado del dragado no puede ser una superficie uniforme como la pista de aterrizaje de un aeropuerto (lo habitual en los dragados actuales), sino una superficie que reproduzca la sucesión de rápidos y remansos y la morfología de las barras de sedimentos propias del tipo de curso fluvial en el que se realice. Una gestión sostenible del material dragado implicaría mantenerlo dentro del propio sistema fluvial, permitiendo que el río lo movilice, favoreciendo que se acumule en zonas que estén sufriendo problemas de incisión, y no contribuyendo, por tanto, a generar un déficit sedimentario..



En el paso del Gállego por Biescas (Huesca) se realizan dragados periódicos. Foto: Alfredo Ollero.

Resultados

Con la adecuación y mejoras planteadas los resultados son positivos, pero es muy poco frecuente alcanzar una naturalización total del hueco extractivo, debido a las dificultades expuestas, en especial la fuerte pendiente de las orillas del hueco, que impide la colonización vegetal adecuada en orla. Con el tiempo, y si las crecidas son frecuentes e inundan los huecos, éstos se irán colmatando, rellenando de sedimentos

finos, pero el proceso es lento, mucho más que en cauces abandonados naturales.

Si la corrección del impacto extractivo tiene lugar en el mismo cauce activo la recuperación es mucho más eficaz y rápida.

Ejemplos

En Francia hay varios ejemplos de parques periurbanos que aprovechan áreas afectadas por extracciones de gravas en las llanuras de inundación. El más extenso es el de Miribel-Jonage, junto a la ciudad de Lyon, en la llanura del Ródano. Un ejemplo de dimensiones más reducidas y usos más restringidos es el de las lagunas extractivas que se encuentran junto al Galacho de Juslibol en Zaragoza.



Mapa de usos del Parque Miribel-Jonage en Lyon (Francia). Foto: Parc Miribel-Jonage



Numerosos huecos de extracción inundados con diferentes usos en el río Garona aguas abajo de Toulouse (Francia). Foto Google Earth.



Huecos de extracción entre el cauce activo del Ebro y el galacho de Juslibol (Zaragoza). Foto Google Earth.

16. ELIMINACIÓN DE ESPECIES INVASORAS

Numerosos impactos en los ríos facilitan la entrada de especies exóticas e invasoras, que a su vez generan graves problemas de salud en el ecosistema, tanto en el medio acuático como en las riberas. La eliminación de especies invasoras es una buena práctica consolidada, para la que los organismos competentes cuentan con protocolos reconocidos. Sin embargo, la mayoría de estas especies son muy difíciles de erradicar y es necesario trabajar de forma continuada en esta línea. El éxito en el control y lucha contra estas especies mejora el estado del río, pero no lo restaura. Y es importante que las medidas a aplicar que no dañen otros elementos del río.

Tipo: Buena práctica de rehabilitación de riberas.

Calificación: MEJORA

Problemática que soluciona

Existe una amplia y creciente variedad de especies alóctonas que han ido invadiendo nuestros ríos y riberas. Las más preocupantes en los últimos años son la caña (*Arundo donax*), el jacinto de agua o camalote (*Eichhornia crasipes*), el helecho de agua (*Azolla filiculoides*), el eucalipto rojo (*Eucalyptus camaeldulensis*), el polígono japonés (*Reynoutria japonica*), el cangrejo rojo americano (*Procambarus clarkii*), el mejillón cebra (*Dreissena polymorpha*), el caracol manzana (*Pomacea canaliculata*), la almeja asiática (*Corbicula fluminea*), el galápago de Florida (*Trachemys scripta*), insectos como la mosca negra (*Simuliidae*) o el mosquito tigre (*Aedes albopictus*), peces como la perca sol (*Lepomis gibbosus*), el lucio (*Esox lucius*) o el siluro (*Silurus glanis*) y mamíferos como el visón americano (*Mustela vison*), entre otras muchas.

Es necesario el control y erradicación de estas especies porque causan el desplazamiento o la eliminación de especies nativas, producen hibridaciones y contaminación genética, alteraciones de las redes de interacción entre especies y, en suma, alteraciones en los ecosistemas. A estos problemas ambientales pueden añadirse en algunos casos los socioeconómicos, como por ejemplo el deterioro de infraestructuras que genera el mejillón cebra.

En el conjunto del sistema fluvial son especialmente graves las afecciones de las plantas acuáticas, macrófitos y algas cianofíceas que cubren amplias extensiones de cauce (como el jacinto de agua, por ejemplo) y reducen la entrada de luz al agua, consumen mucho oxígeno, generan malos olores, consumen agua por evapotranspiración, desplazan a la vegetación autóctona, son hábitats ideales para insectos invasores, reducen la pesca y pueden obstruir o averiar infraestructuras.

En las riberas el mayor problema lo origina la caña, que va ganando superficie en progresión constante, ya que a su facilidad de reproducción une su capacidad para ocupar zonas riparias alteradas más rápidamente que la vegetación autóctona. Así, la caña ocupa espacios degradados con mucha facilidad y con una elevada rapidez, impidiendo que las especies autóctonas puedan reaccionar y recolonizar los espacios después de una perturbación. La elevada densidad que tiene la planta dificulta cualquier tipo de coexistencia con otras especies, impide la penetración de la luz en el interior de los núcleos y por lo tanto imposibilita el crecimiento de cualquier otra especie a su alrededor. Las consecuencias en toda la cadena trófica son importantes. La situación es muy grave cuando toda la orilla es ocupada por la caña en vez de por vegetación de ribera. La caña no genera sombreado, lo cual sube la temperatura del agua y baja los niveles de oxígeno, reduciéndose las especies, entre otras los peces. Otro problema de la caña es que no es flexible y se fractura en crecidas, siendo arrastrada y formando tapones en puentes o otros obstáculos. Además consume mucha agua y es inflamable, aunque si se quema los rizomas brotan sin problema.



Invasión de caña en el curso bajo del río Gállego (Peñaflor, Zaragoza). Foto: Alfredo Ollero.



Invasión de facinto de agua, planta acuática de origen amazónico considerada la más peligrosa invasora a escala mundial, en el Guadiana extremeño. Foto: Greenpeace.



Invasión de almeja asiática en el curso medio del Ebro. Foto: Ismael Sanz.



Siluro en el embalse de Ribarroja (río Ebro). Foto: Pedro Zornoza.

Aspectos técnicos

Las medidas preventivas consisten en la inspección y detección temprana, así como la divulgación de información y educación ambiental para sensibilizar a los usuarios del río, que son potenciales distribuidores de estas especies. También pueden incluirse protocolos de lavado y desinfección de embarcaciones y equipos.

El mejor sistema de control son las crecidas, capaces de arrancar o al menos mantener a raya a muchos de estos organismos invasores. Sin embargo, un periodo largo sin crecidas por causas naturales o antrópicas puede ser suficiente para que las poblaciones se asienten definitivamente y sea imposible su erradicación por medios naturales. Es entonces cuando hay que recurrir a otros medios mecánicos, físicos, químicos o biológicos, desde la retirada manual hasta la repoblación con especies que puedan consumir a los invasores, pasando por la colocación de barreras flotantes para evitar la dispersión, entre otras muchas técnicas. Con los peces se pueden emplear métodos como la desecación temporal de tramos de cauce o el fomento de la pesca.

Los costes ambientales y económicos de la eliminación completa de la caña son muy elevados. El mantenimiento es costoso porque hay que eliminar la totalidad de la planta y su capacidad de rebrotar. Se emplean desbroces, herbicidas, cubrimiento de los núcleos con plástico biodegradable, arrancado del rizoma (lo más efectivo), etc. Todo ello debe ir integrado en una estrategia global. Construir motas puede favorecer la expansión de la caña, ya que la tierra puede estar contaminada por rizomas, de ahí que aparezcan rápidamente en zonas removidas y cunetas.

Además de las crecidas, la restauración de hábitats siempre es efectiva para reducir o controlar las especies invasoras, ya que beneficia a las especies autóctonas en su resiliencia, al aportar conectividad longitudinal, tramos refugio, conectividad transversal y calidad de las aguas.

En general, para actuar contra las especies invasoras hay que trabajar desde la cabecera hasta la desembocadura del río. También es importante atajar el problema cuanto antes y establecer todas las medidas posibles para que no se extienda de unas cuencas a otras.

La constancia en las prospecciones, la vigilancia y el seguimiento es fundamental para el éxito de esta buena práctica.

Resultados

Pueden definirse como inciertos y heterogéneos en la mayor parte de las especies. A ello hay que añadir que aparecen nuevas especies invasoras con demasiada frecuencia, que si los ríos estuvieran en buen estado hidrogeomorfológico y ecológico sería muy difícil que penetraran.

Ejemplos

En las confederaciones hidrográficas existen protocolos de actuación, tanto preventiva como de control y de erradicación, contra las especies que conforman las problemáticas más graves en la demarcación. Destacan por ejemplo los programas de lucha contra el mejillón cebra en la cuenca del Ebro, contra el jacinto de agua en la cuenca del Guadiana o contra la caña en la cuenca del Júcar.



La Confederación Hidrográfica del Ebro ha lanzado campañas y diferentes publicaciones informativas y divulgativas sobre el mejillón cebra. Fuente: CHE.



Publicación educativa de identificación de macrófitos de la cuenca del Ebro. Fuente: CHE.

17. CREACIÓN DE HÁBITATS

Muchos proyectos de restauración tienen el objetivo de mejorar el hábitat para beneficiar a una determinada especie o conjunto de especies, generalmente porque se obtiene financiación para ello al tratarse de especies amenazadas o en peligro de extinción. Las buenas prácticas deben tratar de crear esos hábitats específicos sin deteriorar el funcionamiento fluvial, y en la medida de lo posible aprovechando esos nuevos hábitats para mejorar la salud del río. Por tanto, es una medida de creación, ya que se establecen áreas nuevas, que para el río se convierte en una medida de mejora. Estos hábitats se establecen dentro del espacio fluvial, bien en el cauce, bien en el corredor ribereño y en cauces abandonados. El empleo de madera muerta o detritos leñosos es muy útil en muchos casos para esta buena práctica.

Tipo: Buena práctica de rehabilitación de riberas.

Calificación: MEJORA

Problemática que soluciona

Los daños ambientales que han ido sufriendo los ríos en las últimas décadas pueden haber provocado, entre otras consecuencias, la desaparición de especies o la reducción drástica de sus poblaciones, a escala local o de cuenca. Las especies que sufren estas consecuencias son muy diversas, destacando por su significación ecológica peces, aves y mamíferos.

Cursos canalizados y dragados, tramos con presas y sectores con la ribera eliminada presentan condiciones que favorecen estas pérdidas de especies o de poblaciones y favorecen la entrada de invasoras.

Aspectos técnicos

Los hábitats a recuperar son, principalmente, morfologías fluviales en el lecho y en la ribera, elementos vegetales de refugio y nidificación y láminas de agua integradas o no con el cauce activo. Por tanto, la mayoría de las buenas prácticas recogidas en este catálogo ya generan hábitats y pueden ser hábiles para la reintroducción y recuperación de las especies reclamadas. Sin embargo, en ocasiones es preciso ayudar al río para acelerar la generación natural de los hábitats necesarios.

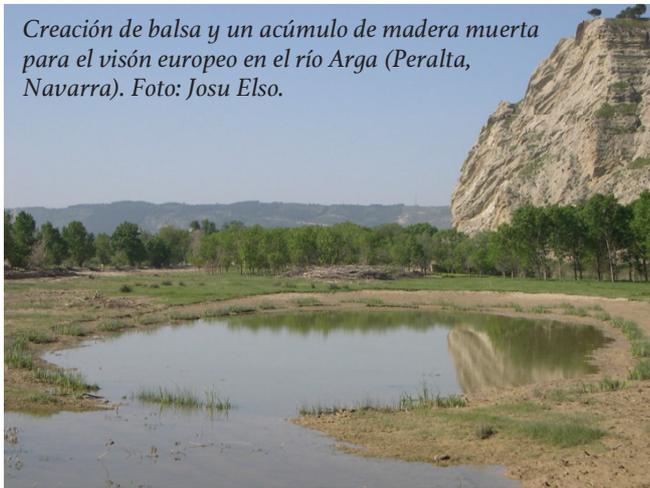
Para la ictiofauna las escalas de peces, el derribo de presas, caudales suficientes y la recuperación morfológica del lecho pueden bastar para la recuperación de las poblaciones. En algunos ríos se puede ayudar con la construcción de áreas de freza y refugio utilizando troncos y restos vegetales o propiciando la irregularización de las orillas. Se pueden emplear técnicas de bioingeniería muy sencillas con materiales del río o del bosque adyacente.

Para las aves es importante contar con masas diversas de vegetación de ribera y muy importante también la madera muerta acumulada en orillas y sotos. Por tanto, se verán beneficiadas por los trabajos de revegetación.



Orillas inestables permiten la incorporación de restos vegetales al río, que en otro enclave aguas abajo quedarán retenidos en alguna barra, orilla o soto generando valioso hábitats para diversas especies. Río Aragón en las proximidades de Jaca (Huesca). Foto: Alfredo Ollero.

Para los mamíferos y otros muchos organismos es importante contar con las microtopografías propias del corredor ribereño, además de masas de agua, charcas y refugios vegetales o de madera muerta. El río puede construirlos, pero no siempre, por lo que en este caso puede actuarse con elementos de sencillo manejo como la generación de acumulaciones de madera muerta o la apertura de pequeños humedales en las áreas ribereñas.



Creación de balsa y un acúmulo de madera muerta para el visón europeo en el río Arga (Peralta, Navarra). Foto: Josu Elso.



Detalle de un acúmulo de madera muerta para el visón europeo. Foto: Josu Elso.

Resultados

Los estudios de seguimiento demuestran en muchos casos el éxito de las actuaciones, recuperándose las poblaciones e incrementándose la biodiversidad. La mejora en las comunidades biológicas repercute positivamente en todo el sistema fluvial. Esta buena práctica se combina y complementa muy bien con otras, es fácil de aplicar, requiere escasos presupuestos y muchas técnicas pueden ser llevadas a cabo por voluntarios. Introducir en programas de restauración fluvial estas pequeñas prácticas de creación de hábitats supone con muy poco esfuerzo y coste adicional beneficios para la fauna muy relevantes y visibles. Es una buena práctica además enormemente didáctica y muy útil en la componente de divulgación y educación ambiental que todo programa de restauración debe desarrollar.

Ejemplos

Son innumerables, generalmente asociados a programas más amplios y a proyectos Life, bien de restauración fluvial, bien de recuperación de especies concretas. Por ejemplo, en muchos cursos de montaña europeos se utilizan troncos y madera muerta para establecer áreas de freza y refugio para los peces, existiendo un proyecto muy interesante en cursos fluviales de Gipuzkoa.

Un ejemplo muy significativo son las actuaciones que se han ido llevando a cabo desde hace una década en Navarra, en los cursos bajos de los ríos Arga y Aragón. Se han financiado con el proyecto Life GERVE (Gestión Ecosistémica de Ríos con Visión Europeo) y posteriormente con el Life+ Territorio Visión. Se han realizado diferentes acciones de rehabilitación fluvial junto con acumulaciones de madera muerta para hábitat y refugio del visón (*Mustela lutreola*) y apertura de pequeñas balsas, humedales y cursos secundarios en las riberas para beneficiar el hábitat de esta especie protegida, en alto riesgo de desaparición.

El curso bajo de los ríos Arga y Aragón es LIC por la presencia de ríos meandriformes de cauce muy dinámico y de bosques representativos de los ríos mediterráneos. Cuenta con problemas de conservación derivados de la falta de espacio para el río, de las defensas contra inundaciones y de la canalización de un importante tramo. Esta degradación del ecosistema fluvial es especialmente sufrida por el visón europeo, que utiliza los sotos y humedales asociados en diferentes etapas de su ciclo de vida. En esta zona se localiza el 20% de la población de la especie en Navarra y el 60% de la

población ibérica. Los procesos participativos han sido interesantes y la población local se ha involucrado muy positivamente en estas medidas.



Dos pequeños humedales abiertos para el visón europeo en la ribera del río Aragón (Caparroso, Navarra). Foto: Google Earth.



Tres acumulaciones de madera muerta para el visón europeo en el soto Manolo, en el curso bajo del río Zidacos (Caparroso, Navarra). Foto: Google Earth.

*Uno de los humedales creados para el visón europeo junto a un meandro abandonado del Arga.
Foto: Josu Elso.*



18. REVEGETACIÓN

Es la buena práctica más discutible y al mismo tiempo la más frecuente. Discutible porque va asociada o acompañando a proyectos que generalmente no benefician al río, proyectos que conllevan estabilización de las márgenes del cauce, y la propia vegetación es instalada con tal fin. Frecuente por la misma razón, demostrando que la mayor parte de actuaciones fluviales de tipo “blando” no responden realmente a los principios de restauración del funcionamiento del sistema natural, sino a principios de estabilidad y estética. No obstante, se tiene en cuenta la revegetación en este catálogo de buenas prácticas porque en algunos casos concretos, menos frecuentes, sí se lleva a cabo con el objetivo de mejorar los hábitats y de iniciar o reforzar la formación de una masa vegetal de ribera.

Tipo: Buena práctica de rehabilitación de riberas.

Calificación: MEJORA

Problemática que soluciona

Como se ha señalado, puede ser por estética, por estabilización o para la mejora de la ribera. En lo referente a los objetivos de estética y estabilización, esta práctica no soluciona ningún problema, ya que las orillas de los ríos no tienen por qué ser estables ni tienen por qué tener vegetación. De hecho, si se revegeta con esos fines se está actuando en contra del funcionamiento natural del río, ya que al estabilizar orillas se genera déficit de sedimentos y toda una cadena de repercusiones geomorfológicas que dañan al río especialmente aguas abajo. Se contribuye también a estrechar y simplificar el cauce, favoreciéndose la incisión. Los fines estéticos contribuyen a deformar la percepción social de los ríos de ámbitos mediterráneos, donde la visión de las gravas y el cauce seco es lo normal y debería ser valorada positivamente. Sin embargo, se fomentan actuaciones en las que domine “el azul y el verde” y se establece una vegetación que alcance con rapidez porte arbóreo, pero rara vez se piensa en otras orlas ni en especies primicolonizadoras ni en las gravas a la vista.

Los casos en los que sí es necesaria una actuación de revegetación son aquellos en los que la ribera se ha deteriorado como consecuencia de un impacto humano, independientemente de aspectos estéticos y sin preocupación de que la orilla se erosione o no. En muchas regiones y sistemas fluviales se ha asistido a un importante deterioro en la vegetación de ribera, en la estructura de los ecosistemas ribereños y en su diversidad biológica. Hay que buscar medidas para recuperar esas masas y para evitar que penetren especies alóctonas. Son situaciones muy abundantes, derivadas bien de antiguos usos agrarios abandonados, generalmente choperas y usos ganaderos, bien de actuaciones urbanas o industriales fracasadas, bien de vertederos en la orilla del río, tan frecuentes antaño en la mayoría de los núcleos de población, bien de incendios o destrucción directa de bosques ribereños. Todas estas son problemáticas graves, que han destruido o alterado el corredor ribereño, y cuya solución no es fácil.

En cualquier caso, el mejor desarrollo potencial de una ribera en superficie y madurez es un parámetro difícil de estimar. Muchos de nuestros ríos carecían de vegetación de ribera cuando funcionaban de forma natural. El deterioro de la ribera por acciones humanas es negativo para el sistema, ya que es un impacto, pero esto no implica que haya que superarlo revegetando. Hay que buscar el equilibrio entre la mejora o renaturalización del cauce y de la ribera. Porque acciones de dinamización del primero pueden implicar el empobrecimiento de la segunda, por lo que habrá que tener muy clara cuál es la prioridad en cada tramo de río. En suma, la revegetación del corredor ribereño puede ser una técnica imprescindible en algunos casos para lograr mejorar la continuidad y conectividad de los ecosistemas. Así, en determinados ríos o sectores, y siempre de acuerdo con las características geomorfológicas que tengan, se podrá primar la consecución de un espacio ribereño denso y maduro frente a un sistema más dinámico y geomorfológicamente activo.



Defensa con base de escollera en la que se han respetado algunos ejemplares de álamo, en espera de cubrimiento y revegetación final. Río Ebro en Zaragoza (2007). Foto: Alfredo Ollero.

Aspectos técnicos

Las revegetaciones con fines estéticos o de estabilización se asocian en muchos casos a la utilización de técnicas de bioingeniería o ingeniería natural. Son cada vez más frecuentes, especialmente en ámbitos urbanos. No pueden considerarse restauración fluvial a causa de sus objetivos, pero pueden llegar a conseguir una integración visual adecuada que da sensación de naturalidad a la orilla y, en algunos casos, se alcanza un funcionamiento bastante natural, aunque estable geomorfológicamente, de la misma. Básicamente la bioingeniería utiliza plantas vivas y restos vegetales junto a madera, rocas, mantas y redes orgánicas, metal, geotextiles, geomallas sintéticas, rollos vegetados, etc. Entre las técnicas pueden citarse los estaquillados, trasplantes de rizomas, trenzados, fajinas, ribaltas, enrejados, entramados, muros de troncos, deflectores con krainer, gaviones flexibles, etc. Algunos de estos elementos y técnicas se utilizaron en el pasado, abandonándose con la aparición del hormigón. Las plantas que se integran son tanto arbóreas como arbustivas y herbáceas, tratándose siempre con ellas de consolidar y cicatrizar el suelo y la propia actuación.

Por lo que respecta a las plantaciones que sellan impactos antrópicos en el corredor ribereño, requieren un proyecto detallado muy bien adecuado a las condiciones locales. Hay que elegir unas dimensiones para la actuación, para poder conseguir un pasillo ribereño continuo y suficientemente ancho para que funcione a modo de *buffer* y ecotono, para lo cual suele establecerse un sistema de tres zonas o franjas riparias. En primer lugar, antes de plantar habría que proceder a la naturalización de la morfología y topografía del corredor, eliminando obstáculos y en algunos casos aportando sedimentos. A continuación debe prepararse adecuadamente el suelo, que puede ser enriquecido con aportes de finos y materia orgánica procedentes de otras posibles actuaciones en el propio río o corredor. Por último, el proceso de plantación debe ser manual, irregularizando el terreno y, por supuesto, plantando también de forma irregular, sin seguir patrones, aplicando protectores y tutores. Hay que contar con que en las primeras fases puede haber abundantes marras y también es posible que haya que practicar riego, si es viable, si el freático no se encuentra suficientemente elevado.

En cuanto a las especies recomendables, son muy variadas en función del catálogo florístico de cada región. Por ejemplo, en el Pirineo se plantarían diversas especies de sauces, así como el abedul, fresnos, alisos y avellanos. En la depresión del Ebro se optaría por sauces, álamos, chopos, olmos y

tamarices. Y en la cordillera Ibérica se trabajaría con sauces, fresnos, chopos y álamos. En tierras de Andalucía se añadirían las adelfas.



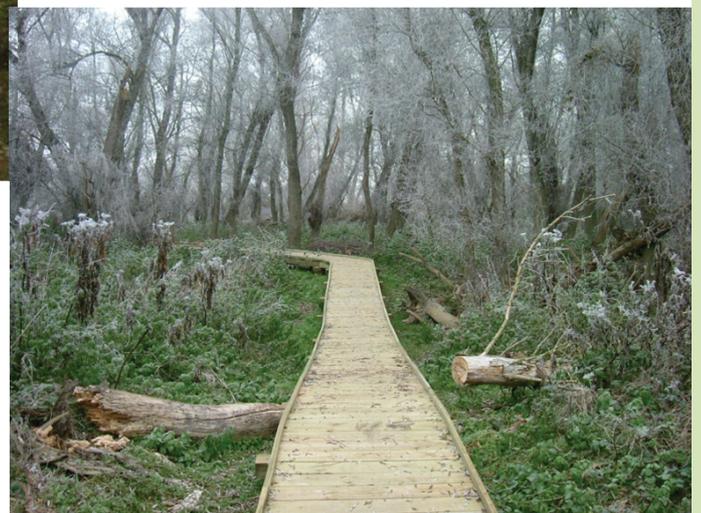
Plantación vegetal típica para estabilizar gravas, muy negativa para el sistema fluvial (río Cidacos en Herce, La Rioja). Foto: Alfredo Ollero.

Estaquillado de sauces acompañando a la actuación de reencauzamiento y escollerado del río Aragón (Castiello de Jaca, Huesca) tras la crecida de octubre de 2012. Foto: Alfredo Ollero.



Actuación en la vegetación de los sotos de Albolafia en la ciudad de Córdoba (río Guadalquivir) en otoño de 2013. Foto: Tony Herrera.

Las actuaciones de revegetación y mejora de riberas pueden ir acompañadas de equipamientos para facilitar la visita. Soto del Estajao en el río Ebro (Alfaro, La Rioja). Foto: Alfredo Ollero.



Resultados

Si se siguen los aspectos técnicos indicados, la planta es autóctona y el freático se encuentra a la altura adecuada, los resultados pueden ser positivos y la formación de masa vegetal es bastante rápida. Los resultados no serán adecuados hasta que no se asienten de forma espontánea nuevos individuos, densificando la población y aumentando la biodiversidad. Pero hay que practicar e intensificar vigilancia y seguimiento ante la posible entrada de especies invasoras.

Ejemplos

En la mayor parte de los casos, en centenares de actuaciones en nuestro país, la revegetación tiene un carácter accesorio en proyectos de estabilización o consolidación de márgenes. También hay buenos proyectos en los que la revegetación se utilizó para crear ribera, para mejorar un corredor ribereño que había desaparecido como tal, sometido a un impacto antrópico muy grave. Como ejemplo cabe mencionar el curso bajo del río Gállego en Zaragoza, donde hace tres décadas se inició una labor continuada con muy buenos resultados. Al principio las marras fueron abundantes y fue preciso implantar riego. Se fueron modificando las especies plantadas, al final siempre autóctonas, y en la última década la vegetación natural ha entrado en la zona consolidando una ribera con un aspecto y un funcionamiento próximos a la naturalidad.



Tramo del río Gállego en Zaragoza canalizado y deteriorado con vertidos en margen en los años 80. Foto: Ayuntamiento de Zaragoza.



El mismo tramo de la imagen anterior en la actualidad tras las actuaciones de revegetación. Foto: Gobierno de Aragón.

19. DESURBANIZACIÓN

Los ríos necesitan su espacio para su correcto funcionamiento. La urbanización es un proceso que ha avanzado de forma imparable desde hace siglos y que, en general, produce efectos negativos en los ríos. No se puede evitar la urbanización, que fue prudente al principio pero ha ido consolidándose en áreas de mayor riesgo junto al río. Pero del mismo modo que hemos propuesto buenas prácticas de descanalización y desencauzamiento, pueden sugerirse buenas prácticas de desurbanización, que consistirán en la devolución de espacio al río, la liberación de áreas urbanas degradadas en ribera y la eliminación de obstáculos nocivos (edificios, escombros). Estas buenas prácticas beneficiarán al río, pero sobre todo serán fundamentales en la gestión de inundaciones.

Tipo: Buena práctica de mejora en tramos urbanos.

Calificación: MEJORA

Problemática que soluciona

La urbanización de las llanuras de inundación supone la entrada de numerosos elementos antrópicos en el río, lo cual dificulta el buen funcionamiento de éste e incrementa notablemente el riesgo de inundación. Los tramos fluviales que han perdido espacio por el desarrollo urbano antiguo o reciente son generalmente clasificados como masas de agua muy modificadas de acuerdo con la Directiva Marco del Agua 2000/60. Esto supone un reconocimiento del impacto y al mismo tiempo una declaración de irreversibilidad, ya que para este tipo de masas de agua se estipula que es imposible alcanzar el buen estado ecológico, quedando de alguna manera fuera de protección ambiental.

Los espacios urbanos fluviales, lejos de decrecer, se han consolidado e incrementado en la casi totalidad de los casos. Muchos cascos antiguos se encontraban fuera del río, pero los crecimientos modernos han ido expandiendo los núcleos urbanos, ocupándose las llanuras de inundación. Recientemente tan solo se ha conseguido reducir la urbanización implantando parques fluviales y espacios de ocio en el territorio del río, lo cual es una medida positiva si con anterioridad ese espacio estuviera conformado por edificios o, como en muchos casos, áreas de vertido de escombros.

Otra problemática relevante está constituida por urbanizaciones de recreo, a veces de vivienda permanente, que se han ido desarrollando en las áreas periurbanas de las ciudades, muchas veces muy cerca del río y en pleno espacio inundable, y que son ilegales por cuanto se construyen sobre suelo rústico. No solo suponen un obstáculo para el río, sino que sobre todo constituyen puntos vulnerables que hay que evacuar con las crecidas.

Por otro lado, en áreas de montaña y en cabeceras fluviales, la urbanización incrementa la escorrentía aumentando los caudales, especialmente en crecida. En áreas urbanas atravesadas por pequeños barrancos cuya cabecera se encuentra urbanizada los problemas pueden ser muy graves.



Restaurante zaragozano de reciente instalación en la orilla del río inundado por la crecida del Ebro de febrero-marzo de 2015. Foto: Alfredo Ollero

La versión más modesta de la desurbanización se conforma con la eliminación de obstáculos nocivos puntuales, como edificios en ruinas o vertederos de escombros, muy habituales en núcleos industriales o en espacios urbanos periféricos. Es modesta pero puede resultar muy útil para el río y para el propio núcleo urbano, por lo que es la actuación que más éxito tiene. Aquí habría ejemplos abundantes, pero en su mayoría han solucionado el problema urbanístico-paisajístico pero no han mejorado el río. Bien al contrario, es muy frecuente que estas actuaciones se hayan acompañado de estabilizaciones del cauce e incluso canalizaciones, truncándose totalmente el beneficio para el río.

Para llegar a la desurbanización es fundamental el movimiento ciudadano y una buena conciencia ambiental sobre los ríos. Si se consiguen estos principios pueden ir apareciendo ejemplos de interés en el futuro.

Actuación en Zuera (Zaragoza) en la que se eliminó un vertedero de escombros, sustituyéndose el área degradada y la ribera por un parque fluvial. Sin embargo, dentro de la misma actuación este cauce secundario del río Gállego se ha canalizado., por lo que no puede hablarse de buena práctica. Foto: Julio Parra.



Resultados

Los efectos de la desurbanización siempre serán positivos para el río, ya que suponen un incremento de la naturalidad en el sistema fluvial. Además, el río reaccionará con rapidez y eficacia ante la nueva situación. Ahora bien, dado que apenas se han puesto en práctica estas iniciativas y, cuando se han hecho no respondían a objetivos ni criterios de restauración fluvial, no existen análisis o estudios de sus efectos para el río en casos concretos. Se trata fundamentalmente de una buena práctica a proponer de cara al futuro.

Ejemplos

No hay ejemplos específicos de esta buena práctica que se hayan realizado con el objetivo de la mejora fluvial, aunque algunas actuaciones urbanísticas han podido mejorar la situación en casos concretos, por ejemplo parques urbanos fluviales que se han construido sobre espacios de ribera degradados. En otras buenas prácticas que se han recogido en este catálogo se ha trabajado en una línea paralela a esta, dando más espacio al río, como por ejemplo en Munich con el río Isar.



Río Isar en Munich. Foto: FrauHau (flickr)



En muchas ciudades se han eliminado edificios en ruina y áreas degradadas junto al río sustituyéndolas por parques fluviales. No es un gran beneficio para el río, pero sí es mejor que la situación anterior. Río Ebro en Logroño. Foto: Alfredo Ollero.

20. SEGUIMIENTO

Todo proceso de restauración requiere un seguimiento que debería comenzar antes de la actuación y debe prolongarse a lo largo del tiempo. El seguimiento en sí mismo es una buena práctica de gestión adaptativa de la restauración, ya que permite un proceso de aprendizaje permanente conforme se actúa y conforme el río trabajando, así como ir variando métodos, adaptándonos en continuo para lograr al final un resultado natural, sostenible y resiliente. El seguimiento debe ser llevado a cabo por personas formadas en estas temáticas específicas y se basa fundamentalmente en el monitoreo de indicadores y en la aplicación de índices de diagnóstico.

Tipo: Buena práctica para la gestión del proceso de restauración o rehabilitación.

Calificación: GESTIÓN

Problemática que soluciona

En las buenas prácticas y procesos de restauración sin seguimiento no hay capacidad de revisión ni de replanteamiento. En muchas ocasiones se obvia el seguimiento por ausencia de presupuesto para el mismo. Sin, embargo, puede ser una buena práctica muy barata, realizada por equipos científicos que puedan obtener rendimientos académicos, o bien por voluntariado previamente formado. La escasez de proyectos con seguimiento convierte a éste, fundamental y totalmente recomendable, en una buena práctica en sí mismo.

Aspectos técnicos

La respuesta del río a las modificaciones y ajustes que supone el proceso de restauración, seas cuales sean las buenas prácticas aplicadas, no se puede predecir con certeza. Hay que seguir un modelo de verificación de hipótesis conforme al enfoque de “aprendizaje por la práctica” que caracteriza la gestión adaptativa. Así, el proceso de restauración se implementa como un conjunto de experimentos deliberados y los resultados se monitorean, documentan y utilizan para guiar nuevas posibles medidas. Las estrategias de restauración se ponen a prueba mediante un proceso científica y estadísticamente riguroso que permite evaluar su eficacia a través del monitoreo.

Por tanto, hay tres aspectos fundamentales en este contexto de seguimiento:

- El monitoreo de indicadores, analizando la evolución de los mismos a lo largo del proceso de recuperación. Se utilizan fundamentalmente indicadores hidromorfológicos y biológicos, en la línea que propone la Directiva del Agua de 2000 para evaluar el buen estado ecológico. Entre los indicadores geomorfológicos podemos destacar la morfometría del cauce, la actividad de procesos de erosión y sedimentación, la movilidad de sedimentos, la dinámica vertical, la pendiente y estructura longitudinal, la sección y estructura transversal, el cálculo del caudal geomórfico y de la potencia específica, el tamaño y forma de sedimentos y el grado de colonización vegetal dentro del cauce. Hay que dejar testigos permanentes para realizar múltiples mediciones periódicamente, pudiéndose emplear técnicas de escaneo y radiofrecuencia. Entre los biológicos se realizarán inventarios y censos de especies piscícolas y de macroinvertebrados, así como inventario de especies vegetales y transectos de control en las riberas.
- La aplicación de índices de diagnóstico, como por ejemplo el índice hidrogeomorfológico IHG, el QBR para la calidad del bosque de ribera y el índice de hábitat fluvial IHF, más los nuevos protocolos de síntesis que se están elaborando. Como esta evaluación debe ser permanente, los índices se aplicarán periódicamente para ir comprobando de forma cuantitativa y cualitativa los avances que va logrando el proceso restaurador.

-La formación técnica, ya que se requieren conocimientos y experiencia para un buen trabajo de seguimiento, que debe ser llevado a cabo por equipos pluridisciplinarios.



Cantos pintados en el río Ebro para comprobar su movilidad y transporte. Foto: Alfredo Ollero.



Aparato de medición por radiofrecuencia RFID, empleado para el muestreo de sedimentos. Fuente: <http://www.oregonrfid.com/>



Midiendo una sección transversal en el seguimiento del derribo de la presa de Inturia (río Leitzaran, Andoian, Gipuzkoa). Foto: Askoa Ibisate.

Resultados

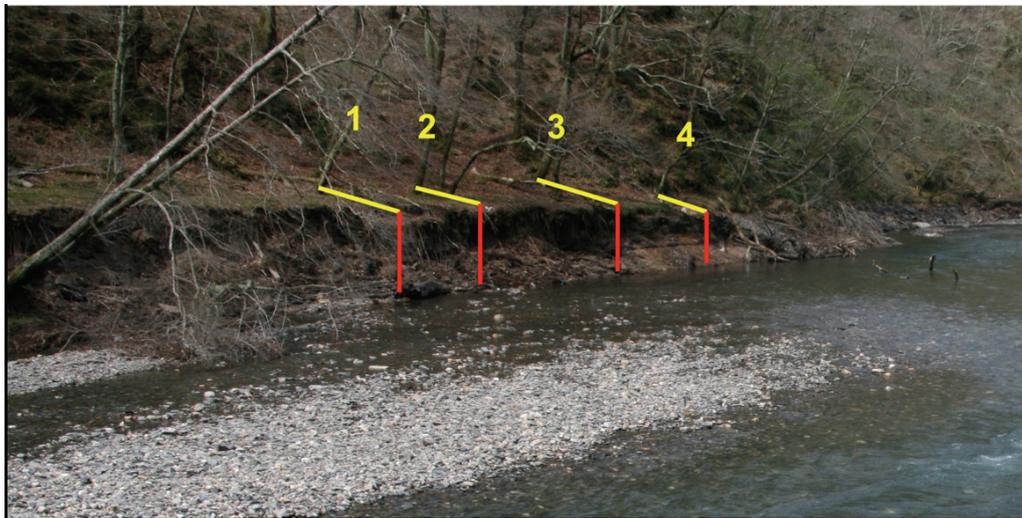
La restauración es un examen en el que siempre se aprueba. Si funciona habremos recuperado un río y si falla aprendemos mucho sobre los procesos para seguir intentándolo.

Ejemplos

En muchos procedimientos de restauración fluvial se cuenta con seguimiento. Por ejemplo, en el caso del derribo de presas en Gipuzkoa se realiza un seguimiento biológico y geomorfológico que se inicia antes del derribo y se prolonga durante uno o dos años después, tanto sobre la zona de la presa demolida como varias kilómetros aguas arriba y aguas abajo. Hasta el momento se realiza este seguimiento en las presas de Mendaraz (río Urumea) e Inturia (río Leitzaran).



Mediciones de seguimiento con nivel topográfico en el seguimiento del derribo de la presa de Inturia (río Leitzaran, Andoian, Gipuzkoa). Foto: Askoa Ibisate.



Seguimiento de cambios en las orillas a partir de 200 árboles marcados tras el derribo del azud de Mendaraz (río Urumea). Foto: Alfredo Ollero.



Escáner digital terrestre utilizado en el seguimiento del derribo de la presa de Inturia (río Leitzaran, Andoian, Gipuzkoa). Foto: Askoa Ibisate.



Muestra de la coraza de sedimentos en una de las campañas de seguimiento del río Urumea tras el derribo del azud de Mendaraz. Foto: Vanesa Acín.



Bibliografía

Se listan a continuación las referencias a documentos de consulta recomendada, así como todos los empleados por el autor para la preparación de la guía. Los pocos que se han remarcado en verde se consideran de máximo interés para ampliar y complementar lo expuesto en la guía.

Acuña, V., Díez, J.R., Flores, L., Meleason, M. and Elosegí, A. (2013) Does it make economic sense to restore rivers for their ecosystem services? *Journal of Applied Ecology*. doi: 10.1111/1365-2664.12107.

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

Arizpe, D., Mendes, A. y Rabaça, J.E. (Coords., 2010) *Áreas de ribera sostenibles. Una guía para su gestión*. Ripidurable, Generalitat Valenciana, 287 p., Valencia.

Arnaud, F. (2012) *Approches géomorphologiques historique et expérimentale pour la restauration de la dynamique sédimentaire d'un tronçon fluvial aménagé: le cas du Viueux Rhin entre Kembs et Breisach (France, Allemagne)*. These de doctorat, Université Lumière Lyon 2.

Ballarín, D. y Rodríguez, I. (2013) *Hidromorfología fluvial: algunos apuntes aplicados a la restauración de ríos en la cuenca del Duero*. Confederación Hidrográfica del Duero, 128 p., Valladolid.

Bannister, N., Mant, J. and Janes, M. (2005) *A review of catchment scale river restoration projects in the UK*. River Restoration Centre.

Barreira, A. (Dir., 2009) *Restauración de ríos. Guía jurídica para el diseño y realización de proyectos*. Ministerio de Medio Ambiente, 232 p., Madrid.

Barthélémy, C. (2006) *De la restauration écologique à la concertation: des territoires fluviaux en devenir? Analyse sociologique du Programme Décennal de Restauration Hydraulique et Écologique du Rhône*. Rapport final. CEMAGREF, 101 p., Lyon.

Barthélémy, C. et Souchon, Y. (2009) La restauration écologique du fleuve Rhône sous le double regard du sociologue et de l'écologue. *Natures Sciences Sociétés*, 17: 113-121.

Beechie, T.J., Pess, G.R., Roni, P. and Giannico, G. (2008) Setting river restoration priorities: a review of approaches and a general protocol for identifying and prioritizing actions. *North American Journal of Fisheries Management*, 28: 891-905.

Beechie, T.J., Sear, D.A., Olden, J.D., Pess, G.R., Buffington, J.M., Moir, H., Roni, P. and Pollock, M.M. (2010) Process-

based principles for restoring river ecosystems. *BioScience*, 60(3): 209-222.

Belcher, B.J. and Athanasakes, J.G. (2002) *Natural channel design process, using Rivermorph stream restoration software*. Utah Division of Oil, Gas and Mining.

Bennett, S.J., Simon, A., Castro, J.M., Atkinson, J.F., Bronner, C.E., Blerch, S.S. and Rabideau, A.J. (2011) *The evolving science of stream restoration. Stream restoration in dynamic fluvial systems: scientific approaches, analyses, and tools*. Geophysical Monograph Series 194, 8 p.

Berastegi, A., Calvo, A., Díez, J.R., Elso, J., García, E., García de Jalón, D., Guibert, M., Hernández, L., Herrera, A., Ibarrola, I., Jaso, C., Magdaleno, F., Martínez Capel, F., Martínez Romero, R., Mendoza, F., Ollero, A., Ordeix, M., Sanz, F.J., Segura, R., Simon, P., Sorolla, A., Urra, F. y Verdier, J. (2008) *Biodiversidad y restauración de ecosistemas fluviales*. Unidad de Biodiversidad, Gestión Ambiental, Viveros y Repoblaciones de Navarra, S.A., 65 p., Pamplona.

Bernhardt, E.S., Palmer, M.A., Allan, J.D., Alexander, G., Barnas, K., Brooks, S., Carr, J., Clayton, S., Dahm, C., Follstad-Shah, J., Galat, D., Gloss, S., Goodwin, P., Hart, D., Hassett, B., Jenkinson, R., Katz, S., Kondolf, G.M., Lake, P.S., Lave, R., Meyer, J. L., O'Donnell, T.K., Pagano, L., Powell, B. and Sudduth, E. (2005) Synthesizing U.S. river restoration efforts. *Science*, 308: 636-637.

Bernhardt, E., Bunn, S.E., Hart, D.D., Malmqvist, T.M., Naiman, R.J., Pringle, C., Reuss, M. and van Wilgen, B. (2006) The challenge of ecologically sustainable water management. *Water Policy*, 8: 475-479.

Bernhardt, E.S., Sudduth, E.B., Palmer, M.A., Allan, J.D., Meyer, J.L., Alexander, G., Follstad-Shah, J.J., Hassett, B., Jenkinson, R., Lave, R., Rumps, J. and Pagano, L. (2007) Restoring rivers one reach at a time: results from a survey of U.S. River Restoration Practitioners. *Restoration Ecology*, 15(3): 482-493.

Bernhardt, E.S. and Palmer, M.A. (2007) Restoring streams in an urbanized world. *Freshwater Biology*, 52: 738-751.

Bilodeau, C., Gob, F., Albert, M.B., Belliard, J. and Baudoin, J.M. (2012) Quantification of hydromorphological alteration of water courses from regional models across the French territory for their evaluation and their ecological restoration. *Geophysical Research Abstracts*, 14, EGU General Assembly 2012.

Binder, W. (2004) Restoration of rivers and floodplains in Bavaria. *3rd European Conference on River Restoration*, 27-32, Zagreb.

Biron, P., Buffin-Bélanger, T., Larocque, M., Demers, S., Olsen, T., Ouellet, M.A., Choné, G., Cloutier, C.A. et Needelman, M. (2013) *Espace de liberté: un cadre de gestion intégrée pour la conservation des cours d'eau dans un contexte de changements climatiques*. Ouranos, Québec.

Bouni C. (2014) *Comment développer un projet ambitieux de restauration d'un cours d'eau? Retours d'expériences en Europe, un point de vue des sciences humaines et sociales*. ONEMA, Collection Comprendre Pour Agir, 28 p.

Bourdin, L., Stroffek, S., Bouni C., Narcy J. B. et Dufour. M. (2011) *Restauración hidromorphológica et territorios*. SDAGE Rhône-Méditerranée, 105 p., Lyon.

Bravard, J.P., Landon, N. and Piégay, H. (1998) Examples of river restoration in braided rivers of Europe. In Müller, N.,

- Okuda, S. and Tamai, N. (Eds.) *Proceedings of the International Symposium on River Restoration*, 61-70, Tokyo.
- Brierley, G.J. and Fryirs, K.A. (Eds., 2008) *River futures. An integrative scientific approach to river repair*. Island Press, 304 p., Washington.
- Brookes, A. (1995) River channel restoration: theory and practice. In Gurnell, A.M. and Petts, G.E. (Eds.) *Changing river channels*, 369-388, Wiley, Chichester.
- Brookes, A. (1996) Floodplain restoration and rehabilitation. In Anderson, M.G., Walling, D.E. and Bates, P.D. (Eds.) *Floodplain processes*, 553-576, Wiley, Chichester.
- Brookes, A. and Sear, D.A. (1996) Geomorphological principles for restoring channels. In Brookes, A. and Shields, F.D. Jr. (Eds.) *River channel restoration: guiding principles for sustainable projects*, 75-101, Wiley, Chichester.
- Brooks, A.P. and Brierley, G.J. (2004) Framing realistic river rehabilitation targets in light of altered sediment supply and transport relationships: lessons from East Gippsland, Australia. *Geomorphology*, 58: 107-123.
- Brooks, S.S. and Lake, P.S. (2007) River restoration in Victoria, Australia: change is in the wind, and none too soon. *Restoration Ecology*, 15(3): 584-591.
- Brown, R.A., Pasternack, G.B. and Wallender, W.W. (2014) Synthetic river valleys: Creating prescribed topography for form-process inquiry and river rehabilitation design. *Geomorphology*, 214:40-55.
- Buijs, A.E. (2009) Public support for river restoration. A mixed-method study into local residents' support for and framing of river management and ecological restoration in the Dutch floodplains. *Journal of Environmental Management*, 90: 2680-2689.
- Buijse, A.D., Coops, H., Staras, M., Jans, L.H., Geest, G.J. van, Grift, R.E., Ibelings, B.W., Oosterberg, W. and Roozen, F.C.J.M. (2002) Restoration strategies for river floodplains along large lowland rivers in Europe. *Freshwater Biology*, 47: 889-907.
- Buijse, A.D., Klijn, F., Leuven, R.S.E.W., Middelkoop, H., Schiemer, F., Thorp, J.H. and Wolfert, H.P. (2005) Rehabilitation of large rivers: references, achievements and integration into river management. *Large Rivers*, 15(1-4), *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 155/1-4: 715-738.
- Cabezas, A. (2010) *Restoring the middle Ebro floodplains*. Nova Science Pub., 65 p., New York.
- Camprodón, J., Ferreira, M.T. y Ordeix, M. (eds., 2012) *Restauración y gestión ecológica fluvial. Un manual de buenas prácticas de gestión de ríos y riberas*. RICOVER, 388 p.
- Church, M. (2008) Multiple scales in rivers. In Habersack, H., Piégay, H. and Rinaldi, M. (Eds.) *Gravel bed rivers VI: from process understanding to river restoration*, 3-28, Elsevier, Amsterdam.
- CIREF (2010) *¿Qué es restauración fluvial?* Nota técnica nº4. Centro Ibérico de Restauración Fluvial, 12 p.
- CIREF (2011) *Actas I Congreso Ibérico de Restauración Fluvial Restauraríos*. Centro Ibérico de Restauración Fluvial, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y Confederación Hidrográfica del Duero, 895 p., León.
- Clarke, S.J., Bruce-Burgess, L. and Wharton, G. (2003) Linking form and function: towards an eco-hydromorphic approach to sustainable river restoration. *Aquatic Conservation. Marine and Freshwater Ecosystems*, 13: 439-450.
- Clewell, A.F. and Aronson, J. (2007) *Ecological restoration. Principles, values, and structure of an emerging profession*. Society for Ecological Restoration International, Island Press, 216 p., Washington.
- Comín, F.A. (2002) Restauración ecológica: teoría versus práctica. *Ecosistemas*, XI (1): 11-13.
- Comín, F.A. (Ed., 2010) *Ecological restoration, a global challenge*. Cambridge University Press, 318 p.
- Darby, S. and Sear, D.A. (ed., 2008) *River restoration: managing the uncertainty in restoring physical habitat*. Wiley, Chichester.
- Deltoro, V., Jiménez, J. y Vilán, X.M. (2012) *Bases para el manejo y control de Arundo donax L. (caña común)*. Conselleria d'Infraestructures, Territori i Medi Ambient. Generalitat Valenciana. Valencia.
- Doll, B.A., Grabow, G.L., Hall, K.R., Halley, J., Harman, W.A., Jennigs, G.D. and Wise, D.E. (2003) *Stream restoration: a natural channel design handbook*. North Carolina Stream Restoration Institute and North Carolina Sea Grant, 128 p.
- Downs P. (2001) Geomorphological evaluation of river restoration schemes: principles, method, monitoring, assessment, evaluation, progress? In Nijland, H.J. and Cals, M.J.R. (Eds) *River Restoration in Europe. Practical approaches*, 243-249. Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment/RIZA. Lelystad, The Netherlands.
- Downs, P.W. and Thorne, C.R. (2000) Rehabilitation of a lowland river: reconciling flood defence with habitat diversity and geomorphological sustainability. *Journal of Environmental Management*, 58: 249-268.
- Downs, P.W. and Kondolf, G.M. (2002) Post-project appraisals in adaptive management of river channel restoration. *Environmental Management*, 29(4): 477-496.
- Doyle, M.W., Miller, D.E. and Harbor, J.M. (1999) Should river restoration be based on classification schemes or process models? Insights from the history of Geomorphology. *International Conference on Water Resources Engineering*, ASCE, Seattle.
- Doyle, M.W., Shields, D., Boyd, K.F., Skidmore, P.B. and Dominick, D. (2007) Channel-forming discharge selection in river restoration design. *Journal of Hydraulic Engineering*, 133(7): 831-837.
- Doyle, M.W., Stanley, E.H., Havlick, D.G., Kaiser, M.J., Steinbach, G., Graf, W.L., Galloway, G.E. and Riggsbee, J.A. (2008) Aging infrastructure and ecosystem restoration. *Science*, 319: 286-287.
- Dufour, S. and Piégay, H. (2009) From the myth of a lost paradise to targeted river restoration: forget natural references and focus on human benefits. *River Research and Applications*, 25: 568-581.
- Echaide, J.J. y Jiménez, F. (Dirs., 2008) *Buenas prácticas locales de gestión sostenible del agua y de los ríos*. Federación Navarra de Municipios y Concejos y Centro de Recursos Ambientales de Navarra, 142 p., Pamplona.
- Espinosa, P. (2012) *Perspectivas del diseño urbano a partir de la rehabilitación fluvial en las ciudades en el ámbito de los países*

- desarrollados. Trabajo fin de master de Ordenación Territorial y Medioambiental, Universidad de Zaragoza.
- Evans, S. (1999) *Rivers reborn: removing dams and restoring rivers in California*. Friends of the River, 20 p., Sacramento.
- Federal Interagency Stream Restoration Working Group (1998) *Stream corridor restoration: principles, processes and practices*. F.I.S.R.W.G., Washington.
- Fernández, B. y Ruipérez, M. (2007) *Voluntariado ambiental en ríos y riberas. Guía para el diseño y ejecución de programas*. Ministerio de Medio Ambiente y WWF/Adena, 56 p., Madrid.
- Fernández Orgaz, D. y Robledo, M. (2015) *Análisis coste-eficacia de la implantación del territorio fluvial en el río Odra (Burgos)*. Proyecto Fin de Máster en Gestión Fluvial Sostenible y Gestión Integrada de Aguas, Universidad de Zaragoza.
- Fernández Yuste, J.A. (2002) Morfología fluvial y restauración de ríos. *Restauración de ríos en entornos urbanos*. Universidad Internacional Menéndez Pelayo.
- Florsheim, J.L., Mount, J.F. and Constantine, C.R. (2006) A geomorphic monitoring and adaptive assessment framework to assess the effect of lowland floodplain river restoration on channel-floodplain sediment continuity. *River Research and Applications*, 22: 353-375.
- Follstad-Shah, J.J., Dahm, C.N., Gloss, S.P. and Bernhardt, E.S. (2007) River and riparian restoration in the Southwest: results of the national river restoration science synthesis project. *Restoration Ecology*, 15(3): 550-562.
- Frissell, C.A. and Ralph, S.C. (1998) Stream and watershed restoration. In Naiman, R.J. and Bilby, R.E. (Eds.) *River ecology and management: lessons from the Pacific Coastal ecoregion*, 599-624, Springer-Verlag, New York.
- Fryirs, K. and Brierley, G.J. (2009) Naturalness and place in river rehabilitation. *Ecology and Society*, 14(1): 20. (<http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art20/>)
- García Burgos, E. y Honey-Rosés, J. (2013) *Los servicios ambientales y la restauración fluvial*. Nota técnica nº 6, Centro Ibérico de Restauración Fluvial, 8 p.
- García de Jalón, D. (2003) Restauración de riberas. En Rey, J.M., Espigares, T. y Nicolau, J.M. (Eds.) *Restauración de ecosistemas mediterráneos*, 141-156. Asociación Española de Ecología Terrestre y Universidad de Alcalá.
- Germaine, M.A. et Barraud, R. (2013) Restauration écologique et processus de patrimonialisation des rivières dans l'Ouest de la France. *VertigO*, hors-série 16: DOI: 10.4000/vertigo.13583.
- Godé, L., García Burgos E. i Gutiérrez, C. (2008) *La gestió i la recuperació de la vegetació de ribera: guia tècnica per a actuacions en riberes*. Agència Catalana de l'Aigua, Barcelona.
- Gómez Orea, D. (2004) *Recuperación de espacios degradados*. Ediciones Mundiprensa, 582 p., Madrid.
- González del Tánago, M. y García de Jalón, D. (1995) *Restauración de ríos y riberas*. Fundación Conde del Valle de Salazar, E.T.S.I.M., Universidad Politécnica de Madrid, 319 p., Madrid.
- 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.
- González del Tánago, M., García de Jalón, D. and Román, M. (2012) River restoration in Spain: theoretical and practical approach in the context of the European Water Framework Directive. *Environmental Management*, 50(1): 123-139.
- Gore, J.A. (Ed., 1985) *The restoration of rivers and streams: theories and experience*. Butterworth Publishers, 280 p.
- Gostner, W. (2012) *The Hydro-Morphological Index of Diversity: a planning tool for river restoration projects*. Laboratoire de Constructions Hydrauliques, École Polytechnique Fédérale de Lausanne.
- Grabowski, R.C., Surian, N. and Gurnell, A.M. (2014) Characterizing geomorphological change to support sustainable river restoration and management. *WIREs Water*, 1: 483-512. doi: 10.1002/wat2.1037.
- Graf, W.L. (2001) Damage control: restoring the physical integrity of America's rivers. *Annals of the Association of American Geographers*, 91(1): 1-27.
- Grant, G.E. (1997) A geomorphic basis for the hydrologic behavior of large river systems. In Laenen, A. and Dunnette, D.A. (eds.) *River quality: dynamics and restoration*, 105-116, CRC Lewis Publishers, Boca Raton.
- Grant, G.E. (2001) Dam removal: Panacea or Pandora for rivers? *Hydrological Processes*, 15: 1531-1532.
- Grant, G.E. (2008) A framework for evaluating disciplinary contributions to river restoration. *Proceedings of the 4th ECRR Conference on River Restoration*, Venice.
- Guerrero, I. y Baena, R. (2002) Geomorfología fluvial y restauración ambiental: el ejemplo del río Guadiamar en la zona de Entremuros (Parque Natural de Doñana). *Estudios recientes (2000-2002) en Geomorfología, Patrimonio, montaña y dinámica territorial*, 79-90, Valladolid.
- Gurnell, A.M., Bussettini, M., Camenen, B., González del Tánago, M., Grabowski, R.C., Hendriks, D., Henshaw, A., Latapie, A., Rinaldi, M. and Surian, N. (2014) *A hierarchical multi-scale framework and indicators of hydromorphological processes and forms*. Deliverable 2.1, Part 1, of REFORM (REstoring rivers FOR effective catchment Management).
- Habersack, H. and Piégay, H. (2008) River restoration in the Alps and their surroundings: past experiences and future challenges. In Habersack, H., Piégay, H. and Rinaldi, M. (Eds.) *Gravel bed rivers VI: from process understanding to river restoration*, 703-737, Elsevier, Amsterdam.
- Hansen, H.O. and Madsen, B.L. (Eds., 1997) *River restoration '96 International Conference*. European Centre for River Restoration.
- Hart, D.D., Johnson, T.E., Bushaw-Newton, K.L., Horwitz, R.J., Bednarek, A.T., Charles, D.F., Kreeger, D.A. and Velinsky, D.J. (2002) Dam removal: challenges and opportunities for ecological research and river restoration. *BioScience*, 52(8): 669-681.
- Hassett, B.A., Palmer, M.A. and Bernhardt, E.S. (2007) Evaluating stream restoration in the Chesapeake Bay watershed through practitioner interviews. *Restoration Ecology*, 15(3): 563-572.
- Herrera, A. (2008): Disertación crítica sobre la evaluación del estado ecológico de las masas de agua y los proyectos de restauración, recuperación o mejora ambiental de cauces: del mito a la realidad. *VI Congreso Ibérico sobre*

- Gestión y Planificación del Agua*. Vitoria-Gasteiz, Fundación Nueva Cultura del Agua.
- Herrera, A. (2013) *Manual metodológico de actuaciones de restauración ambiental y uso público en ámbitos fluviales*. Diputación de Málaga, 126 p. (+ versión en francés).
- Hillman, M. and Brierley, G.J. (2005) A critical review of catchment scale stream rehabilitation programmes. *Progress in Physical Geography*, 29(1): 50-70.
- Holmes, N.T.H. and Nielsen, M.B. (1998) Restoration of the rivers Brede, Cole and Skerne: a joint Danish and British EU-LIFE demonstration project. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 8: 185-196.
- Holmes, N.T.H. and Janes, M. (2012) The history, development, role and future of river restoration centers. In Boon, P.J. and Raven, P.J. (Eds.) *River conservation and management*. 285-293. Wiley-Blackwell, Chichester.
- Honey-Rosés, J. (2012) *Ecosystem services in planning practice for urban and technologically advanced landscapes*. PhD Dissertation. Department of Urban and Regional Planning. University of Illinois, Urbana Champaign. Urbana, IL., 203 p.
- Honey-Rosés, J., Acuña, V., Bardina, M., Brozović, N., Marcé, R., Munné, A., Sabater, S., Termes, M., Valero, F., Vega, A. and Schneider, D.W. (2013) Examining the demand for ecosystem services: the value of stream restoration for drinking water treatment managers in the Llobregat River, Spain. *Ecological Economics*, 90: 196-205.
- Horacio, J. (2014) *Geomorfología fluvial en sistemas atlánticos: metodología de caracterización, clasificación y restauración para los ríos de Galicia*. Tese de Doutoramento, Universidade de Santiago de Compostela, 565 p. + anexos.
- Hostmann, M. (2005) *Decision support for river rehabilitation*. PhD dissertation, Swiss Federal Institut of Technology, 159 p., Zürich.
- Hughes, F.M.R. (Ed., 2003) *The flooded forest: guidance for policy makers and river managers in Europe on the restoration of floodplain forests*. Flobar2 Project, Dpt. of Geography, University of Cambridge, 90 p.
- Hughes, F.M.R., Colston, A. and Mountford, J.O. (2005) Restoring riparian ecosystems: the challenge of accommodating variability and designing restoration trajectories. *Ecology and Society*, 10(1): 12 (online).
- Hulse, D. and Gregory, S. (2002) Integrating resilience into floodplain restoration. *Journal of Urban Ecology. special issue on Large-Scale Ecosystem Studies: Emerging trends in urban and regional ecology*, 7 (3-4).
- Ibisate, A., Ollero A., Acín, V., Granado, D., Ballarín, D., Sáenz de Olazagoitia, A., Herrero, X., Mora, D. y Horacio, J. (2014) Condiciones de referencia de tramos para su restauración: el río Oiartzun y sus afluentes (Gipuzkoa). En Schnabel, S. y Gómez, A. (eds.) *Avances de la Geomorfología en España 2012-2014. XIII Reunión Nacional de Geomorfología*, 103-106, Universidad de Extremadura y SEG, Cáceres.
- Jacobson, R.B. and Galat, D.L. (2006) Flow and form in rehabilitation of large-river ecosystems: an example from the Lower Missouri River. *Geomorphology*, 77: 249-269.
- Jaso, C., Bastida, G. e Ibarra, J. (2002) Valoración de obras de restauración fluvial en Navarra. Criterios de evaluación. *Ecosistemas*, XI(1): 9 p.
- Jenkinson, R.G., Barnas, K.A., Braatne, J.H., Bernhardt, E.S., Palmer, M.A., Alla, J.D. and The National River Restoration Science Synthesis (2006) Stream restoration databases and case studies: a guide to information resources and their utility in advancing the science and practice of restoration. *Restoration Ecology*, 14(2): 177-186.
- Jones, T. (Ed., 2000) *Policy and economic analysis of floodplain restoration in Europe. Opportunities and obstacles*. Wise Use of Floodplains Life Environment Project, WWF European Freshwater Programme, 54 p.
- Jungwirth, M.; Muhar, S. and Schmutz, S. (2002) Re-establishing and assessing ecological integrity in riverine landscapes. *Freshwater Biology*, 47: 867-887.
- Junker, B. and Buchecker, M. (2008) Aesthetic preferences versus ecological objectives in river restorations. *Landscape and Urban Planning*, 85(3-4): 141-154.
- Katz, E. (2003) La gran mentira: la restauración humana de la naturaleza. In Kwiatkowska, T. e Issa, J. (Coords.) *Los caminos de la ética ambiental*, II, 233-244, Plaza y Valdés, México.
- Katz, S.L., Barnas, K., Hicks, R., Cowen, J. and Jenkinson, R. (2007) Freshwater habitat restoration actions in the Pacific Northwest: a decade's investment in habitat improvement. *Restoration Ecology*, 15(3): 494-505.
- Kern, K. (1992) Restoration of lowland rivers: the German experience. In Carling, P.A. and Petts, G.E. (Eds.) *Lowland floodplain rivers: geomorphological perspectives*. 279-297, Wiley, Chichester.
- Khatami, S. (2012) A short note on river restoration: terminology. *Course material for "River Restoration in Europe"*, Lund University.
- Koehn, J.D., Brierley, G.J., Cant, B.L. and Lucas, A.M. (2001) *River restoration framework*. National Rivers Consortium, Land and Water Australia, 130 p., Canberra.
- Kondolf, G.M. (1995) Five elements for effective evaluation of stream restoration. *Restoration Ecology*, 3(2): 133-136.
- Kondolf, G.M. (1995) Geomorphological stream channel classification in aquatic habitat restoration: uses and limitations. *Aquatic Conservation*, 5: 127-141.
- Kondolf, G.M. (2000) Some suggested guidelines for geomorphic aspects of anadromous salmonid habitat restoration proposals. *Restoration Ecology*, 8(1): 48-56.
- Kondolf, G.M. (2000) Process vs. form in restoration of rivers and streams. In Scheu, D.L. (Ed.) *2000 Annual Meeting Proceedings of the American Society of Landscape Architects*, St. Louis, MO, 120-124. American Society of Landscape Architects, Washington D.C.
- Kondolf, G.M. (2006) River restoration and meanders. *Ecology and Society*, 11(2): 42 (online).
- Kondolf, G.M. (2006) When dams get old: dam removal in Western North America. In Lanz, K., Müller, L., Rentsch, C. and Schwarzenbach, R. (Eds.) *Who owns the water?* Lars Müller Publ., Baden, Switzerland.
- Kondolf, G.M. (2011) Setting goals in river restoration: when and where can the river "heal itself"? In Simon, A., Bennett, S.J. and Castro, J.M. (eds.) *Stream restoration in dynamic fluvial systems: scientific approaches, analyses, and tools*, 29-43, AGU, Geophysical Monograph Series, 194, Washington.

- Kondolf, G.M. (2012) The Espace de Liberté and restoration of fluvial process: when can the river restore itself and when must we intervene. In Boon, P.J. and Raven, P.J. (Eds.) *River conservation and management*. 225-241, Wiley-Blackwell, Chichester.
- Kondolf, G.M. and Larson, M. (1995) Historical channel analysis and its application to riparian and aquatic habitat restoration. *Aquatic Conservation*, 5: 109-126.
- Kondolf, G.M. and Micheli, E.M. (1995) Evaluating stream restoration projects. *Environmental Management*, 19: 1-15.
- Kondolf, G.M., Boulton, A.J., O'Daniel, S., Poole, G.C., Rahel, F.J., Stanley, E.H., Wohl, E., Bang, A., Carlstrom, J., Cristoni, C., Huber, H., Koljonen, S., Louhi, P. and Nakamura, K. (2006) Process-based ecological river restoration: visualizing three-dimensional connectivity and dynamic vectors to recover lost linkages. *Ecology and Society*, 11(2): 5 (online).
- Kondolf, G.M., Anderson, S., Lave, R., Pagano, L., Merenlender, A. and Bernhardt, E.S. (2007) Two decades of river restoration in California: what can we learn? *Restoration Ecology*, 15(3): 516-523.
- Kondolf, G.M., Angermeier, P.L., Cummins, K., Dunne, T., Healey, M., Kimmerer, W., Moyle, P.B., Murphy, D., Patten, D., Railsback, S., Reed, D.J., Spies, R. and Twiss, R. (2008) Projecting cumulative benefits of multiple river restoration projects: an example from the Sacramento-San Joaquin River system in California. *Environmental Management*, 42: 933-945.
- Kondolf, G.M. and Yang, C.M. (2008) Planning river restoration projects: Social and cultural dimensions. In Sear, D. and Darby, S. (Eds.) *River Restoration: managing the uncertainty in restoring physical habitat*, 43-60, Wiley, Chichester.
- Kondolf, G.M., Podolak, K. and Grantham, T.E. (2013) Restoring Mediterranean-climate rivers. *Hydrobiologia*, 719: 527-545, DOI 10.1007/s10750-012-1363-y.
- Kristensen, E.A., Baattrup-Pedersen, A., Jensen, P.N., Wiberg-Larsen, P. and Friberg, N. (2012) Selection, implementation and cost of restorations in lowland streams: a basis for identifying restoration priorities. *Environmental Science and Policy*, 23: 1-11.
- Kristensen, E.A., Kronvang, B., Wiberg-Larsen, P., Thodsen, H., Nielsen, C., Amor, E., Friberg, N., Pedersen, M.L. and Baattrup-Pedersen, A. (2014) 10 years after the largest river restoration project in Northern Europe: hydromorphological changes on multiple scales in River Skjern. *Ecological Engineering*, 66: 141-149.
- Kronvang, B., Svendsen, L.M., Brookes, A., Fisher, K., Moller, B., Ottosen, O., Newson, M.D. and Sear, D.A. (1998) Restoration of the rivers Brede, Cole and Skerne: a joint Danish and British EU-LIFE demonstration project. 3: Channel morphology, hydrodynamics and transport of sediment and nutrients. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 8: 209-222.
- Lachat, B. (2001) Tendencias actuales en la restauración de cauces naturales. Nociones de espacio de libertad. XXVIII Congreso Nacional de Parques y Jardines Públicos. León.
- Lachat, B. (2008) Revitalisation des cours d'eau. À l'exemple de la Birse et ses affluents. *Gaz, Wasser, Abwasser*, 3/2008: 199-205.
- Lévêque, C., Souchon, Y., Malavoi, J.R. et Stroffek, S. (2007) Restauration des cours d'eau. *Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France*, 93(2): 53-62.
- Levine, J. (2004) *Adaptive management in river restoration: theory vs. practice in western North America*. Water Resources Center Archives, Restoration of Rivers and Streams. University of California, 25 p.
- López Santalla, A., Palacios, E. y Molina, J.R. (2013) La complejidad social y administrativa asociada a la restauración de ecosistemas fluviales. 6º Congreso Forestal Español Montes: servicios y desarrollo rural. Sociedad Española de Ciencias Forestales, Vitoria-Gasteiz.
- Machado, A. (2001, 2002) Restauración ecológica: una introducción al concepto. *Medio Ambiente Canarias*, 21: 31-34 y 22: 29-32.
- Magdaleno, F. (2008) *Manual de técnicas de restauración fluvial*. CEDEX, 300 p., Madrid.
- Magdaleno, F. (2012) ¿Cómo se restaura hidrológicamente un río? Nota técnica nº 5. Centro Ibérico de Restauración Fluvial.
- Malavoi, J.R. (2009) Hydromorphological stream restoration: french concepts and examples. *RRC Conference Proceedings*.
- Malavoi, J.R. et Adam, P. (2007) Préservation et restauration physique des cours d'eau. Aspects techniques. *Techniques, Sciences, Méthodes*, 2: 39-53.
- Malavoi, J.R. et Adam, P. (2007) Les interventions humaines et leurs impacts hydromorphologiques sur les cours d'eau. *Ingénieries*, 50: 35-48.
- Malavoi, J.R. et Adam, P. (2007) La restauration hydromorphologique des cours d'eau: concepts et principes de mise en oeuvre. *Ingénieries*, 50: 49-69.
- Malavoi, J.R. et Bravard, J.P. (2010) *Éléments d'hydromorphologie fluviale*. Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA), 224 p., Vincennes.
- Malavoi, J.R., Garnier, C.C., Landon, N., Recking, A. et Baran, P. (2011) *Éléments de connaissance pour la gestion du transport solide en rivière*. Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA), 216 p., Vincennes.
- Malavoi, J.R. et Salgues, D. (2011) *Arasement et dérasement de seuils*. ONEMA et CEMAGREF, 83 p., Vincennes-Antony.
- Massanés, R., Evers, A. (1999) *Corredors blaus i verds. Manual de restauració de riberes fluvials*. Fundació Terra, 155 p.
- Maynard, C.M. (2013) *Public participation in river research and management: scale, levels of participation and the contexts of knowledge co-production*, PhD thesis, Durham University.
- McDonald, A., Lane, S.N., Haycock, N.E. and Chalk, E.A. (2004) Rivers of dreams: on the gulf between theoretical and practical aspects of an upland river restoration. *Transactions of the Institute of British Geographers New Series*, 29: 257-281.
- Merenlender, A. and Deitch, M. (2007) Public participation and social considerations: the key to restoration at the watershed scale. *II Seminario Internacional de Restauración de Ríos*, Madrid.
- Mitsch, W.J. and Jorgensen, S.E. (2002) *Ecological engineering and ecosystem restoration*. Wiley, 397 p., New York.
- Molina, R. (2014) *Recopilación y divulgación del conocimiento y buenas prácticas en relación a la gestión de los espacios*

- fluviales y sus recursos. Proyecto EFLUS I. CEDER La Manchuela (Albacete), Programa FEADER.
- Montes, C. y Carrascal, F. (Coords., 2005) *La restauración ecológica del río Guadimar y el proyecto del corredor verde. La historia de un paisaje emergente*. Junta de Andalucía, 486 p., Sevilla.
- Montgomery, D.R. and Bolton, S.M. (2003) Hydrogeomorphic variability and river restoration. In Wissmar, R.C. and Bisson, P.A. (eds.) *Strategies for restoring river ecosystems: sources of variability and uncertainty in natural and managed systems*, 39-80. American Fisheries Society.
- Morandi, B. (2014) *La restauration des cours d'eau en France et à l'étranger: de la définition du concept à l'évaluation de l'action. Éléments de recherche applicables*. Thèse de Doctorat, Université de Lyon, 2 vols.
- Morandi, B. et Piégay, H. (2011) Les restaurations de rivières sur Internet: premier bilan. *Natures Sciences Sociétés*, 19: 224-235.
- Morandi, B., Piégay, H., Lamouroux, N. and Vaudor, L. (2014) How is success or failure in river restoration projects evaluated? Feedback from French restoration projects. *Journal of Environmental Management*, 137: 178-188.
- Moreno, S. (2005) *Restauración ecológica en ríos de la cuenca del Ebro. Propuestas de actuaciones de restauración en los Ojos de Monreal del Campo-Río Jiloca (Teruel) y tramos del curso bajo del río Gállego (Zaragoza)*. Tesis Master CIHEAM-Instituto Agronómico Mediterráneo, Zaragoza.
- Moss, T. (2007) Institutional drivers and constraints of floodplain restoration in Europe. *International Journal of River Basin Management*, 5(2): 121-130.
- Muhar, S., Schmutz, S. and Jungwirth, M. (1995) River restoration concepts, goals and perspectives. *Hydrobiologia*, 303: 183-194.
- Muhar, S., Unfer, G., Schmutz, S., Jungwirth, M., Egger, G. and Angermann, K. (2004) Assessing river restoration programmes: habitat conditions, fish fauna and vegetation as indicators for the possibilities and constraints of river restoration". *Proceedings of 5th International Symposium on Ecohydraulics. Aquatic Habitats: Analysis and Restoration*, I: 300-305, Madrid.
- Muhar, S., Jungwirth, M., Unfer, G., Wiesner, C., Poppe, M., Schmutz, S., Hohensinner, S. and Habersack, H. (2008) Restoring riverine landscapes at the Drau River: successes and deficits in the context of ecological integrity. In Habersack, H., Piégay, H. and Rinaldi, M. (Eds.) *Gravel bed rivers VI: from process understanding to river restoration*, 779-807, Elsevier, Amsterdam.
- Nakamura, K. and Tockner, K. (2004) River and wetland restoration in Japan. *3rd European Conference on River Restoration*, 211-220, Zagreb.
- Nakamura, K., Tockner, K. and Amano, K. (2006) River and wetland restoration: lessons from Japan. *Bioscience*, 56(5): 419-429.
- Nardini, A. e Sansoni, G. (Dir., 2006) *La riqualificazione fluviale in Italia. Linee guida, strumenti ed esperienze per gestire i corsi d'acqua e il territorio*. CIRF, Mazzanti ed., 832 p., Venezia.
- Newson, M.D. and Large, A.R.G. (2006) 'Natural' rivers, 'hydromorphological quality' and river restoration: a challenging new agenda for applied fluvial geomorphology. *Earth Surface Processes and Landforms*, 31: 1606-1624.
- Nijland, H.J. and Cals, M.J.R. (Eds., 2001) *River Restoration in Europe: practical approaches. Proceedings of the conference on river restoration*. Wageningen. Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment / RIZA.
- Nilsson, C., Jansson, R., Malmqvist, B. and Naiman, R.J. (2007) Restoring riverine landscapes: the challenge of identifying priorities, reference states, and techniques. *Ecology and Society*, 12(1): 16 (online).
- O'Hanley, J.R. (2011) Open rivers: Barrier removal planning and the restoration of free-flowing rivers. *Journal of Environmental Management*, 92: 3112-3120.
- Ole, H. (1997) *Restauración de ríos y arroyos (Experiencias y ejemplos en Dinamarca)*. Ministerio del Medio Ambiente y de la Energía. Instituto Nacional de Investigaciones del Medio Ambiente. 100 p.
- Ollero, A. (2008): Alteraciones geomorfológicas de los ríos en Europa y principios para la restauración de su dinámica. En González del Tánago (coord.): *Ríos y sostenibilidad. Semana temática "Agua para la vida"*. Tribuna del Agua de la Exposición Internacional Zaragoza 2008.
- Ollero, A. (2011) Sobre el objeto y la viabilidad de la restauración ambiental. *Geographicalia*, 59-60: 267-279.
- Ollero, A. (2011) Restauración fluvial: principios, dificultades y propuestas. La perspectiva del CIREF. *I Congreso Ibérico de Restauración Fluvial*, 36-45, MARM, CHD y CIREF, León.
- Ollero, A. y Romeo, R. (coord, 2007) *Las alteraciones geomorfológicas de los ríos. Mesas de trabajo de la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos*, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Ollero, A. y Sánchez Fabre, M. (2007) Función, problemática y restauración de ríos y riberas. *Revista de Andorra*, 7: 61-83.
- Ollero, A. and Elso, J. (2007) The need for a "fluvial territory" or "room for the river": living with floods by acceptance of their functions. In Baker, C. and van Eijk, P. (Eds.) *Sustainable flood management: obstacles, challenges and solutions*, 59-63, Interreg IIIC Network FLAPP "Flood Awareness and Prevention Policy in border areas", Maastricht.
- Ollero, A., Ibisate, A. y Elso, J. (2009) El territorio fluvial y sus dificultades de aplicación. *Geographicalia*, 56: 37-62.
- Ollero, A., Ibisate, A. y Elso, J. (2010) *El territorio fluvial, espacio para la restauración*. Nota técnica nº 1. Centro Ibérico de Restauración Fluvial, 7 p.
- Ollero, A., Ibisate, A., Horacio, J., Ferrer, C., Martín Vide, J.P., Acín, V., Ballarín, D., Díaz, E., Granado, D., Mora, D., Sánchez Fabre, M. (2011) Indicadores geomorfológicos para el seguimiento de la restauración fluvial. *I Congreso Ibérico de Restauración Fluvial*, 346-355, MARM, CHD y CIREF, León.
- Ollero, A. and Ibisate, A. (2012) Space for the river: a flood management tool. In Wong, T.S.W. (Ed.) *Flood risk and flood management*, 199-218, Nova Pub., Hauppauge, NY.
- Ollero, A., Ibisate, A., Acín, V., Ballarín, D., Besne, P., Díaz, E., Ferrer-Boix, C., Granado, D., Herrero, X., Horacio, J., Martín Vide, J.P., Mesanza, A., Mora, D., Sánchez, I. (2014)

- Geomorfología y restauración fluvial: seguimiento del derribo de presas en Gipuzkoa. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 40(1): 67-88.
- Ollero, A., Ibisate, A., Granado, D. and Real de Asua, R. (in press) Channel responses to global change and local impacts: perspectives and tools for floodplain management (Ebro River and tributaries, NE Spain). In Hudson, P.F. and Middelkoop, H. (eds.) *Geomorphology and management of embanked floodplains: North American and European fluvial systems in an era of global environmental change*, Springer.
- ONEMA (2010) *La restauration des cours d'eau. Recueil d'expériences sur l'hydromorphologie*. ONEMA, MEEDDM, Agences de l'Eau, 453 p.
- Otto, B., McCormick, K. and Leccese, M. (2004) *Ecological riverfront design: restoring rivers, connecting communities*. American Planning Association and American Rivers, 177 p., Chicago.
- Pahl-Wostl, C. (2006) The importance of social learning in restoring the multifunctionality rivers and floodplains. *Ecology and Society*, 11(1): 10 (online).
- Palmer, M.A., Hart, D.D., Allan, J.D., Bernhardt, E. and the National Riverine Restoration Science Synthesis Working Group (2003) Bridging engineering, ecological, and geomorphic science to enhance riverine restoration: local and national efforts. *Proceedings of National Symposium on Urban and Rural Stream Protection and Restoration, EWRI World Water and Environmental Congress*, Philadelphia, Pa, June 2003, published by the American Society of Civil Engineers, Reston.
- Palmer, M.A., Bernhardt, E.S., Allan, J.D., Lake, P.S., Alexander, G., Brooks, S., Carr, J., Clayton, S., Dahm, C.N., Follstad Shah, J., Galat, D.L., Loss, S.G., Goodwin, P., Hart, D.D., Hassett, B., Jenkinson, R., Kondolf, G.M., Lave, R., Meyer, J.L., O'Donnell, T.K., Pagano, L. and Sudduth, E. (2005) Standards for ecologically successful river restoration. *Journal of Applied Ecology*, 42: 208-217.
- Palmer M.A. and Bernhardt E.S. (2006) Hydroecology and river restoration: ripe for research and synthesis, *Water Resources Research*, 42(3): 1-4.
- Palmer, M.A., Allan, J.D., Meyer, J. and Bernhardt, E.S. (2007) River restoration in the twenty-first century: data and experiential knowledge to inform future efforts. *Restoration Ecology*, 15(3): 472-481.
- Palmer, M.A., Lettenmaier, D.P., Poff, N.L., Postel, S.L., Richter, B. and Warner, R. (2009) Climate change and river ecosystems: protection and adaptation options. *Environmental Management*, 44: 1053-1068.
- Palmer, M.A., Menninger, H.L. and Bernhardt, E.S. (2010) River restoration, habitat heterogeneity and biodiversity: a failure of theory or practice? *Freshwater Biology*, 55(1): 205-222.
- Palmer, M.A., Filoso, S., and Fanelli, R.M. (2014) From ecosystems to ecosystem services: stream restoration as ecological engineering. *Ecological Engineering*, 65: 62-70.
- Paredes, V. y Ballesteros, F. (Coords., 2012) *Restauración del espacio fluvial. Criterios y experiencias en la cuenca del Duero*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 480 p., Madrid.
- Patt, H. (2007) Experiencias de rehabilitación y restauración de tramos urbanos (review of the developmnt of urban rivers in Germany). *II Seminario Internacional de Restauración de Ríos*, Madrid.
- Pedersen, M.L., Andersen, J.M., Nielsen, K. and Linnemann, M. (2007) Restoration of Skjern River and its valley: project description and general ecological changes in the project area. *Ecological Engineering*, 30: 131-144.
- Perrow, M.R. and Davy, A.J. (Eds., 2002) *Handbook of ecological restoration, vol. 1 Principles of restoration, vol. 2 Restoration in practice*. Cambridge University Press.
- Pess, G.R., Morley, S.A., Hall, J.L. and Tim, R.K. (2004) Monitoring floodplain restoration. In Roni, P. (Ed.) *Monitoring stream and watershed restoration*, 127-165, American Fisheries Society, Bethesda, MD.
- Petts, J. (2006) Managing public engagement to optimize learning: reflections from urban river restoration. *Human Ecology Review*, 13(2): 172-181.
- Piégay, H., Gregory, K.J., Bondarev, V., Chin, A., Dahlstrom, N., Elozegi, A., Gregory, S.V., Joshi, V., Mutz, M., Rinaldi, M., Wyzga, B. and Zawiejska, J. (2005) Public perception as a barrier to introducing wood in rivers for restoration purposes. *Environmental Management*, 36(5): 665-674.
- Poff, N.L., Allan, J.D., Bain, M.B., Karr, J.R., Prestegard, K.L., Richter, B.D., Sparks, R.E. and Stromberg, J.C. (1997): The natural flow regime, a paradigm for river conservation and restoration. *BioScience*, 47(11): 769-784.
- Rabajczyk, A. (2011) Rivers: restoration. In *Encyclopedia of Water Science*, 2307-2319, 2nd Ed. Taylor and Francis, New York.
- Reichert, P., Borsuk, M., Hostmann, M., Schweizer, S., Spörri, C., Tockner, K. and Tuffer, B. (2007) Concepts of decision support for river rehabilitation. *Environmental Modelling and Software*, 22: 188-201.
- RESTORE (2013) *Rivers by design: rethinking development and river restoration*. Partners of the Restore Project, Environment Agency, 44 p., Bristol.
- Rey, J.M., Espigares, T. y Nicolau, J.M. (Eds., 2007) *Restauración de ecosistemas mediterráneos*. Universidad de Alcalá, 272 p., 2ª ed.
- Rickard, C., Day, R. and Purselove, J. (2003) *River weirs, good practice guide*. Environment Agency, Bristol.
- Rinaldi, M., Grant, G., Kondolf, M. and Piégay, H. (2008) *Restoration and management of physical processes and sediments*. 4th ECRR International Conference on River restoration, Chapter 6, Session 5, 377-550.
- Rinaldi, M., Piégay, H. and Surian, N. (2011) Geomorphological approaches for river management and restoration in Italian and French Rivers. *Stream restoration in dynamic fluvial systems: scientific approaches, analyses, and tools*, 95-113, Geophysical Monograph Series 194, American Geophysical Union.
- River Restoration Centre (2002) *Manual of river restoration techniques*, RRC – Web Edition.
- Rohde, S. (2004) *River restoration: potential and limitations to re-establish riparian landscapes. Assessment and planning*. PhD dissertation, Swiss Federal Institut of Technology, 127 p., Zürich.
- Rohde, S., Schütz, M., Kienast, F. and Englmaier, P. (2005) River widening: an approach to restoring riparian habitats and plant species. *River Research and Applications*, 21: 1075-1094.

- Rohde, S., Hostmann, M., Peter, A. and Ewald, K.C. (2006) Room for rivers: an integrative search strategy for floodplain restoration. *Landscape and Urban Planning*, 78(1-2) 50-70.
- Rollet, A.J., Piégay, H., Dufour, S., Bornette, G. and Persat, H. (2013) Assessment of consequences of sediment deficit on a gravel river bed downstream of dams in restoration perspectives: application of a multicriteria, hierarchical and spatially explicit diagnosis. *River Research and Applications*, DOI: 10.1002/rra.2689.
- Roni, P. and Beechie, T. (Eds., 2013) *Stream and watershed restoration: a guide to restoring riverine processes and habitats*. Wiley-Blackwell, 316 p., London.
- Rood, S.B., Gourley, C.R., Ammon, E.M., Heki, L.G., Klotz, J.R., Morrison, M.L., Mosley, D., Scoppettone, G.G., Swanson, S. and Wagner, P.L. (2003) Flows for floodplain forests: a successful riparian restoration. *BioScience*, 53(7): 647-656.
- Rood, S.B., Samuelson, G.M., Braatne, J.H., Gourley, C.R., Hughes, F.M.R. and Mahoney, J.M. (2005) Managing river flows to restore floodplain forests. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 3(4): 193-201.
- Rosgen, D.L. (1997) A geomorphological approach to restoration of incised rivers. In Wang, S.S.Y., Langendoen, E.J. and Shields, F.D.Jr. (Eds.) *Proceedings of the Conference on management of Landscapes Disturbed by Channel Incision*.
- Rosgen, D.L. (1998) The reference reach: a blueprint for natural channel design. ASCE Wetlands and Restoration Conference, Denver.
- Ruiz-Jaen, M.C. and Aide, T.M. (2005) Restoration success: how is it being measured? *Restoration Ecology*, 13(3): 569-577.
- Rumps, J.M., Katz, S.L., Barnas, K., Morehead, M.D., Jenkinson, R., Clayton, S.R. and Goodwin, P. (2007) Stream restoration in the Pacific Northwest: analysis of interviews with project managers. *Restoration Ecology*, 15(3): 506-515.
- Rutherford, I.D., Jerie, K. and Marsh, N. (2000) *A rehabilitation manual for Australian streams*. Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology and Land and Water Resources Research and Development Corporation, Canberra, 2 vols.
- Sachon, G., Ahyerre, M. et Wasson, G. (2003) Diagnostic et restauration des milieux aquatiques pour 2015. Quelques questions soulevées par la directive cadre européenne sur l'eau. *Techniques Sciences Méthodes*, 1: 39-44.
- Sánchez, O. Peters, E. Márquez, R., Vega, E., Portales, G. Valdez, M. y Azuara, D. (Eds., 2005) *Temas sobre restauración ecológica*. Instituto Nacional de Ecología, 256 p., México D.F.
- Sánchez Fabre, M. y Ollero, A. (2010) Agua y medio ambiente en España: diagnóstico y perspectivas de algunas líneas de acción. *Investigaciones Geográficas*, 51: 53-79.
- Sanz Ronda, F.J., Bravo, F.J., Fuentes, J.F., Ruiz, J., García Vega, A., Ramos, N., Salgado, V.M. y Martínez de Azagra, A. (2013) *Pasos para peces: escalas y otros dispositivos de paso*. Nota técnica nº 7, Centro Ibérico de Restauración Fluvial, 17 p.
- Schabuss, M., Schiemer, F., Habersack, H. and Liedermann, M. (2006) A comprehensive concept for an eco-hydrological assessment of large scale restoration programmes of floodplain rivers. In: Interfacing the past and the future of ecology and water management in a large European River. *Proceedings 36th International Conference of International Association for Danube Research*, 41-46, Vienna.
- Schiemer, F., Baumgartner, C. and Tockner, K. (1999) Restoration of floodplain rivers: the Danube restoration project. *Regulated Rivers: Research and Management*, 15: 231-244.
- Schmidt, G. y Otaola, M. (2002) *Manual práctico para la aplicación de técnicas de bioingeniería en la restauración de ríos y riberas*. Ministerio de Fomento. CEDEX, 170 p., Madrid.
- Schmidt, G., Ballester, A., López Santalla, A., Palacios, E. y Molina, J.R. (2011) *Restauración de ríos. Guía metodológica para el diseño de procesos de participación*. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, 133 p., Madrid.
- Schweizer, S., Borsuk, M.E. and Reichert, P. (2007) Predicting the morphological and hydraulic consequences of river rehabilitation. *River Research and Applications*, 23: 303-322.
- Sear, D.A., Wheaton, J.M. and Darby, S.E. (2008) Uncertain restoration of gravel-bed rivers and the role of geomorphology. In Habersack, H., Piégay, H. and Rinaldi, M. (Eds.) *Gravel bed rivers VI: from process understanding to river restoration*, 739-760, Elsevier, Amsterdam.
- Sear, D.A., Hill, C.T. and Downes, R.H.E. (2008) *Geomorphological assessment of riverine SSSIs for the strategic planning of physical restoration*. Natural England Research Report NERR013, 70 p.
- Sear, D.A., Newson, M.D., Hill, C., Old, J. and Branson, J. (2009) A method for applying fluvial geomorphology in support of catchment-scale river restoration planning. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 19: 506-519.
- Shields, F.D.Jr., Cooper, C.M. and Knight, S.S. (1995) Experiment in stream restoration. *Journal of Hydraulic Engineering*, 121(6): 494-502.
- Shields, F.D.Jr. and Cooper, C.M. (1998) Principles for woody vegetation in river restoration: problems and opportunities. In Müller, N., Okuda, S. and Tamai, N. (Eds.) *Proceedings of the International Symposium on River Restoration*, 43-52, Tokyo.
- Shields, F.D.Jr., Brookes, A. and Haltiner, J. (1999) Geomorphological approaches to incised stream channel restoration in the United States and Europe. In Darby, S.E. and Simon, A. (Eds.) *Incised river channels. Processes, forms, engineering and management*, 371-394, Wiley, Chichester.
- Shields, F.D.Jr., Cooper, C.M., Knight, S.S. and Moore, M.T. (2003) Stream corridor restoration research: a long and winding road. *Ecological Engineering*, 20: 441-454.
- Shields, F.D.Jr., Copeland, R.R., Klingeman, P.C., Doyle, M.W. and Simon, A. (2003) Design for stream restoration. *Journal of Hydraulic Engineering*, 129(8): 575-584.
- Shields, F.D., Knight, S.S. and Lizotte, R.E. (2008) Kondolf diagram for river backwater restoration. *Proceedings of the World Environmental and Water Resources Conference*,

- Hawaii, May 2008. American Society of Civil Engineers, New York.
- Simon, A., Bennett, S.J. and Castro J.M. (2013) *Stream restoration in dynamic fluvial systems: scientific approaches, analysis, and tools*. American Geophysical Union, Geophysical Monograph Series, vol. 194, 544 p.
- Skidmore, P.B., Shields, F.D.Jr., Doyle, M.W. and Miller, D.E. (2001) A categorization of approaches to natural channel design. In Hayes, D.F. (Ed.) *ASCE Wetlands Engineering and River Restoration Conference*, Reno, American Society of Civil Engineers.
- Small, M.J. and Doyle, M.W. (2012) Historical perspectives on river restoration design in the USA. *Progress in Physical Geography*, 36(2): 138-153.
- Soar, P.J. and Thorne, C.R. (2001) *Channel restoration design for meandering rivers*. Engineer Research and Development Center. U.S.Army Corps of Engineers, 416 p. + appendix, Washington.
- Sopena, M.P. (2013) *Recuperación del paisaje en la ciudad: las riberas urbanas en las cuencas de los ríos Garona e Isar*. Trabajo Fin de Máster en Estudios Avanzados en Historia del Arte. Universidad de Zaragoza, 131 p.
- Stanford, J.A., Ward, J.V., Liss, W.J., Frissell, C.A., Williams, R.N., Lichatowich, J.A. and Coutant, C.C. (1996) A general protocol for restoration of regulated rivers. *Regulated Rivers: research and Management*, 12: 391-413.
- Sudduth, E.B., Meyer, J.L. and Bernhardt, E.S. (2007) Stream restoration practices in the Southeastern United States. *Restoration Ecology*, 15(3): 573-583.
- Surian, N., Rinaldi, M. and Pellegrini, L. (2011) Channel adjustments and implications for river management and restoration. *Geografía Física e Dinámica Cuaternaria*, 34: 145-152.
- Swenson, R.O., Whitener, K. and Eaton, M. (2003) Restoring floods on floodplains: riparian and floodplain restoration at the Cosumnes River Preserve. In Faber PM (ed.) *California Riparian Systems: Processes and Floodplain Management, Ecology, Restoration, 2001 Riparian Habitat and Floodplains Conference Proceedings*, 224-229, Riparian Habitat Joint Venture, Sacramento.
- Tapsell, S.M. (1995) River restoration: what are we restoring to? A case study of the Ravensbourne river, London. *Landscape Research*, 20(3): 98-111.
- Tockner, K. (2007) Diversity of riverine landscapes and guidelines for restoration. *II Seminario Internacional de Restauración de Ríos*, Madrid.
- Tockner, K., Schiemer, F. and Ward, J.V. (1998) Conservation by restoration: the management concept for a river floodplain system of the Danube River in Austria. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 8: 71-86.
- Tockner, K., Schiemer, F., Baumgartner, C., Kum, G., Weigand, E., Zweimüller, I. and Ward J.V. (1999) The Danube restoration project: species diversity patterns across connectivity gradients in the floodplain system. *Regulated Rivers: Research and Management*, 15: 245-258.
- Tompkins, M.R. and Kondolf, G.M. (2003) Integrating geomorphic process approach in riparian and stream restoration: past experience and future opportunities. In Faber, P.M. (ed.) *California riparian systems: processes and floodplain management, ecology, and restoration*, 230-238, Riparian Habitat and Floodplains Conference Proceedings, Sacramento.
- Tompkins, M.R. and Kondolf, G.M. (2007) Systematic postproject appraisals to maximize lessons learned from river restoration projects: case study of compound channel restoration projects in Northern California. *Restoration Ecology*, 15(3): 524-537.
- Trabucchi, M. (2012) *La evaluación de los servicios de los ecosistemas como herramienta para planificar la restauración ecológica de cuencas hidrográficas*. Tesis doctoral, Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza.
- Trémolières, M., Schnitzler, A. et Silan, P. (Eds., 2007) *Protéger, restaurer et gérer les zones alluviales. Pourquoi et comment?*, Tech and Doc Lavoisier, 239 p., Paris.
- Trentini, G., Monaci, M., Goltara, A., Comiti, F., Gallmetzer, W. e Mazzorana, B. (Dirs., 2012) *Riqualficazione fluviale e gestione del territorio. 2º Convegno italiano sulla riqualficazione fluviale*, Bolzano University Press, 423 p.
- Turner, M.G., Romme, W.H., Gardner, R.H., O'Neill, R.V. and Kratz, T.K. (1993) A revised concept of landscape equilibrium: disturbance and stability on scaled landscapes. *Landscape Ecology*, 8(3): 213-227.
- Van Looy, K. (2006) *River restoration and biodiversity conservation. A disorder approach*. PhD Thesis, Universiteit Antwerpen. Research Institute for Nature and Forest, 392 p., Brussels.
- Velasco, J. (Coord., 2008) *Manual para la restauración de riberas en la cuenca del río Segura*. Confederación Hidrográfica del Segura, 227 p., Murcia.
- Verdú, J., Fuente, E. e Irastorza, M.T. (1996) El río Iregua en los municipios de Nalda y Albelda. Propuesta de restauración ecológica y paisajística. *Zubía*, monográfico 8: 137-165.
- Ward, J.V., Tockner, K., Uehlinger, U. and Malard, F. (2001) Understanding natural patterns and processes in river corridors as the basis for effective river restoration. *Regulated Rivers: Research and Management*, 17: 311-323.
- Watson, C.C., Biedenharn, D.S. and Bledsoe, B.P. (2002) Use of incised channel evolution models in understanding rehabilitation alternatives. *Journal of the American Water Resources Association*, 38(1): 151-160.
- Webb, A.A. and Erskine, W.D. (2003) A practical scientific approach to riparian vegetation rehabilitation in Australia. *Journal of Environmental Management*, 68(4): 329-341
- Wharton, G. and Gilvear, D.J. (2006) River restoration in the UK: Meeting the dual needs of the European Union Water Framework Directive and flood defence? *International Journal of River Basin Management*, 4(4): 1-12.
- Wheaton, J.M. (2005) Review of river restoration motives and objectives. Unpublished review, Southampton 12 p.
- Williams, P.B. (2001) River engineering versus river restoration. In Hayes, D.F. (Ed.) *ASCE Wetlands Engineering and River Restoration Conference*, Reno, American Society of Civil Engineers.
- Williams, P.B., Andrews, E., Opperman, J.J., Bozkurt, S., and Moyle, P.B. (2009) Quantifying activated floodplains on a lowland regulated river: its application to floodplain

- restoration in the Sacramento Valley. *San Francisco Estuary and Watershed Science*.
- Wissmar, R.C. and Beschta, R.L. (1998) Restoration and management of riparian ecosystems: a catchment perspective. *Freshwater Biology*, 40: 571-585.
- Wohl, E. (2005) Compromised rivers: understanding historical human impacts on rivers in the context of restoration. *Ecology and Society*, 10(2): 2 (online).
- Wohl, E., Angermeier, P.L., Bledsoe, B., Kondolf, G.M., McDonnell, L., Merritt, D.M., Palmer, M.A., Poff, N.L. and Tarboton, D. (2004) *River restoration*. 23 p. Consortium of Universities for the Advancement of Hydrologic Science (online).
- Wolfert, H.P. (2001) *Geomorphological change and river rehabilitation. Case studies on lowland fluvial systems in the Netherlands*. Alterra Green World Research, 200 p., Wageningen.
- Wolter, C., Mischke, U., Pottgiesser, T., Kail, J., Halle, M., Van de Weyer, K. and Reinfeld-Klein, M. (2009) A framework to derive most efficient restoration measures for human modified large rivers. *The International Conference of Science and Information Technologies for Sustainable Management of Aquatic Ecosystems*. Concepción, Chile.
- Wolters, H.A., Platteeuw, M. and Schoor, M.M. (Eds., 2001) *Guidelines for rehabilitation and management of floodplains. Ecology and safety combined*. The Netherlands Centre for River Studies (NCR), 184 p., Delft.
- Woodhill, J. and Robins, L. (1998) *Participatory evaluation for landcare and catchment groups: a guide for facilitators*. Greening Australia, 54 p., Yarralumla.
- Woolsey, S., Weber, C., Gonser, T., Hoehn, E., Hostmann, M., Junker, B., Roulier, C., Schweizer, S., Tiegs, S., Tockner, K. and Peter, A. (2005) *Handbook for evaluating rehabilitation projects in rivers and streams*. Publication by the Rhone-Thur project. Eawag, WSL, LCH-EPFL, VAW-ETHZ. 108 p., Zürich.
- Woolsey, S., Capelli, F., Gonser, T., Hoehn, E., Hostmann, M., Junker, B., Paetzold, A., Roulier, C., Schweizer, S., Tiegs, S., Tockner, K., Weber, C. and Peter, A. (2007) A strategy to assess river restoration success. *Freshwater Biology*, 52: 752-769.
- Wyźga, B., Zawiejska, J., Radecki-Pawlik, A. and Hajdukiewicz, H. (2012) Environmental change, hydromorphological reference conditions and the restoration of Polish Carpathian rivers. *Earth Surface Processes and Landforms*, 37: 1213-1226.
- Zöckler, C. (2000) *Wise use of floodplains. Life Environment Project. A review of 12 WWF River Restoration Projects across Europe*. WWF European Freshwater Programme, 94 p., Cambridge.