Semana temática: Agua para la vida.

Eje temático: Ríos y sostenibilidad

Título de la ponencia: *Alteraciones geomorfológicas de los ríos en Europa y principios para la restauración de la dinámica fluvial. (Geomorphological alterations of European rivers and principles for the restoration of river dynamics)*

Autor: Alfredo Ollero Ojeda
Profesor Titular de Geografía Física. Universidad de Zaragoza.

Resumen
Los procesos geomorfológicos son la base fundamental del correcto funcionamiento de los cursos fluviales como ecosistemas. Por ello, los indicadores geomorfológicos (integrados en los "hidromorfológicos" en la Directiva 2000/60/CE) son clave para determinar el estado ecológico de los ríos. Sin embargo, las importantes afecciones en la geomorfología fluvial de muchas acciones humanas no suelen ser valoradas, a veces ni siquiera son citadas en los estudios de impacto, ni causan preocupación (quizás por desconocimiento) en responsables de la gestión hídrica y territorial. En Europa las alteraciones geomorfológicas de los ríos son muy graves y extendidas. Hay incluso valiosas tipologías fluviales, como los cursos trenzados, que están a punto de desaparecer. El deterioro geomorfológico de los ríos europeos aumenta progresivamente, ya que cada vez se ejecutan más actuaciones directas en cauces y riberas relacionadas con procesos de urbanización, actuaciones que son especialmente agresivas contra los procesos geomorfológicos y las morfologías fluviales. Es necesario evaluar los indicadores geomorfológicos y darles mayor peso específico dentro de la valoración global del estado ecológico. Y es urgente establecer principios de restauración de la dinámica fluvial, una restauración compleja, en la que el propio río debe desarrollar, con espacio y tiempo suficientes, la mayor parte del trabajo.

Abstract
The geomorphological processes are the key to the appropriate functioning of rivers as ecosystems. Thus, geomorphological indicators (integrated within the "hydromorphological" indicators in the Water Framework Directive 2000/60/EU) are essential to determine the ecological status of rivers. However, the important effects of human actions on river geomorphology tend to be underestimated; they are even omitted in many impact studies and they do not usually cause concern (probably due to ignorance) to water and land managers. In Europe, geomorphological alterations of rivers are very serious and widely spread. Even valuable river typologies like braided rivers that do still exist, are about to disappear. The geomorphological deterioration of European rivers is increasing progressively, as more direct actions on channels and floodplains related to urbanization processes are carried out every time; these actions are especially aggressive against geomorphological processes and river morphologies. It is absolutely necessary to assess the geomorphological indicators and to give them higher priority within the global assessment of the ecological status. And it is urgent to establish principles for the restoration of river dynamics; no doubt it is a complex restoration, in which the river itself must develop, with time and space enough, most of the effort.

Palabras clave: indicadores geomorfológicos, deterioro geomorfológico, restauración.
Key words: fluvial geomorphology, European rivers, human impacts, hydromorphological assessment, river management, river restoration

Alteraciones geomorfológicas de los ríos en Europa y principios para la restauración de la dinámica fluvial.

1. Introducción

Los ríos son sistemas naturales enormemente dinámicos y complejos cuya principal función es el transporte de agua, sedimentos, nutrientes y seres vivos, conformando corredores de gran valor ecológico, paisajístico y bioclimático. Por tanto, la red fluvial constituye un elemento clave en la dinámica ambiental y en la planificación territorial. Los ríos cuentan con mecanismos de autorregulación de sus escorrentías extremas y con sistemas de autodepuración, llegando a regular también los procesos litorales (deltas, playas, etc.). Todas estas valiosas funciones fluviales sólo pueden ser desarrolladas en los ríos, barrancos y ramblas que conservan una dinámica activa con procesos naturales de erosión, transporte y sedimentación (Ollero, 2007), es decir, sólo si se respetan los diferentes grados de libertad geomorfológica (Martín Vide, 2006).

Estos sistemas naturales en equilibrio dinámico o ajuste permanente cuentan con esa dinámica o movilidad geomorfológica, lateral y vertical, como mecanismo de regulación de las fluctuaciones de los caudales líquidos y sólidos (Werritty, 1997). El cauce fluvial es un elemento geomorfológico construido por el propio río para evacuar con eficiencia los caudales hídricos y sólidos. Su morfología y dimensiones son modeladas por sobrantes energéticos, de manera que quedan ajustadas para poder conducir las crecidas ordinarias entre las orillas. En ríos y ramblas mediterráneos los procesos controlan a las formas en episodios de gran magnitud, mientras que las formas controlan a los procesos con caudales medios y bajos (Graf, 1988). El perfil longitudinal, generalmente resuelto en una sucesión de rápidos y remansos, es también un mecanismo automático que regula el transporte y da unidad y continuidad a todo el sistema.

La llanura de inundación o cauce mayor es recinto de disipación de energía de las aguas desbordadas y de almacenamiento de caudal a lo largo del proceso, efecto laminador que repercute en la reducción del caudal-punta aguas abajo. Es también un recinto de decantación, responsable del crecimiento vertical de los depósitos y de la fertilidad de los materiales finos que la corriente transportaba en suspensión. La inundación recarga el acuífero aluvial que se encuentra bajo la llanura, garantizando un nivel freático elevado. Dentro de la llanura de inundación se desarrolla el corredor ribereño, mosaico de terrenos definidos por el tipo de sedimento y su altitud relativa respecto al cauce y al freático.

Las especies de ribera están adaptadas a todos estos procesos de erosión y sedimentación. La dinámica geomorfológica fluvial es el motor de una dinámica ecológica intensa, garante de la riqueza y diversidad de estos sistemas naturales (Malavoi *et al.,* 1998). La geomorfología determina una gran variedad de hábitats muy variables en el tiempo, favoreciendo la biodiversidad y productividad de los ecosistemas acuáticos y ribereños (González del Tánago y García de Jalón, 2007). Las pulsaciones, ritmos o fluctuaciones de caudal regulan los intercambios ecológicos entre las distintas unidades acuáticas y terrestres del hidrosistema fluvial y, por tanto, son fundamentales para la supervivencia de los corredores ribereños (Junk *et al.,* 1989; Tockner *et al.,* 2000). Las crecidas con abundante caudal líquido y sólido constituyen el motor de la dinámica fluvial.

Así pues, los procesos geomorfológicos son la base fundamental del correcto funcionamiento de los cursos fluviales como ecosistemas. Y, en consecuencia, los indicadores geomorfológicos son clave para determinar el estado ecológico de los ríos. Puede hablarse, por tanto, de una "calidad geomorfológica" y de la geomorfología fluvial como patrimonio natural. Si se quiere conservar un río como ecosistema y como corredor ambiental en el territorio se debe proteger ante todo su dinámica hidrogeomorfológica, porque ésta es la que va a garantizar la biodiversidad, la calidad ambiental y la protección de todos y cada uno de los elementos del sistema y de sus relaciones.

Sin embargo, diversas actividades humanas presentan una alta capacidad de modificación del funcionamiento hidrológico y de la dinámica fluvial. Precisamente el funcionamiento dinámico de ríos y ramblas, su actividad continua, que los hace valiosísimos como sistemas naturales, es lo que dificulta su gestión y ha llevado a obras de contención o de fijación enormemente impactantes en los ecosistemas fluviales, ya que han destruido la propia dinámica geomorfológica.

En Europa las alteraciones geomorfológicas de los ríos son muy graves y extendidas. Hay incluso valiosas tipologías fluviales, como los cursos trenzados *(braided),* que están a punto de desaparecer. La destrucción antrópica de las dinámicas geomorfológicas fluviales, 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 bien interesada. Cada vez se ejecutan más actuaciones directas en cauces y riberas relacionadas con los crecientes procesos de urbanización, actuaciones que son especialmente agresivas contra los procesos geomorfológicos y las morfologías fluviales.

Estas importantes afecciones en la geomorfología fluvial de muchas acciones humanas no suelen ser valoradas. En España es sintomático que en muchos informes y proyectos ni siquiera se contempla el impacto geomorfológico en los cauces. Y no se observa ningún tipo de preocupación por esta problemática en responsables de la gestión hídrica y territorial. Incluso en los colectivos conservacionistas no suele atenderse a esta preocupación, sino que suelen limitarse a la defensa del medio biótico. En suma, se constata un desconocimiento generalizado de la dinámica geomorfológica de los sistemas fluviales, paralelo a un consolidado desprecio social por los cauces de gravas, por los lechos secos o por las orillas inestables.

Ante la problemática expuesta es necesario y urgente plantear y desarrollar en el futuro tres líneas de trabajo fundamentales:

- -Establecer sistemas de evaluación de la calidad geomorfológica, otorgando a ésta mucho mayor peso específico dentro de la valoración global del estado ecológico.
- -Frenar las actuales intervenciones tipo en los cauces (canalizaciones, escolleras, dragados…) y sentar los principios básicos y los fundamentos metodológicos de una auténtica restauración geomorfológica fluvial que ha de ponerse en práctica con rapidez.
- -Desarrollar programas de formación en geomorfología fluvial para técnicos y responsables y de educación ambiental en esta línea para el conjunto de la población.

2. Origen y consecuencias de las alteraciones geomorfológicas en los ríos europeos

Los ríos y corredores ribereños son los espacios más dañados y amenazados de Europa (Tockner & Stanford, 2002). El origen básico de las alteraciones geomorfológicas 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 y en crecimiento, hay que añadir además que la geomorfología fluvial no se valora en absoluto, lo cual se manifiesta en deficiencias legales, desconocimiento socioeducativo, 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 geomorfológico del sistema, tanto los procesos como las formas.

2.1. Alteraciones geomorfológicas por desnaturalización hidrológica y por efecto de embalses

Numerosas alteraciones geomorfológicas tienen lugar a raíz de alteraciones hidrológicas en volumen, régimen y procesos extremos, en la cuenca o en el propio curso aguas arriba. Estas modificaciones en el funcionamiento hidrológico son causadas por embalses, derivaciones, vertidos, detracciones, retornos, trasvases, cambios de usos del suelo y procesos de urbanización de la cuenca, incendios, repoblaciones.... Los embalses son los principales artífices de las alteraciones hidrológicas, sobre todo por tres efectos: a) reducen caudales por derivaciones y por incremento de la evaporación desde su vaso, b) modifican el régimen hidrológico aguas abajo regularizándolo (laminan las aguas altas y reducen también los estiajes) y c) reducen el número de crecidas ordinarias.

Al modificarse el caudal cambia la potencia y competencia de la corriente y con ello se modifican los procesos de erosión, transporte y sedimentación, adaptándose a la nueva situación la morfología y las dimensiones tanto del cauce (fondo del lecho, márgenes, barras sedimentarias…) como de las riberas. Sólo en casos de urbanización o incendios en la cuenca y de vertidos o recepción de trasvases la alteración conlleva incrementos en el volumen de caudal y en su torrencialidad que pueden aumentar o excitar la dinámica geomorfológica. Pero en la mayor parte de los casos las modificaciones antrópicas generan reducción de caudal 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. Los casos más extremos corresponden a los "cortocircuitos" hidroeléctricos al pie de algunos embalses y minicentrales, en los que quedan prácticamente en seco tramos fluviales que pierden totalmente su dinámica geomorfológica, convirtiéndose 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 especies climácicas ajenas a la vegetación ripícola. Un ejemplo paradigmático es el del tramo del Cinca al pie de la presa de El Grado y hasta la confluencia del Ésera (Ollero *et al.,* 2001).

Aguas abajo de los embalses encontramos alteraciones geomorfológicas muy marcadas (Brandt, 2000) 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 trenzado a cauce único con cierto encajamiento y sinuosidad, tal como ha ocurrido en la mayoría de los cursos alpinos, pirenaicos e ibéricos. A estos efectos geomorfológicos de los embalses hay que añadir otros como la pérdida de patrimonio fluvial (tramos que dejan de ser río para convertirse en un lago de grandes fluctuaciones) o la ruptura del continuo fluvial, desconexión que origina también graves problemas ecológicos.

2.2. Alteraciones geomorfológicas por reducción de flujos sedimentarios

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 suele haber obstáculos locales en el propio cauce (vados, puentes…) que originan dificultades en la movilización del flujo sedimentario. La retención de sedimentos en los embalses presenta consecuencias negativas aguas abajo, tanto en el propio sistema fluvial como en deltas y playas. En muchas regiones europeas 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 de los *talwegs*.

El déficit en los flujos sedimentarios origina cambios en los estilos fluviales (Sear & Newson, 2003), 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 (Liébault & Piégay, 2002; Surian & Rinaldi, 2003), 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, mientras la vegetación que las coloniza conduce el flujo contra las márgenes cóncavas incrementando su erosión.

2.3. Alteraciones geomorfológicas por reducción funcional de la llanura de inundación

El papel hidrogeomorfológico de las llanuras de inundación es alterado por infraestructuras y usos del suelo que modifican su funcionalidad. En muy pocos ríos de llanura europeos el llano de inundación puede ejercer sin restricción antrópica sus funciones de disipación de energía en crecida, laminación de caudales-punta por desbordamiento y decantación de sedimentos. En la mayor parte de los casos la llanura de inundación cuenta con defensas longitudinales (diques o motas) que restringen esas funciones naturales. Cuanto más continuas sean estas defensas y más próximas se encuentren al cauce menor, más restringen la inundación. Esa es su función como infraestructuras, la salvaguardia de los bienes expuestos, ya que la ocupación humana de los espacios inundables origina estas situaciones de riesgo. Ahora bien, toda reducción de la funcionalidad natural de la llanura de inundación incrementa la peligrosidad del sistema fluvial aguas abajo o en la margen opuesta o donde la crecida rompe la defensa. Las llanuras de inundación también cuentan con obstáculos (vías de comunicación elevadas, edificios, acequias…) que alteran los procesos hidrogeomorfológicos de desbordamiento e inundación y los flujos de crecida. Igualmente 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.

Las consecuencias geomorfológicas de las pérdidas de funcionalidad de la llanura de inundación son muy variadas. La más relevante es la aceleración de procesos en el espacio no protegido, es decir, en el que mantiene la funcionalidad durante el evento de crecida e inundación, básicamente el cauce menor y la franja ribereña más próxima. Al reducirse el desbordamiento, 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. En consecuencia, hay modificaciones en forma, granulometría y distribución de los depósitos sedimentarios tanto en el lecho como en las márgenes. En los puntos en los que haya cedido la defensa rompiéndose se originarán fuertes socavaciones por entrada brusca de agua en la llanura de inundación, así como pequeños abanicos de sedimentos caóticos. Este tipo de procesos puede registrarse también aguas abajo allí donde la corriente alcance un sector no defendido. La inundación será allí mayor, los procesos se acelerarán y pueden originarse importantes flujos de aguas desbordadas de elevada actividad geomorfológica.

2.4. Alteraciones geomorfológicas por acciones directas sobre la forma del cauce, fondo y márgenes

Los efectos de las actuaciones directas en el cauce (canalizaciones, defensas, dragados, extracciones) son muy intensos localmente, con importantes repercusiones también aguas abajo que se manifiestan en el tiempo con bastante celeridad.

Existen abundantes alteraciones de la geomorfología del trazado en planta. Pueden ser actuaciones drásticas, como desvíos, cortas, relleno de cauces abandonados, 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 evacuan 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.

Se registran con frecuencia alteraciones en los procesos geomorfológicos longitudinales, a raíz de rupturas de continuidad en el sistema y de actuaciones directas sobre el fondo del lecho. Casi todos los sistemas fluviales cuentan con infraestructuras transversales al cauce (presas, azudes, puentes, vados y otos obstáculos menores) que rompen la continuidad del mismo, alterando su dinámica longitudinal y con ello la topografía del fondo del lecho, la sucesión de resaltes y remansos, la granulometría-morfometría de los materiales, los procesos geomorfológicos locales, los patrones de colonización vegetal, etc. Cada presa supone una ruptura de pendiente, del perfil longitudinal del río, que origina alteraciones tanto en los procesos, favoreciendo la incisión al pie de presa, como también en las formas. Las represas suponen también el remanso del flujo y el ensanchamiento del cauce aguas arriba, facilitándose el desbordamiento en momentos de crecida. Los puentes y vados generan consecuencias en la dinámica fluvial similares aunque menos marcadas.

A esta problemática hay que añadir, por sus efectos en los mismos elementos y procesos, la originada por los dragados, extracciones, solados o limpiezas de vegetación en el propio cauce menor. Su incidencia es muy importante en la dinámica vertical, alterando los procesos naturales de acreción e incisión, la secuencia resaltes-pozas y los mecanismos de transporte por rodamiento y saltación, acelerando la velocidad del flujo y originando generalmente importantes problemas de incisión.

El dragado supone la excavación en el propio lecho fluvial o en depósitos de grava laterales, así como eliminación de islas en el cauce, incluyendo la limpieza de la vegetación que las ha colonizado, todo ello con el fin de lograr mayor capacidad de desagüe. También se recortan superficies de gravas suavizando curvaturas. Debe considerarse siempre una medida temporal y no puede extraerse más de lo que aporta el río en sedimentos (Martín Vide, 2006). De hecho, un problema habitual en los dragados es la rapidez con que pueden llenarse de nuevo de acarreos las zonas dragadas, a raíz de cualquier crecida. La extracción de áridos origina efectos geomorfológicos similares a los del dragado (Kondolf, 1997; Kondolf *et al.,* 2002). En muchos ríos se siguen registrando efectos geomorfológicos aun cuando ya hace décadas que concluyó la actividad. Son frecuentes los problemas de estabilidad en puentes y azudes por erosión remontante derivada de viejas extracciones aguas abajo.

Son también muy abundantes las alteraciones geomorfológicas de las márgenes del cauce y de los procesos laterales por impactos directos. Los cauces canalizados o que cuentan con defensas que protegen sus márgenes erosivas encuentran encorsetada su dinámica lateral. Ese es el objetivo de canalizaciones y defensas de margen: estabilizar el cauce para poder utilizar sus orillas. Las canalizaciones totales suelen llevarse a cabo en tramos cortos y generalmente en ámbitos urbanos. Son más frecuentes en pequeños cursos de tamaño manejable. Sus efectos en el funcionamiento natural del sistema fluvial y en su dinámica geomorfológica son muy negativos. 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, con el aspecto de una calle en la que el tránsito hidrológico es solo uno de los usos.

Los escollerados se han extendido prolíficamente por todos los cauces europeos, uniformando y artificializando los paisajes fluviales. Además, edificios, vías de comunicación, acequias y otras infraestructuras adosadas a las márgenes impiden también esta dinámica.

En general, el constreñimiento de la dinámica lateral provoca incrementos en la longitudinal y vertical, con efectos de incisión. Sin embargo, en tramos fluviales con tendencia a la acreción o colmatación, se ha observado que esta tendencia suele acentuarse al ser constreñidos por las defensas, ya que la corriente tiende a sedimentar y se ve forzada a hacerlo en menor espacio, elevándose el cauce.

En suma, la fijación o estabilización de un cauce dinámico es una pérdida enorme de patrimonio natural. Sin embargo, tradicionalmente se ha considerado la erosión de márgenes un riesgo en los

corredores aluviales, siempre como un problema aunque no hubiera bienes humanos amenazados. Ello se debe a que erosión es sinónimo de pérdida de terreno, y no se tiene en cuenta que lo que se pierde se gana en otro lugar (Piégay *et al.,* 1997). Recientemente se están reconsiderando estas ideas tradicionales, debido al carácter insostenible de muchas protecciones de margen, a los problemas que provocan, a sus importantes costes económicos y, por fin, a que se comienza a atender a los científicos que demuestran 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 (Bravard *et al.,* 1999).

2.5. Alteraciones geomorfológicas por deterioro de las riberas

El deterioro de la continuidad, anchura, estructura, naturalidad y conectividad del corredor ribereño produce también efectos negativos sobre la geomorfología del cauce. El papel hidrogeomorfológico principal de la vegetación de ribera es la de filtro de los procesos fluviales, disminuyendo la velocidad de la corriente, favoreciendo la sedimentación diferencial y reforzando y estabilizando las orillas. Un corredor ribereño natural, continuo, ancho, bien estructurado en orlas y estratos y bien interconectado con el cauce y entre sus diferentes bandas o ambientes, ejerce una función de control fundamental en el sistema fluvial en su conjunto y en todos sus procesos geomorfológicos.

En general, la dinámica geomorfológica se acrecienta si se deteriora la vegetación ribereña (Adam *et al.,* 2007). Las aguas desbordadas penetran con mayor facilidad abriendo canales de crecida y generando depósitos de material grueso y escarpes dentro de los propios sotos. Si no hay vegetación los materiales finos se sedimentan con mayor dificultad, incrementándose la turbidez de la corriente. Se aceleran los procesos de erosión en las orillas. El deterioro vegetal puede favorecer que troncos y ramas se incorporen a la corriente e intervengan en los procesos de sedimentación.

3. Sistemas de valoración

Como se ha expuesto hasta aquí, cualquier intervención en el sistema fluvial genera una serie de reacciones en cadena, más allá de la acción puntual, que deben ser tenidas en cuenta. Las actuaciones humanas que generan mayores alteraciones geomorfológicas en el sistema fluvial son los embalses, los cambios antrópicos en la cuenca, las canalizaciones y defensas y los dragados y extracciones de áridos.

La problemática ambiental reseñada está muy extendida en Europa, de manera que son más los tramos fluviales que sufren alteraciones que los que se encuentran en buen estado. La Directiva 2000/60/CE ofrece una nueva perspectiva para la conservación y ordenación de los sistemas fluviales. La necesidad de mejorar y regenerar todas las masas de agua con el horizonte de fin de 2015 está implicando un esfuerzo por evaluar el estado ecológico de los ríos europeos. El mayor esfuerzo científico-técnico en los últimos años se ha centrado en establecer sistemas de valoración de los indicadores hidromorfológicos, para los que no existían índices tradicionales, a diferencia de los indicadores biológicos o físico-químicos (Weiß *et al.,* 2008). Así, la Geomorfología Fluvial está asistiendo a un destacable desarrollo aplicado en la gestión sostenible de cuencas, impulsado en Europa a raíz de la implementación de la Directiva 2000/60/CE (Newson & Large, 2006).

En muchos países se han diseñado sistemas de evaluación hidromorfológica, entre los que podemos destacar el River Habitat Survey, que se desarrolla en el Reino Unido desde 1993 (Raven *et al.,* 1998) y se ha aplicado en Italia (Buffagni & Kemp, 2002), el sistema alemán (LAWA, 2000) y el francés SEQ-Physique (Agences de l'Eau & Ministère de l'Environnement, 1998). Comparados por Raven *et al.* (2002), valoran caracteres hidromorfológicos muy similares: geometría del cauce, perfil longitudinal, perfil transversal, sustrato, vegetación del cauce y restos orgánicos, caracteres de erosión y sedimentación, caracteres del flujo, régimen de caudal, continuidad longitudinal, estructura de las orillas, vegetación ribereña, usos del suelo adyacentes, grado de dinámica lateral y de conectividad del río con el llano de inundación. Otros sistemas de evaluación interesantes son los desarrollados en Austria (Muhar *et al.*, 2004), Eslovenia (Bizjak & Mikoš, 2004), Dinamarca (Pedersen & Baattrup-Pedersen, 2003), Irlanda (McGinnity *et al.,* 2005) o Eslovaquia (Lehotský & Grešková, 2004).

En España se han implantado índices de calidad de espacios ribereños como el QBR -Qualitat del Bosc de Ribera- (Munné *et al.,* 1998) o el IHF -Índice de Hábitat Fluvial- (Pardo *et al.,* 2002). García de Jalón y González del Tánago (2005) han elaborado una metodología de evaluación ecológica que ha llevado al índice RQI, de calidad de las riberas (González del Tánago *et al.,* 2006). La Agència Catalana de l'Aigua ha desarrollado el protocolo HIDRI para la valoración de la calidad hidromorfológica de los ríos (Munné *et al.,* dirs., 2006). En la cuenca del Ebro está siendo aplicado el índice hidrogeomorfológico IHG (Ollero *et al.,* 2007), que se estructura en tres 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, estructura y naturalidad y c) interconectividad transversal. En los cursos encajados, carentes de ribera, se evalúan sólo los dos primeros parámetros. En el proceso de aplicación de este índice IHG se integran todos los impactos y presiones detectados (a partir de documentación, cartografías, fotografías aéreas), con la medición en campo de diferentes indicadores sobre perfiles transversales representativos del tramo fluvial o masa de agua.

4. Principios para la restauración de la dinámica fluvial

4.1. Objetivos

Restaurar no es defender ni estabilizar ni repoblar ni ornamentar, sino restablecer los procesos naturales del sistema fluvial, devolver a los ríos su función, su territorio y su dinámica. Es permitir que el río funcione como tal, que la dinámica hidrogeomorfológica pueda crear terrenos en los que el agua, los sedimentos y la vegetación trabajen, recuperando así su compleja estructura como ecosistema. Es la dinámica fluvial, no el hombre, la que mejor sabe restaurar al río y sus riberas.

Por tanto, restaurando la dinámica fluvial puede lograrse la restauración de todo lo demás. En la práctica, para que la restauración fluvial sea sostenible hay que actuar sobre las causas (los impactos) mucho más que sobre los efectos. Así, restaurar un río es quitarle trabas para que recupere su dinamismo natural y se reconstruya a sí mismo.

Porque los mejores restauradores de su dinámica natural son los propios sistemas fluviales. Los ríos tienen una tendencia a reconstruir su geomorfología, a autocorregirse, a readaptarse a los factores físicos, siempre que se eliminen los elementos antrópicos que los perturban (Williams, 2001). En consecuencia, es factible y aconsejable dar un salto cualitativo en el tratamiento de los ríos, abandonando el principio obsoleto de "la tecnología puede fijarlo" para llegar al "trabajando con el río en lugar de contra él" e incluso al "dejar al río hacer el trabajo" (Downs & Gregory, 2004). La restauración debe contemplar el sistema fluvial como fase de un proceso, como componente dinámico de un paisaje en continua evolución, no como una entidad estable y definitiva.

En suma, la restauración fluvial debe ser ante todo una restauración de la dinámica del sistema fluvial, integrando a los ríos en su evolución natural, conduciéndolos a la geomorfología propia de sus funciones y de los condicionantes de cuenca, recuperando el funcionamiento hidrogeomorfológico activo y complejo, garantizando así su sostenibilidad en el futuro. Debe ser preferente la restauración pasiva y autosostenible: eliminar lo que genera el daño y que el río se restaure solo.

4.2. Dificultades

Ahora bien, en la situación actual de deterioro y teniendo en cuenta los numerosos condicionantes que siguen presionando a los espacios fluviales, la auténtica restauración fluvial es un reto muy difícil en Europa. Lamentablemente en muchos casos habrá que conformarse con rehabilitaciones, sin llegar a la

restauración. Es lo que ha acontecido hasta hoy, ya que se ha optado por actuaciones híbridas entre las propuestas de los expertos ambientales y el pragmatismo de los ingenieros (Shields *et al.,* 2003).

Los factores causantes de esta enorme dificultad científica, técnica y social para desarrollar auténticas restauraciones son los siguientes:

- La propia complejidad de los sistemas fluviales (gobernados por variables cambiantes y heterogéneas en el espacio y en el tiempo, además de no escalables), la imposibilidad de comprobar a escala humana los resultados en muchas ocasiones (teniendo en cuenta que muchos son experimentos no del todo controlados y no reproducibles) o la incertidumbre de que, extrapolando a otros sistemas fluviales las mismas acciones, se llegue a los mismos resultados. Es muy fácil destruir, pero casi imposible reconstruir.
- La imposibilidad de restaurar grandes impactos como los de los embalses, que constituyen la mayor fuente de efectos negativos en la geomorfología fluvial. Dado que los embalses van a seguir existiendo y son pocas las presas que por desuso podrían ser eliminadas en el futuro, uno de los mayores retos de la restauración fluvial consiste en mejorar en la medida de lo posible el funcionamiento dinámico del sistema aguas abajo de estas infraestructuras. Y probablemente sea ya demasiado tarde para solucionar muchos problemas y tendencias.
- La ausencia en muchos países (España, por ejemplo) de auténticas restauraciones antecedentes que puedan servir como modelo de actuación. Porque casi todas las actuaciones llamadas de restauración no son tales, sino en el mejor de los casos meras rehabilitaciones.
- Las enormes inercias sociales y deficiencias administrativas y jurídicas que hay que vencer.
- Los intensos procesos de urbanización y especulación que provocan un incremento continuo en el deterioro de los sistemas fluviales europeos. Mientras se estén restaurando algunos tramos fluviales, muchos más cursos de agua estarán siendo alterados por acciones humanas.
- La correcta restauración está muy alejada de las actuales demandas sociales: parques fluviales y acercamiento a los ríos a costa de urbanizarlos y desnaturalizarlos.

4.3. Requisitos básicos

Para restaurar un sistema fluvial es preciso recuperar su dinámica natural, y para ello son imprescindibles una serie de requisitos:

- Caudales naturales, con fluctuaciones estacionales y procesos extremos. Las crecidas son los auténticos motores de dinámica y de conectividad transversal.
- Sedimentos que puedan movilizarse, generados tanto en la cuenca como en las propias vertientes con las que conecta el cauce y en las propias orillas del mismo.
- Ausencia de defensas e infraestructuras que pudieran encorsetar al cauce o dificultar los procesos de erosión, transporte y sedimentación y las relaciones ecológicas.
- Si el tipo de curso fluvial lo permite, presencia de vegetación natural complejamente estructurada que ejerza sus diversas funciones de filtro y controle la dinámica.
- Un espacio fluvial suficiente (Territorio de Movilidad Fluvial), continuo de arriba abajo para mantener las dinámicas naturales longitudinales y verticales y lo suficientemente ancho para cumplir la dinámica lateral y la conectividad.
- El tiempo necesario para que tengan lugar los procesos naturales, para que el río se renaturalice a sí mismo, un tiempo que no habría que forzar con procedimientos humanos de aceleración ni de ralentización. Los resultados nunca serán inmediatos.

4.4. Propuestas prácticas

Con carácter general, la restauración fluvial debería apoyarse en los siguientes principios prácticos:

- Integración de los procesos de restauración: a) en planes más amplios de gestión fluvial que cuenten con medidas muy restrictivas para numerosas actuaciones, b) en la ordenación del territorio y en el planeamiento urbano, estableciendo nuevas figuras jurídicas y nuevas normativas, y c) en planes de gestión y mitigación de riesgos.
- Es necesaria y urgente la protección de los ríos en mejor estado ecológico para su preservación.

- Hay que frenar el desarrollo urbano en zonas inundables y no consolidar más espacio urbano ni infraestructuras, redes de servicios, colectores, etc. en el territorio fluvial.
- Es necesario que las inversiones en rehabilitación y restauración no terminen financiando parques fluviales ni nuevas defensas, ni dragados, ni limpiezas de vegetación.
- Hay que incrementar las guarderías fluviales y establecer prohibiciones estrictas y sanciones desde los organismos de Demarcación Hidrográfica para cualquier actuación que deteriore la calidad geomorfológica de los sistemas fluviales.
- Hay que exigir que cualquier nueva actuación sea sometida al procedimiento de impacto ambiental sin obviar los impactos geomorfológicos. También es necesario y exigible un informe científico-técnico hidrogeomorfológico previo evaluando la idoneidad de la actuación prevista con las Directivas del Agua (2000/60/CE) y de Inundaciones (2007/60/CE).
- Es imprescindible y urgente la formación de técnicos en conservación fluvial.
- Es fundamental la educación ambiental, con retos urgentes como la lucha en el ámbito mediterráneo contra el desprecio social por los ríos secos, de gravas, muy fluctuantes.
- Dados los grados de incertidumbre existentes, los procesos de restauración han de ser flexibles, de mínima intervención y máxima reversibilidad, sujetos a revisión y seguimiento.

En segundo lugar, es necesario establecer para todos los ríos un Territorio de Movilidad Fluvial, un espacio ancho y continuo no defendido (Ureña y Ollero, 2000). Sería fundamental para el buen estado ecológico al conservar las funciones, la dinámica y la continuidad y conectividad de los ecosistemas. En este espacio puede haber propiedad privada y se pueden desarrollar todo tipo de actividades humanas compatibles con los objetivos ambientales y con la inundación. Como espacio inundable, contribuye a laminar las crecidas por desbordamiento, reduciendo caudales punta y ahorrando en defensas. Su implantación requeriría un "acuerdo de río": compra de terrenos, permutas, indemnizaciones, compensaciones, seguros… El TMF debería tener reconocimiento en la normativa urbanística y de ordenación del territorio.

En tercer lugar, se propone un conjunto de medidas concretas encaminadas a la restauración geomorfológica de los ríos europeos, fundamentadas en la necesaria recuperación tanto de caudales sólidos como de procesos y formas fluviales:

- Desembalses, arrastres controlados por desagües de fondo, dragados en cola de embalses.
- Eliminación de presas en desuso.
- Reconexión de cauces con vertientes, habilitando pasos bajo vías de comunicación.
- Definición de zonas productoras de sedimentos y conservación de las mismas como tales.
- Rebaja de terrenos inundables sobreelevados artificialmente.
- Reintegración al cauce en zonas con déficit sedimentario de productos de extracciones y dragados.
- Eliminación de escolleras y espigones que limiten la llegada de sedimentos al cauce.
- Retirada de elementos antrópicos causantes de perturbación geomorfológica en el cauce.
- Moratoria para detener las actuales intervenciones-tipo, limitando nuevos encauzamientos.
- Reconstrucción de sinuosidades en cauces rectificados rectos.
- Permitir cortas en cauces meandriformes libres.
- Recuperación de brazos secundarios en cauces trenzados que hayan sido simplificados.
- Recuperación de cauces abandonados.
- Reconexión de anexos fluviales.
- Reforma o eliminación de puentes y vados.
- Restricción de pistas y caminos dentro de cauces.
- Eliminación de canalizaciones, al menos en tramos no urbanos.
- Irregularización de cauces canalizados urbanos.
- Reversibilidad de encauzamientos imprescindibles.
- Rebaja de orillas colgadas por incisión, vertiendo los materiales al cauce para frenar el proceso.
- Prohibición de dragados e irregularización de los que sean imprescindibles.
- Eliminación de defensas de margen dentro del Territorio de Movilidad Fluvial.

- Camuflaje de escolleras necesarias y empleo de vegetación o técnicas de bioingeniería si hace falta estabilizar.
- Caudales ambientales con crecidas para que la vegetación no madure al pie de embalses.
- Eliminación de motas o retroceso hasta el borde del Territorio de Movilidad Fluvial.
- Revegetación del corredor ribereño.
- Supresión de actuaciones de reparación urgente tras crecidas.

Son muy escasos los ejemplos en los que se han puesto en práctica estas medidas. Podemos destacar algunas iniciativas como las del Danubio austriaco (Schiemer *et al.,* 1999), las de los ríos ingleses Cole y Skerne (Holmes & Nielsen, 1998), los ríos daneses Skjern (Larsen & Frier, 1999) y Brede (Kronvang *et al.,* 1998), sistemas fluviales holandeses (Buijse *et al.,* 2002), la rotura de presas en Francia (www.rivernet.org) o la rehabilitación del Isar en Baviera (Binder, 2005).

5. Conclusión final

Los procesos geomorfológicos son la base fundamental del correcto funcionamiento de los cursos fluviales. Los indicadores geomorfológicos son clave para determinar el estado ecológico de los ríos. En Europa las alteraciones geomorfológicas de los ríos son muy graves y extendidas, y no deben seguir siendo obviadas, sino evaluadas y corregidas con urgencia. Uno de los mayores retos de la restauración fluvial es la renaturalización de la dinámica geomorfológica, proceso complejo y largo en el tiempo que debe ser realizado fundamentalmente por el río.

6. Referencias

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

Agences de l'Eau & Ministère de l'Environnement (1998): *SEQ-Physique: a system for the evaluation of the physical quality of watercourses.* Paris, 15 p.

Binder, W. (2005): The rehabilitation of the Isar in Munich: a channelized river back to nature. In Toubier, J.T. & Schanze, J. (Eds.): *Urban river rehabilitation: proceedings of the International Conference on Urban River Rehabilitation,* 290-295, Dresden.

Bizjak, A. & Mikoš, M. (2004): Synthesis procedure of assessing the hydromorphological status of river corridors: the Dragonja river case study. In *Proceedings of 5th International Symposium on Ecohydraulics. Aquatic Habitats: analysis and restoration,* Madrid, I, 325-330.

Brandt, S.A. (2000): Classification of geomorphological effects downstream of dams. *Catena,* 40: 375-401.

Bravard, J.P.; Kondolf, G.M. & Piégay, H. (1999): Environmental and societal effects of channel incision and remedial strategies. In Darby, S.E. & Simon, A. (Eds.): *Incised river channels. Processes, forms, engineering and management,* 303-341, Wiley, Chichester.

Buffagni, A. & Kemp, J.L. (2002): Looking beyond the shores of the United Kingdom: addenda for the application of River Habitat Survey in Southern European rivers. *Journal of Limnology,* 61(2), 199-214.

Buijse, A.D.; Coops, H.; Staras, M.; Jans, L.H.; Geest, G.J. van; Grift, R.E.; Ibelings, B.W.; Oosterberg, W. & Roozen, F.C.J.M. (2002): Restoration strategies for river floodplains along large lowland rivers in Europe. *Freshwater Biology,* 47: 889-907.

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

García de Jalón, D. & González del Tánago, M. (2005): Critical approach to reference conditions current evaluation methods in rivers and an alternative proposal. In *Proceedings COST 626 European Aquatic Modelling Network. Final Meeting*. Silkeborg, 91-93.

González del Tánago, M. (2004): La restauración de los cauces y riberas fluviales. *Mètode,* Universitat de València (www.uv.es/metode/anuario2004/124_2004.htm).

González del Tánago, M., García de Jalón, D., Lara, F. y Garilleti, R. (2006): Indice RQI para la valoración de las riberas fluviales en el contexto de la Directiva Marco del Agua. *Ingeniería Civil,* 143, 97-108.

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.

Graf, W.L. (1988): Definition of floodplains along arid region rivers. In Baker, V.R.; Kochel, C.R. & Patton, P.C. (Eds.): *Flood Geomorphology*, 231-242, Wiley, New York.

Holmes, N.T.H. & 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.

Junk, W.J.; Bayley, P.B. & Sparks, R.E. (1989): The flood-pulse concept in river-floodplain systems. *Special Publication of the Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* 106: 110-127.

Kondolf, G.M. (1997): Hungry water: effects of dams and gravel mining on river channels. *Environmental Management,* 21(4): 533-551.

Kondolf, G.M.; Smeltzer, M. & Kimball, L. (2002): *White paper: freshwater gravel mining and dredging issues.* Washington Dpts. of Fish and Wildlife, Ecology and Transportation, 122 p.

Kronvang, B.; Svendsen, L.M.; Brookes, A.; Fisher, K.; Moller, B.; Ottosen, O.; Newson, M.D. & 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.

Larsen, T. & Frier, J.O. (1999): A restoration project for the river Skjern, Denmark. In Ureña, J. M. (Ed.): *River design and environmental protection in Europe*, 579-666. Universidad de Cantabria, Santander.

LAWA (2000): *Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland, Verfahren für kleine und mittelgroße Fließgewässer.* Berlin, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser.

Lehotský, M. & Grešková, A. (2004): *Hydromorphological river survey and assessment (Slovakia).* Bratislava, Slovak Hydrometeorological Institute.

Liébault, F. & Piégay, H. (2002): Causes of 20th century channel narrowing in mountain and piedmont rivers of Southeastern France. *Earth Surface Processes and Landforms,* 27: 425-444.

Malavoi, J.R., Bravard, J.P., Piégay, H., Héroin, E. et Ramez, P. (1998): *Determination de l'espace de liberté des cours d'eau.* SDAGE Rhône-Méditerranée-Corse, 39 p., Lyon.

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

McGinnity, P.; Mills, P.; Müller, M. & Roche, W. (2005): *Water Framework Directive: a desk study to determine a methodology for the monitoring of the 'morphological condition' of Irish rivers.* Environmental Protection Agency, Wexford, 226 p. (synthesis report).

Muhar, S., Unfer, G., Schmutz, S., Jungwirth, M., Egger, G. & Angermann, K. (2004): Assessing river restoration programmes: habitat conditions, fish fauna and vegetation as indicators for the possibilities and constraints of river restoration. In *Proceedings of 5th International Symposium on Ecohydraulics. Aquatic Habitats: analysis and restoration,* Madrid, I, 300-305.

Munné, A., Solà, C. y Prat, N. (1998): QBR: un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. *Tecnología del agua,* 175, 20-37.

Munné, A., Solà, C. y Pagés, J. (2006): *HIDRI: Protocolo para la valoración de la calidad hidromorfológica de los ríos.* Barcelona, Agència Catalana de l'Aigua.

Newson, M.D. & 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.

Ollero, A. (2007): *Territorio fluvial. Diagnóstico y propuesta para la gestión ambiental y de riesgos en el Ebro y los cursos bajos de sus afluentes.* Bakeaz y Fundación Nueva Cultura del Agua, 255 p., Bilbao.

Ollero, A.; Cadiñanos, J.A.; Díaz Bea, E.; Elosegi, U.; García Murga, F.; Ibisate, A.; Meaza, G.; Ormaetxea, O. y Sáenz de Olazagoitia, A. (2001): Análisis y diagnóstico del sistema fluvial y propuestas para la gestión de un tramo regulado en el río Cinca (Huesca). *Actas del XVII Congreso de Geógrafos Españoles,* 185-188, A.G.E., Oviedo.

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

Pardo, I.; Álvarez, M.; Casas, J.; Moreno, J.L.; Vivas, S.; Bonada, N.; Alba-Tercedor, J.; Jáimez-Cuéllar, P.; Moyà, G.; Prat, N.; Robles, S.; Suárez, M.L.; Toro, M. y Vidal-Abarca, M.R. (2002): El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. *Limnetica,* 21(3-4): 115-133.

Pedersen, M.L. & Baattrup-Pedersen, A. (2003): *Økologisk overvågning i vandløb og på vandløbsnære arealer under NOVANA 2004-2009.* Danmarks Miljøundersøgelser. Teknisk Anvisning fra DMU nr. 21.

Piégay, H.; Cuaz, M.; Javelle, E. & Mandier, P. (1997): Bank erosion management based on geomorphological, ecological and economic criteria on the Galaure River, France. *Regulated Rivers: Research & Management,* 13: 433-448.

Raven, P.J., Boon, P.J., Dawson, F.H. & Ferguson, A.J.D. (1998): Towards an integrated approach to classifying and evaluating rivers in UK. *Aquatic Conservation. Marine and Freshwater Ecosystems,* 8(4), 383-393.

Raven, P.J., Holmes, N.T.H., Charrier, P., Dawson, F.H., Naura, M. & Boon, P.J. (2002): Towards a harmonized approach for hydromorphological assessment of rivers in Europe: a qualitative comparison of three survey methods. *Aquatic Conservation. Marine and Freshwater Ecosystems,* 12, 405-424.

Schiemer, F.; Baumgartner, C. & Tockner, K. (1999): Restoration of floodplain rivers: the Danube restoration project. *Regulated Rivers: Research and Management,* 15: 231-244.

Sear, D.A. & Newson, M.D. (2003): Environmental change in river channels: a neglected element. Towards geomorphological typologies, standards and monitoring. *Science of the Total Environment,* 310: 17-23.

Shields, F.D.Jr.; Cooper, C.M.; Knight, S.S. & Moore, M.T. (2003): Stream corridor restoration research: a long and winding road. *Ecological Engineering,* 20: 441-454.

Surian, N. & Rinaldi, M. (2003): Morphological response to river engineering and management in alluvial channels in Italy. *Geomorphology,* 50: 307-326.

Tockner, K.; Malard, F. & Ward, J.V. (2000): An extension of the Flood Pulse Concept. *Hydrological Processes,* 14: 2861-2883.

Tockner, K. & Stanford, J.A. (2002): Riverine flood plains: present state and future trends. *Environmental Conservation,* 29: 308-330.

Ureña, J.M. y Ollero, A. (2000): Criterios y propuestas para la ordenación de áreas fluviales. *Ciudad y territorio, Estudios Territoriales,* XXXII(126): 689-710.

Weiß, A.; Matouskova, M. & Matschullat, J. (2008): Hydromorphological assessment within the EU-Water Framework Directive. Trans-boundary cooperation and application to different water basins. *Hydrobiologia,* 603: 53-72.

Werritty, A. (1997): Short-term changes in channel stability. In Thorne, C.R.; Hey, R.D. & Newson, M.D. (Eds.): *Applied fluvial geomorphology for river engineering and management,* 47-65, Wiley, Chichester.

Williams, P.B. (2001): River engineering versus river restoration. In Hayes, D.F. (Ed.): *ASCE Wetlands Engineering & River Restoration Conference,* Reno, American Society of Civil Engineers.