

BASES PARA LA TIPIFICACIÓN HIDROMORFOLÓGICA DE LOS CURSOS FLUVIALES DE LA RIOJA*

ALFREDO OLLERO OJEDA¹

RESUMEN

Diferenciar distintos tipos de cursos de agua en la red fluvial es un proceso clave de la aplicación de la Directiva 2000/60/CE a la determinación de la calidad ecológica de los ríos. Se aporta un sencillo método de tipificación basado en criterios hidromorfológicos y apoyado en los descriptores que propone la Directiva. Se establecen tres grandes grupos de criterios de tipificación: topográficos, hidroclimáticos y geomorfológicos. A continuación se desarrolla un proceso de simplificación que desemboca en la definición de 8 tipos básicos aplicables a la red fluvial riojana.

Palabras clave: sistemas fluviales, procesos hidromorfológicos, corredores ribereños, Directiva 2000/60/CE, La Rioja

ABSTRACT

Classification of the different types of flowing water bodies is a key process in the application of the Directive 2000/60/EC to determine the ecological quality of rivers. We report a simple method of characterization based on hydromorphological standards and on the description criteria proposed by the Directive. Three overall groups of characterization criteria are established: topographical, hydroclimatic and geomorphological. After that a simplification process is performed, leading to the definition of 8 basic types applicable to the Riojan drainage basins.

Key words: fluvial systems, fluvial processes, riparian corridors, Water Framework Directive, La Rioja.

1. INTRODUCCIÓN

Los ríos son sistemas naturales enormemente dinámicos y complejos. Su principal función es el transporte de agua, sedimentos y nutrientes, pero además conforman espacios lineales de gran valor ecológico, paisajístico y territorial, auténti-

*. Registrado el 29 de agosto de 2003. Aprobado el 20 de septiembre de 2003.

1. Dpto. Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza.

cos corredores que enlazan montañas y tierras bajas. Por tanto, la red fluvial, los ríos o sistemas fluviales, constituye un elemento clave en la dinámica ambiental y en la planificación territorial. En un territorio como el riojano, de interior y con apreciables contrastes climáticos y altitudinales, la complejidad y variedad de los sistemas fluviales es notable.

La Directiva 2000/60/CEE, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, ofrece una nueva perspectiva y un interesante contenido de principios y normativas, en buena medida para la gestión del agua, pero también para la conservación y ordenación de los sistemas fluviales. Así, establece la necesidad de aplicar las medidas necesarias para prevenir el deterioro del estado de las aguas superficiales, proteger, mejorar y regenerar todas las masas de agua con objeto de alcanzar un buen estado para las naturales y un buen potencial ecológico para las aguas artificiales y muy modificadas antes del 31 de diciembre del año 2015 (art.4). Por tanto, la Directiva debe constituir un necesario marco de referencia ya desde el presente, de manera que deben abordarse con cierta urgencia estudios que lleven a su aplicación. Esta aplicación no es sólo una necesidad técnica y de gestión, sino también un reto científico de primer orden.

La tipificación de los sistemas fluviales de un territorio es un paso previo imprescindible para la posterior determinación de su estado ecológico. Se propone (fig. 1) un esquema de trabajo para la aplicación de la directiva a un territorio concreto:

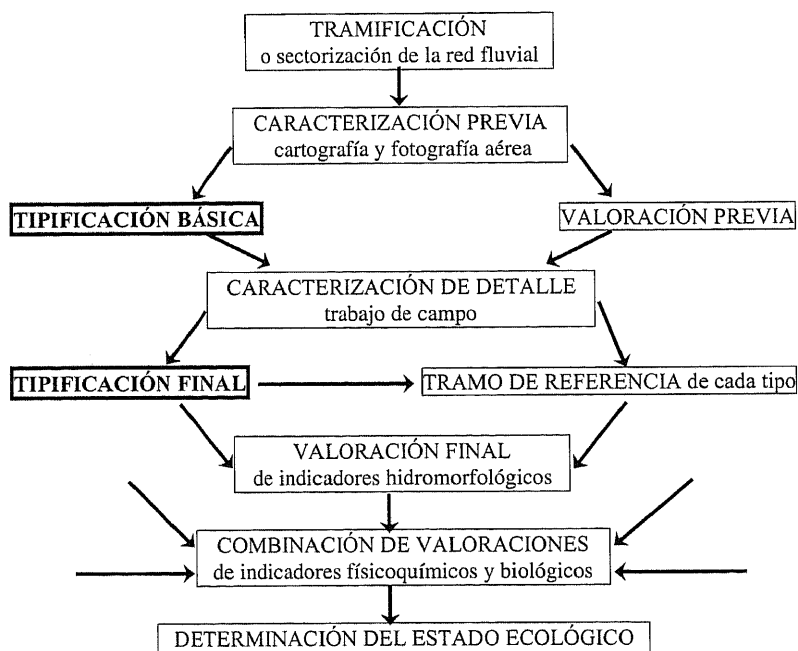


FIG. 1. *Proceso de trabajo para la determinación del estado ecológico de sistemas fluviales, en aplicación de la Directiva 2000/60/CE.*

Como se observa en el esquema, los trabajos de tipificación y de valoración inicial del estado ecológico desde los indicadores hidromorfológicos deberían desarrollarse de forma paralela. Todos ellos se abastecen de datos desde los procesos de caracterización, que son la clave fundamental de trabajo, además de aportar una notable información de cada uno de los tramos de la red fluvial. Un momento clave en el proceso de trabajo es definir cuáles son los tramos representativos de las condiciones de referencia específicas de cada tipo. Esta definición se establecerá desde la tipificación y desde la valoración previa (de la funcionalidad hidromorfológica y del grado de alteración antrópica) a través de la caracterización de detalle y habrá de ser clave para la valoración posterior que exige la Directiva, ya que el valor ecológico final de cada tramo se establecerá en función de su grado de desviación respecto a la calidad máxima, que es la que presenta el tramo de referencia de su tipo concreto.

No existe en la actualidad una metodología en el trabajo de tipificación aceptada por todos o recomendada por la propia Comisión Europea. De hecho, las únicas recomendaciones publicadas hasta el momento son las del documento de la Comisión *Guidance standard CEN TC 230/WG 2/TG 5: N32* (mayo de 2002) y las del grupo de trabajo 2.3 REFCOND, que lanzó en julio de 2002 su primera versión del *Guidance on establishing reference conditions and ecological status class boundaries for inland surface waters* (Wallin *et al.*, 2002). El presente artículo ofrece un intento metodológico sencillo que trata de aportar un granito de arena a esta necesaria labor con la que muchos científicos y técnicos habrán de enfrentarse en los próximos años. Se trata de un ensayo sobre la red fluvial riojana, que constituye el ámbito espacial de estudio. El autor del presente artículo ha podido aplicar la metodología que aquí se esboza dirigiendo un equipo en trabajos posteriores aplicados a la red fluvial aragonesa (Ollero *et al.*, 2003; 2004).

La Directiva presenta un núcleo metodológico fundamental basado en los indicadores biológicos, o en otros (hidromorfológicos, químicos y fisicoquímicos) en la medida en que afectan a los primeros. Este biocentrismo, habitual y tradicional en todos los programas conservacionistas europeos, supone un lastre en la medida en que minusvalora valores tan importantes como los funcionales y paisajísticos en la ordenación y conservación de los sistemas fluviales (Ollero, 2002). Pero al menos en esta ocasión, si bien en un segundo plano, se contemplan los indicadores hidromorfológicos como fuente de calidad ecológica. Y precisamente en la tipificación previa se recomienda el empleo de criterios en buena medida hidrológicos y geomorfológicos, así como otros más generales geográficos y geológicos.

En consecuencia, la tipificación de los sistemas fluviales de La Rioja, en el marco de la aplicación de la Directiva 2000/60/CE, pone de manifiesto ante todo la enorme diversidad de dichos sistemas, diversidad tanto ecológica (ecodiversidad) como paisajística, así como más estrictamente biótica (biodiversidad) y geomorfológica (geodiversidad). En suma, los ríos y riberas de La Rioja constituyen un patrimonio natural de primer orden, y con la aplicación de la Directiva puede avanzarse en su mejora ambiental y en su conservación como espacio natural en el territorio.

2. ANTECEDENTES EN LA TIPIFICACIÓN HIDROMORFOLÓGICA DE RÍOS Y RIBERAS

Como ya se ha señalado, existe un vacío metodológico en la tipificación y en la caracterización hidromorfológica en la línea que establece la Directiva, y ello se debe sin duda a lo reciente de la misma. Sin embargo, la tradición en el estudio de los sistemas fluviales es larga y fructífera, constituyendo uno de los temas más tratados por las ciencias ambientales. Centrándonos en los antecedentes más directos, en los que en mayor medida nos podemos apoyar para crear una metodología actualizada y adaptada, no se pueden olvidar los innumerables intentos clasificatorios de cursos fluviales desarrollados sobre criterios geomorfológicos. Así, son clásicas la clasificación de Leopold y Wolman (1957) –cauces rectos, trenzados y meandriformes– y la tipificación de Schumm (1963, 1977), basada en la estabilidad del canal (estables, que erosionan o que depositan), la carga sedimentaria (de fondo, en suspensión o mixta) y las dimensiones del canal. Complejas pero muy interesantes y aplicables clasificaciones a partir de fotografía aérea se llevaron a cabo en Canadá por Kellerhals *et al.* (1972, 1976), Galay *et al.* (1973) y Mollard (1973). Otras clasificaciones descriptivas más recientes son las de Church & Rood (1983), Mosley (1987), Nanson & Croke (1992), Downs (1995), Montgomery & Buffington (1993, 1997, 1998) o Bernot et Creuzé des Châteliers (1998). Pero una de las clasificaciones más completas y aplicables a la ordenación es sin duda la que propone Rosgen (1994, 1996), que combina criterios hidrológicos, geomorfológicos y ecológicos.

En los últimos años el interés por tipificar y clasificar ha dado un salto desde el ámbito científico al técnico, ya que en la mayoría de los países desarrollados han aparecido planes de ordenación, programas de conservación o normativas diversas que afectan a cauces y riberas. Como los sistemas fluviales son enormemente diversos entre sí, era necesario simplificar esta realidad estableciendo tipos, para posteriormente aplicar a cada tipo un modelo de gestión o de actuación. Entre las numerosas iniciativas científico-técnicas que han tratado de tipificar-clasificar cursos fluviales podemos destacar la norteamericana «Rapid Stream Assessment Technique» (RSAT), las inglesas «River Habitat Survey» (RHS) (Raven *et al.*, 1998), versión sencilla del «System for Evaluating Rivers for Conservation» (SERCON), o «Stream Reconnaissance» (Thorne, 1998), la francesa «SEQ-Physique» (Système d'Evaluation de la Qualité Physique des Cours d'Eau), propugnada por las Agences d'Eau pero con resultados muy discutidos (Tartar, 2001), la alemana Länderearbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA-vor-Ort) (LAWA, 2000) o la italiana «Indice de Funcionalita Fluviale» (IFF) (Siligardi, coord, 2003). Una de las más interesantes es la iniciativa australiana del «River Styles Framework» (Brierley & Fryirs, 2000; Fryirs & Brierley, 2001; Brierley *et al.*, 2002), herramienta con base geomorfológica que cuenta con el «Index of Stream Condition» (ISC) y que se integra en el programa AUSRIVAS (Australian River Assessment System) (Parsons *et al.*, 2002). Cabe destacar también en esta línea por su notable valor metodológico la tesis doctoral de Schmitt (2001) aplicada a los ríos de Alsacia. Igualmente se ha trabajado en la clasificación de ríos de Sudáfrica (Heritage *et al.*, 1997). En el excelente y reciente manual de Kondolf y Piégay (2003) se dedica un interesante capítulo (Kondolf *et al.*, 2003) a las clasificaciones geomórficas en el que se recogen algunas de las citadas y se hace referencia al especial desarrollo de esta línea de trabajo en los últimos años.

Paralelamente a estas propuestas hay numerosas iniciativas que aportan criterios o métodos de valoración interesantes, como por ejemplo los distintos índices

de calidad de espacios ribereños: QBR (Qualitat del Bosc de Ribera), IHF-GUADALMED (Bonada *et al.*, 2002), RCE (Riparian, Channel and Environmental Inventory) o ISC (Index of Stream Condition), que incluyen criterios hidromorfológicos.

En España no existen antecedentes en esta línea de trabajo, salvo la tipificación propuesta por Prat y Munné (1999) para la cuenca del Ebro.

3. CRITERIOS DE TIPIFICACIÓN

De acuerdo con la Directiva 2000/60/CE, la tipificación consiste en clasificar una red hidrográfica, en este caso la riojana, en tipos de cursos de agua en función de diversos criterios y variables, con objeto de diseñar la red de seguimiento del estado ecológico y fijar las condiciones de referencia.

Un primer paso consiste en fijar los criterios de tipificación. Para ello hay, por un lado, que respetar los que recoge la Directiva (en los sistemas A y B de su anexo II) y por otro, aprovechando la capacidad de maniobra que la Directiva permite, utilizar algunos parámetros que son indicadores del complejo funcionamiento dinámico e integrado de los sistemas fluviales desde una perspectiva hidrológica, geomorfológica y ecológica.

Desde nuestra experiencia personal, la tipificación debe basarse fundamentalmente en criterios hidromorfológicos, máxime cuando posteriormente lo que se va a valorar es el estado ecológico a partir de indicadores fundamentalmente biológicos.

3.1. Exigencias de la Directiva 2000/60/CE

La Directiva señala en su anexo II que los Estados miembros llevarán a cabo una caracterización inicial de sus masas de agua superficial, que se clasificarán en primer lugar como ríos, lagos, aguas de transición, aguas costeras, o bien como masas de agua superficial artificiales o como masas de agua superficial muy modificadas. Para cada categoría y cuenca hidrográfica, estas masas se clasificarán por tipos utilizando «el sistema A» o «el sistema B».

Si se utiliza el sistema A, se clasificarán primero las masas de agua superficial de la demarcación hidrográfica en las regiones ecológicas correspondientes. A continuación, se clasificarán las masas de agua en tipos de masas de aguas superficiales según los descriptores establecidos en los cuadros correspondientes al sistema A.

En relación con la aplicación de este sistema A es preciso exponer las siguientes consideraciones de partida:

–El territorio riojano se integra en una única región ecológica, la Ibérico-Macaronésica.

–Parece entenderse que la tipología en función de la altitud se refiere a la cota de altitud de la masa de agua, es decir, del cauce fluvial.

–Parecen despreciarse las cuencas vertientes inferiores a 10 km², por lo que se desestiman los tramos fluviales de cabecera en este sistema.

–En Geología el tipo «orgánico» no tiene sentido en el territorio riojano. Habría, en cambio, que incluir otros tipos, como por ejemplo uno «mixto» con muy notable representación, ya que la mayoría de cauces recorren materiales diversos, o bien otro para los terrenos detríticos del centro de la Depresión.

TABLA 1: *Sistema A*

Tipología fijada	Descriptores
Región ecológica	Regiones ecológicas que figuran en el mapa A del anexo XI
Tipo	<ul style="list-style-type: none"> · Tipología en función de la altitud <ul style="list-style-type: none"> alto > 800 m altura media 200 a 800 m tierras bajas < 200 m · Tipología según el tamaño en función de la superficie de la cuenca de alimentación <ul style="list-style-type: none"> pequeño 10 - 100 km² mediano > 100 a 1 000 km² grande > 1 000 a 10 000 km² muy grande > 10 000 km² · Geología <ul style="list-style-type: none"> calcáreo silíceo orgánico

Si se utiliza el sistema B (tabla 2), los Estados miembros deben lograr, por lo menos, el mismo grado de discriminación que se lograría con el sistema A. En consecuencia, se clasificarán las masas de aguas superficiales en tipos utilizando los valores correspondientes a los descriptores obligatorios y a los descriptores optativos, o combinaciones de descriptores, que se requieran para garantizar que se puedan derivar con fiabilidad las condiciones biológicas de referencia específicas del tipo.

Para las masas de agua superficial artificiales y muy modificadas, la clasificación se llevará a cabo de conformidad con los descriptores correspondientes a cualquiera de las categorías de aguas superficiales que más se parezca a la masa de agua muy modificada o artificial de que se trate: en nuestra aplicación generalmente a ríos, o bien a lagos en el caso de los embalses.

En relación con la aplicación de este sistema B hay varias cuestiones a definir o aclarar:

–Los factores obligatorios reproducen básicamente los descriptores del sistema A. Altitud, latitud y longitud pueden entenderse como coordenadas de localización, por lo que se georeferenciarían a los puntos de inicio y final de cada tramo fluvial. El factor geología puede aplicarse del mismo modo que en el sistema A o bien establecer una escala más diversa que permita definir mejor los caracteres geológicos de la cuenca vertiente. El factor «tamaño» se refiere a la superficie de la cuenca vertiente en cada curso o tramo de aplicación.

–Los factores optativos, como su propio nombre indica, requieren una selección interna, por lo que algunos de ellos pueden ser desechados. Se establecen los siguientes:

TABLA 2: *Sistema B*

Caracterización alternativa	<i>Factores físicos y químicos que determinan las características del río o parte del río y, por ende, la estructura y composición de la comunidad biológica</i>
Factores obligatorios	altitud latitud longitud geología tamaño
Factores optativos	distancia desde el nacimiento del río energía de flujo (función del caudal y de la pendiente) anchura media del agua profundidad media del agua pendiente media del agua forma y configuración del cauce principal categoría según la aportación fluvial (caudal) forma del valle transporte de sólidos capacidad de neutralización de ácidos composición media del sustrato cloruros oscilación de la temperatura del aire temperatura media del aire precipitaciones

Distancia desde el nacimiento del río: es un parámetro básico que hay que referir a los puntos inicial y final de cada tramo. No obstante, es un parámetro caracterizador pero no tipificador, ya que pierde relevancia en el momento en que se dividen los cursos de agua en tramos o sectores funcionales internamente homogéneos.

Energía de flujo (función del caudal y de la pendiente): podría emplearse como equivalente el parámetro «potencia específica en *bankfull*», que se obtiene multiplicando la pendiente por el caudal *bankfull* y dividiéndola por la anchura en *bankfull*.

Anchura media del agua: no puede referirse al caudal circulante puntual (en el momento de observación), sino que habrá que trabajar con la situación de *bankfull*, estimando la anchura media que alcanza en cada tramo.

Profundidad media del agua: del mismo modo que la anchura, hay que referirla a la situación *bankfull* y establecer un valor medio para el tramo.

Pendiente media del agua: se calculará el desnivel y la pendiente media del tramo.

Forma y configuración del cauce principal: se refiere a la geomorfología del cauce, factor caracterizador fundamental, y puede resolverse mediante

clásicas clasificaciones de tipos o estilos fluviales apoyadas en la sinuosidad y en la subdivisión o no de canales.

Categoría según la aportación fluvial (caudal): el caudal medio real o estimado es otro parámetro clasificatorio básico. No obstante, probablemente sean más útiles para tipificar el caudal específico y el tipo de régimen hidrológico.

Forma del valle: carácter morfológico que condiciona en mayor medida la anchura y desarrollo del corredor ribereño que a la masa de agua. Introduce un valor más paisajístico que funcional, por lo que puede considerarse un factor descriptor secundario.

Transporte de sólidos: es una de las funciones básicas de los sistemas fluviales, aunque es difícil de evaluar. Una posibilidad sería medir en cada tramo el centilo o bloque transportado más grueso, pero como indicador daría, teóricamente, un resultado equivalente al cálculo de la potencia específica del flujo en *bankfull*. Otras posibilidades más costosas consistirían en análisis granulométricos y morfométricos de sedimentos, o tomar muestras de materiales en suspensión en cada punto.

Capacidad de neutralización de ácidos: básicamente puede entenderse como la cantidad de ácido que puede absorber el agua sin cambiar su pH, y se mediría en laboratorio a partir de muestras de campo.

Composición media del sustrato: granulometrías dominantes en el lecho del cauce. Su análisis requiere trabajo de campo y una definición previa del nivel de detalle.

Cloruros: concentración de cloruros en el agua, igualmente se mediría en laboratorio a partir de muestras de campo.

Oscilación de la temperatura del aire: puede referirse a la oscilación térmica anual o a la diaria. Puede ser un parámetro interesante para el estado de los seres vivos acuáticos, pero se carece de datos suficientes para aplicarlo a cada tramo fluvial y no aportaría nada el tomar medidas puntuales en el trabajo de campo.

Temperatura media del aire: se plantea la duda de si se refiere a la de la cuenca o a la del tramo o punto de muestreo. A escala de La Rioja no parece un indicador interesante, ya que el principal condicionante es la altitud, parámetro ya recogido más arriba.

Precipitaciones: la pluviometría sobre la masa de agua o en la cuenca no se considera un parámetro interesante ni fácil de evaluar, ya que puede ser mejor representado por el propio caudal, absoluto o específico.

3.2. Selección de criterios de tipificación

Los trabajos de tipificación deben apoyarse en unas fases previas de tramificación y caracterización básica de la red fluvial y, a su vez, deben servir de apoyo a la valoración de los diferentes indicadores que lleven a la determinación del estado ecológico de los ríos de una región o cuenca. Dado que el objetivo final es la

evaluación del estado ecológico, es fundamental establecer a priori cuáles son los caracteres que definen o aportan una valoración alta de dicho estado ecológico en un sistema fluvial. Desde nuestro punto de vista y experiencia personal, esos caracteres son los siguientes: continuidad, naturalidad, complejidad y dinámica, que definen la funcionalidad como sistema hidromorfológico y ecológico, más singularidad u originalidad en el contexto riojano y europeo.

Atendiendo a los valores citados, es preciso desarrollar una profunda reflexión sobre los criterios y descriptores más indicados para la tipificación, ya que resulta inviable apoyarse en todos. De hecho, para su efectividad y utilidad consideramos que el resultado de la tipificación no debería implicar más de 10 tipos, sin descartar la posibilidad de diferenciar subtipos a posteriori para determinados objetivos concretos.

Si se aplicara estrictamente el sistema A, o su equivalente los factores obligatorios del sistema B, el resultado de la tipificación para La Rioja sería el siguiente (tabla 3):

TABLA 3: Tipificación de los cursos de agua riojanos en función del sistema A

<i>criterio</i>	<i>tipos</i>	<i>tramos</i>
A. Región ecológica	A-1. Ibérico-macaronésica	toda la red
B. Altitud	B-1. Alto (> 800 m)	cursos altos
	B-2. Medio (200-800 m)	cursos bajos y Ebro
	B-3. Bajo (< 200 m)	ninguno
C. Tamaño cuenca	C-1. Pequeño (< 100 km ²)	cursos de cabecera
	C-2. Mediano (100-1.000 km ²)	casi toda La Rioja
	C-3. Grande (1.000-10.000 km ²)	Ebro hasta confl. Najerilla, Najerilla desde Uruñuela y Alhama en término de Alfaro
	C-4. Muy grande (> 10.000 km ²)	Ebro desde confl. Najerilla
D. Geología	D-1. Calcáreo	algunas cabeceras de Cameros
	D-2. Silíceo	algunas cabeceras de Demanda
	D-3. Detrítico	cursos cortos centro Depresión
	D-4. Mixto	casi todos los cursos

Ante la ausencia en La Rioja de cursos B-3, las combinaciones de criterios posibles son un total de 32, pero algunas no se dan en La Rioja. Así, C-3 y C-4 (cursos de cuencas grandes y muy grandes), sólo se combinan con B-2 (altitud media) y con D-4 (litología mixta). Los cursos D-3 sólo se combinan con B-2 y C-1. Así pues, el número final de combinaciones o tipos existentes sería un total de 15.

De este ejemplo de aplicación pueden extraerse dos conclusiones provisionales: en primer lugar, los criterios no parecen muy apropiados para el territorio riojano, bien porque han sido diseñados a partir de ejemplos de otros países europeos, bien porque se ha pensado en su aplicación a escala de grandes estados. Parece imprescindible desechar algunos criterios y, sobre todo, tomar nuevos criterios desde los factores optativos del sistema B. Ahora bien, tal como se ha señalado, éstos presentan en algunos casos problemas de ambigüedad y de solapamiento entre sí.

Sintetizando, todos los factores del sistema B (tanto obligatorios como optativos) pueden ordenarse en tres grandes grupos:

- a) Factores **topográficos**: altitud, latitud, longitud, tamaño de cuenca, distancia desde el nacimiento, pendiente.
- b) Factores **hidroclimáticos**: caudal, temperatura, precipitaciones, capacidad de neutralización de ácidos, cloruros.
- c) Factores **geomorfológicos**: geología, energía del flujo, anchura, profundidad, morfología del cauce y del valle, transporte de sólidos, composición media del sustrato.

Entre los factores topográficos la altitud es importante, pero requiere una adaptación al territorio riojano. Mientras la cota 200 m no existe, la 800 m puede ser mantenida como criterio interesante, ya que viene a separar bastante bien los cursos de montaña respecto de los de llanura. Así, por ejemplo, el Oja atraviesa la cota 800 m en Ezcaray, el Leza en San Román y el Cidacos en Enciso. Sin embargo, podrían separarse los cursos de alta montaña estableciendo como criterio de tipificación la cota 1.200, por encima de la cual se encontrarán las cabeceras con mayor pendiente y procesos de conexión con vertientes activas (canchales, *debris flow*, etc.). Además, creemos aconsejable añadir el factor pendiente para matizar la altitud. El tamaño de cuenca, sin embargo, nos parece un factor poco relevante por solapamiento, ya que tiene un fiel reflejo en el caudal. En todo caso podría utilizarse sólo para establecer subtipos extremos, como los «cursos primarios o de cabecera» y el río Ebro como singularidad. En cuanto a los factores latitud, longitud y distancia desde nacimiento, los consideramos caracterizadores, pero no tipificadores.

En suma, se proponen tres tipos en función de la topografía:

- a.1) Cursos de **alta montaña**, por encima de 1.200 m y con pendiente superior al 3%.
- a.2) Cursos de **montaña media**, entre 800 y 1.200 m, además de cursos por encima de 1.200 m con pendiente inferior al 3% y cursos por debajo de 800 m con pendiente superior al 0,5%
- a.3) Cursos **medios y bajos**, por debajo de 800 m y con pendiente inferior al 0,5%

Entre los factores hidroclimáticos el caudal es, con mucho, el más relevante. Además, los otros criterios deben ser desechados: temperatura y precipitaciones en la cuenca porque van a tener una respuesta en forma de caudal y capacidad de neutralización de ácidos y cloruros porque no se dispone de datos suficientes y

sería preciso un trabajo de campo excesivamente costoso para los resultados a obtener. Ahora bien, más interesante como criterio que el caudal absoluto parece el caudal específico ($l/s/km^2$), ya que da una idea del déficit hídrico de cada cuenca. Al mismo tiempo, se podría matizar con el régimen estacional y con la irregularidad interanual. Todo ello son indicadores fundamentales del funcionamiento hidrológico y parámetros con gran valor comparativo y diferenciador entre cuencas, incluso si se encuentran próximas. El problema de este criterio es que sólo disponemos de datos reales en las estaciones de aforo, por lo que en el resto de la red hay que estimarlos o bien extrapolar esos valores al conjunto de su cuenca. También pueden diferenciarse aquí los cursos efímeros, de caudal esporádico (tipo rambla o localmente «yasa»), relativamente abundantes en la Rioja Baja.

Ante la complejidad de aplicación de este criterio hidroclimático, en una tipificación previa o preliminar como la que se propone, sería suficiente con establecer cinco grandes tipos que, desde luego, sería preciso matizar en una tipificación más elaborada que incluyera trabajo de campo:

b.1) Cursos de **alto caudal específico** (por encima de $15 l/s/km^2$), con régimen de notable influencia oceánica y baja irregularidad interanual*.

b.2) Cursos de **caudal específico medio** (de 5 a $15 l/s/km^2$), con régimen de transición e irregularidad media.

b.3) Cursos de **bajo caudal específico** (menos de $5 l/s/km^2$), con régimen mediterráneo y alta irregularidad interanual.

b.4) Barrancos y yasas **de caudal efímero**.

b.5) Cursos **de caudal y régimen muy alterados antrópicamente****. Los casos que respondan a este tipo habrán de reclasificarse como masas de agua artificiales o muy modificadas.

Por último, entre los factores geomorfológicos nos parece fundamental la morfología del cauce, resultado de toda la dinámica hidromorfológica pretérita y actual y, por tanto, fiel indicador del funcionamiento del curso fluvial como sistema. En cambio, los restantes factores que propone la Directiva no son útiles para una tipificación básica. Así, los factores geología y composición media del sustrato podrían servir, en todo caso, para establecer subtipos en casos muy claros de cauces primarios. Pero los grandes ríos han recorrido tal diversidad de terrenos que no pueden clasificarse en función de dichos parámetros. Los factores energía del flujo, anchura, profundidad y transporte de sólidos son muy interesantes en la caracterización y útiles para valorar la dinámica actual del sistema, pero requieren un arduo trabajo de campo que los hace inconvenientes para esta fase previa de tipificación. Por último, la morfología del valle puede servir para matizar a la del cauce, aunque generalmente son parámetros muy relacionados.

* En el estado actual de la investigación es imposible establecer unos umbrales para los parámetros régimen estacional e irregularidad interanual, ya que no se han trabajado con el suficiente detalle. Para los resultados provisionales aportados (v. epígrafe 5) se ha recurrido exclusivamente a bibliografía, en concreto al trabajo de García Ruiz y Martín Ranz (1992).

** Es muy complejo establecer un umbral de modificación de estos parámetros. Igualmente es un tema a profundizar en el desarrollo de la presente línea de investigación.

Las tipologías de cauces y valles son muy variadas, por lo que es precisa una notable simplificación para alcanzar pocos tipos. Para lograr esta simplificación se ha pensado en las consecuencias bióticas, es decir, se ha observado especialmente en qué medida cauce y valle permiten el desarrollo de un corredor ribereño. Esto implica que se concede más importancia al desarrollo y dinámica lateral de los cauces que al longitudinal, que ya ha sido representado por el factor pendiente. Para la diferenciación definitiva de estos tipos es imprescindible el trabajo de campo, pero en una tipificación previa debe ser suficiente con su comprobación en fotografías aéreas. Pueden distinguirse cinco grandes tipos:

- c.1) Cursos prácticamente **sin ribera encajados** en valles en V.
- c.2) Cursos generalmente sinuosos con **corredores ribereños limitados** (que se ensanchan localmente en orillas convexas) en valles moderadamente abiertos.
- c.3) Cursos de **cauce dinámico** (trenzado o meandriforme) **y extenso corredor ribereño** en un amplio llano de inundación.
- c.4) **Ramblas o yasas.**
- c.5) **Cauces de morfología totalmente alterada** por represamiento o canalización. Los casos que respondan a este tipo habrán de reclasificarse como masas de agua artificiales o muy modificadas.

4. PROCESO DE SIMPLIFICACIÓN DE TIPOS Y RESULTADO PROVISIONAL

Atendiendo a las tres variantes topográficas, cinco hidroclimáticas y cinco geomorfológicas empleadas como criterios de tipificación, a partir de su combinación podría darse, teóricamente, un total de 75 tipos. Y como se ha señalado, para la efectividad y utilidad del proceso habría que simplificar hasta quedar como máximo diez tipos.

Como primer paso, los tipos b.5 y c.5, hidrológica y geomorfológicamente muy alterados, respectivamente, habrán de pasar a considerarse a todos los efectos como masas de agua artificiales o muy modificadas, por lo que no van a ser tratados en el presente trabajo.

Por otro lado, hay algunas combinaciones que no se dan en ningún caso:

-Los cursos de alta montaña (a.1) suelen presentar caudales específicos altos (b.1) y cauces encajados sin ribera (c.1). Por tanto, sólo hay una combinación posible (a.1-b.1-c.1), quedando eliminadas las restantes.

-Los cursos de caudal no permanente (b.4) sólo pueden corresponder a dos tipos geomorfológicos, barrancos encajados sin ribera (c.1) o ramblas (c.4). Además, no se dan en la alta montaña (a.1). Simplificando más, y en función del factor pendiente, podríamos restringir los barrancos de caudal efímero a la montaña media (tipo a.2-b.4-c.1) y las ramblas a las zonas bajas (tipo a.3-b.4-c.4). Salvo estas dos combinaciones, todas las demás de estos grupos quedarían eliminadas.

-Las riberas extensas en cursos dinámicos se restringen en La Rioja al curso meandriforme libre del Ebro desde Logroño (Ollero, 1992) y al Oja trezado desde

Ezcaray (García Ruiz *et al.*, 1987). El primer caso pertenece al tipo a.3-b.2-c.3. El segundo caso ha sido totalmente alterado por una actuación reciente «de restauración» que ha destruido el cauce natural, por lo que habrá de clasificarse como masa de agua muy modificada (criterio c.5). Así pues, los tipos a.3-b.1-c.3 y a.3-b.3-c.3 no se dan en La Rioja, ni tampoco las combinaciones de a.2 con c.3.

–La combinación a.3-b.1-c.1, es decir, curso medio y bajo, con caudal específico alto y sin ribera es muy difícil que se cumpla por su carácter contradictorio.

En suma, las combinaciones existentes en la red fluvial riojana pueden resumirse en 15 tipos, que se recogen en la tabla 4:

TABLA 4: *Tipificación básica*

<i>Combinación</i>	<i>Tipo</i>	<i>Ejemplo</i>
a.1-b.1-c.1	Alta montaña	cabecera del río Urbión
a.2-b.4-c.1	Barranco encajado de caudal no permanente	barrancos sierra Alcarama
a.3-b.4-c.4	Rambla	Yasas de Rioja Baja
a.2-b.1-c.1	Montaña media, Qe alto, sin ribera	alto Oja y afluentes
a.2-b.1-c.2	Montaña media, Qe alto, ribera limitada	alto Oja y afluentes
a.2-b.2-c.1	Montaña media, Qe medio, sin ribera	afluentes Najerilla e Iregua
a.2-b.2-c.2	Montaña media, Qe medio, ribera limitada	alto Najerilla
a.2-b.3-c.1	Montaña media, Qe bajo, sin ribera	pequeños cursos alto Leza
a.2-b.3-c.2	Montaña media, Qe bajo, ribera limitada	alto Leza
a.3-b.1-c.2	Curso medio y bajo, Qe alto, ribera limitada	Najerilla medio
a.3-b.2-c.1	Curso medio y bajo, Qe medio, sin ribera	pequeños cursos Rioja Alta
a.3-b.2-c.2	Curso medio y bajo, Qe medio, ribera limitada	Iregua, Ebro hasta Logroño
a.3-b.2-c.3	Curso medio y bajo, Qe medio, ribera extensa	Ebro desde Logroño
a.3-b.3-c.1	Curso medio y bajo, Qe bajo, sin ribera	pequeños cursos Rioja Baja
a.3-b.3-c.2	Curso medio y bajo, Qe bajo, ribera limitada	Cidacos, Alhama

Simplificar más, es decir, pasar de 15 tipos a menos de 10, objetivo que nos habíamos marcado, es tan complicado como empobrecedor, pero necesario y efectivo de cara a fases posteriores de trabajo. La única solución pasaría por unir tipologías obviando alguno de los tres grandes criterios.

–En el caso de La Rioja parece contar con poca importancia diferenciadora la extensión de la ribera dentro de la montaña media, a la que pertenecen pocos cursos, de tal manera que podría eliminarse el factor c, quedando reducidos los 6 tipos de montaña media a 3.

–En los cursos medios y bajos podría eliminarse la diferenciación entre caudales específicos altos (sólo el Najerilla) y medios, de tal manera que se suprimirían otros dos grupos.

–En los cursos medios y bajos, los pequeños cursos sin ribera pueden asociarse a otros tipos. Así, los de la Rioja Baja, que responden a la combinación a.3-b.3-c.1, funcionan realmente como ramblas, mientras los de la Rioja Alta

(a.3-b.2-c.1) pueden asociarse a la montaña media con caudal específico medio. Este hecho implica un cambio de denominación del tipo (ver tabla siguiente).

–Los cursos de montaña media con caudal específico bajo funcionan realmente como barrancos de caudal efímero, salvo en contadas excepciones alimentadas por manantiales para las que se podría establecer un subtipo. Esta última unión de tipos requiere eliminar el adjetivo «encajado» a los barrancos de caudal no permanente, así como añadir la posibilidad «de caudal bajo».

El resultado final de esta simplificación se resume en ocho tipos. Dada la complejidad de denominación de algunos de ellos parece conveniente adjudicarles un número, tal como aparece en la tabla 5:

TABLA 5: *Tipificación simplificada*

<i>Combinación</i>	<i>Tipo</i>
a.1-b.1-c.1	Cursos de alta montaña (1)
(a.2-b.4-c.1)+[a.2-b.3-(c.1+c.2)]	Barrancos de caudal bajo o no permanente (2)
a.2-b.1-(c.1+c.2)	Cursos de montaña media con caudales específicos altos (3)
[a.2-b.2-(c.1+c.2)]+ a.3-b.2-c.1	Cursos de montaña media y cursos medios-bajos sin ribera con caudal específico medio (4)
a.3-(b.1+b.2)-c.2	Cursos medios y bajos de caudales específicos altos o medios y con ribera limitada (5)
a.3-(b.1+b.2)-c.3	Curso meandriforme libre del Ebro (6)
a.3-b.3-c.2	Cursos medios y bajos de caudales específicos bajos y con ribera limitada (7)
(a.3-b.4-c.4)+(a.3-b.3-c.1)	Rambla (8)

5. METODOLOGÍA POSTERIOR

Una vez definidos los 8 tipos hay que tomar la red fluvial riojana y asignar a cada curso o tramo de la misma el tipo correspondiente. Para ello hay que proceder a un trabajo previo de gabinete sobre cartografía topográfica para definir con exactitud los criterios topográficos y sobre fotografías aéreas verticales del vuelo más reciente y otros de apoyo para delimitar correctamente los criterios geomorfológicos. Igualmente hay que consultar datos de aforo y extrapolarlos a toda la red para definir correctamente los caudales específicos. En suma, se trataría de proseguir con detalle y rigor y sobre el conjunto de la red la sencilla aproximación que se ha esbozado en el presente artículo.

Toda la información es preciso que sea volcada en una herramienta SIG sobre una base topográfica y ortofotográfica preexistente, empleándose para el tratamiento y la representación final de los resultados.

Ante todo hay que definir con claridad la escala de trabajo, estableciendo cuántos cauces de la red fluvial se van a integrar. Para ello puede fijarse una longitud mínima, una superficie de cuenca mínima o un orden jerárquico en la clasificación

de Strahler (1964). A escala de la Comunidad Autónoma de La Rioja recomendamos 5 km de longitud mínima o 10 km² de superficie mínima, tal como establece el propio sistema A de la Directiva, o al menos un orden 4 de Strahler. Pueden incluirse excepciones: cursos fluviales que no alcancen esos umbrales pero presenten algún interés especial o relevancia ecológica.

En fases subsiguientes del trabajo (tipificación final, valoración de indicadores hidromorfológicos), las mediciones en el terreno en puntos de muestreo serán imprescindibles. La tramitación y la tipificación previa son fundamentales para ubicar dichos puntos de muestreo. El trabajo de campo en esos puntos conllevará medidas y observaciones de parámetros como los siguientes: pendiente local, anchura y profundidad (sección, radio hidráulico), caudal *bankfull*, tipo de flujo hídrico, complejidad del perfil longitudinal y rupturas de su continuidad, complejidad transversal (número, tipología y anchura de ambientes) y conectividad lateral, granulometría del sustrato, caracteres de las barras y depósitos sedimentarios, perfiles transversales de las orillas, evaluación del grado de estabilidad-dinámica lateral (erosión-sedimentación) y vertical (agradación-degradación), detección de impactos...

6. CONCLUSIONES

La dinámica fluvial (el funcionamiento dinámico en el espacio y en el tiempo del sistema) es la clave del valor ecológico, paisajístico y ambiental de los sistemas fluviales. Si queremos conservar un río como ecosistema y como corredor ambiental en el territorio hemos de proteger ante todo su dinámica, porque ésta es la que va a garantizar la protección de todos y cada uno de los elementos del sistema y sus relaciones. Así, si se conserva la dinámica se garantiza la supervivencia de las especies.

Por otro lado, clasificar y tipificar equivale a simplificar y perder información. Cada curso fluvial es un sistema complejo y diferente, cada uno debería ser estudiado, evaluado y ordenado en sí mismo, atendiendo a sus caracteres únicos e irrepetibles. La simplificación es obligada por cuestiones de eficacia y rapidez en la gestión, pero cualquier propuesta de actuación deberá siempre diseñarse en función del curso fluvial exacto al que se aplique.

Teniendo en cuenta estas apreciaciones, así como las grandes dificultades que entrañan la planificación y gestión de cursos fluviales, se ha abordado un intento de tipificación de la red fluvial riojana como fase clave en el procedimiento de aplicación de la Directiva 2000/60/CE a la determinación de la calidad ecológica de los ríos. La inexistencia hasta el momento de una metodología aceptada para ello supone un interesante reto científico-técnico. Se ha aportado un sencillo método basado en criterios hidromorfológicos y apoyado tanto en los descriptores que propone la Directiva (sistemas A y B del anexo II) como en diversos antecedentes de clasificación de cursos fluviales. Se han criticado y valorado individualmente los factores que propone la Directiva, que consideramos más aplicables a los sistemas fluviales centroeuropeos que a los más complejos y heterogéneos del ámbito mediterráneo.

Las dos aportaciones fundamentales del trabajo realizado han sido la selección de criterios de tipificación y la simplificación de los mismos para lograr un núme-

ro corto, y por tanto efectivo, de tipos. Los criterios de tipificación se han ordenado en tres grupos: topográficos (3 posibilidades), hidroclimáticos (5 posibilidades) y geomorfológicos (5 posibilidades). De su combinación saldrían teóricamente 75 tipos, pero no todos ellos pueden darse en el caso de los cursos fluviales de La Rioja. Se ha procedido, además, a una simplificación progresiva hasta alcanzar exclusivamente 8 tipos: cursos de alta montaña (1), barrancos de caudal bajo o no permanente (2), cursos de montaña media con caudales específicos altos (3), cursos de montaña media y cursos medios-bajos sin ribera con caudal específico medio (4), cursos medios y bajos de caudales específicos altos o medios y con ribera limitada (5), curso meandriforme libre del Ebro (6), cursos medios y bajos de caudales específicos bajos y con ribera limitada (7) y ramblas (8).

Los resultados de esta reflexión metodológica llevada a cabo sobre el ejemplo de La Rioja habrán de ser contrastados con estudios de mayor detalle y aplicaciones a otras áreas de estudio, por lo que no pueden considerarse más que una aproximación provisional al tema.

7. AGRADECIMIENTOS

El autor quiere agradecer a sus colegas los profesores María Teresa Echeverría, Miguel Sánchez y Manuel Seeger (Universidad de Zaragoza) y Elena Díaz y Askoa Ibisate (Universidad del País Vasco) la aportación de valiosas sugerencias y comentarios que han enriquecido este trabajo.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Bernot, V., Creuzé des Châteliers, D., 1998. Etude de l'adaptation de la méthode de sectorisation mise au point sur la Vidourle à d'autres cours d'eau du bassin Rhône-Méditerranée-Corse. Rapport final. Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, 1-63 + annexes.
- Bonada, N. *et al.*, 2002. Intercalibración de la metodología GUADALMED. Selección de un protocolo de muestreo para la determinación del estado ecológico de los ríos mediterráneos. *Limnetica*, 21(3-4): 13-33.
- Brierley, G., Fryirs, K., 2000. River Styles, a geomorphic approach to catchment characterisation: implications for river rehabilitation in Bega catchment, New South Wales, Australia. *Environmental Management*, 25(6), 661-679.
- Brierley, G., Fryirs, K., Outhet, D., Massey, C., 2002. Application of the River Styles framework as a basis for river management in New South Wales, Australia. *Applied Geography*, 22, 91-122.
- Church, M., Rood, K., 1983. *Catalogue of alluvial river channel regime data*. Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada.
- Commission of the European Communities, 2002. *A guidance standard for assessing the hydromorphological features of rivers*. CEN TC 230/WG 2/TG 5: N32, 1-21.

- Downs, P.W., 1995. River channel classification for channel management purposes. In Gurnell, A.M. & Petts, G.E. (Eds.): *Changing river channels*, Wiley, 347-365.
- Fryirs, K., Brierley, G., 2001. A geomorphic approach to the identification of river recovery potential. *Physical Geography*, 21(3), 244-277.
- Galay, V.J.; Kellerhals, R., Bray, D.I., 1973. Diversity of river types in Canada. *Fluvial process and sedimentation*, National Research Council of Canada, 217-250.
- García Ruiz, J.M., Gómez Villar, A., Ortigosa Izquierdo, L.M., 1987. *Aspectos dinámicos de un cauce fluvial en el contexto de su cuenca: el ejemplo del río Oja*. Instituto Pirenaico de Ecología e Instituto de Estudios Riojanos, 1-112.
- García Ruiz, J.M., Martín Ranz, M.C., 1992. *El régimen de los ríos de La Rioja*. Instituto de Estudios Riojanos, 1-68.
- Heritage, G.L., Van Niekerk, A.W., Moon, B.P., 1997. A comprehensive hierarchical river classification system. *Geoökoplus*, 4: 75-84.
- Kellerhals, R., Church, M., Bray, D.I., 1976. Classification and analysis of river processes. *Journal of the Hydraulics Division*, 102, 813-829.
- Kellerhals, R., Neill, C.R., Bray, D.I., 1972. *Hydraulic and geomorphic characteristics of rivers in Alberta*. Research Council of Alberta. River Engineering and Surface Hydrology Report 72(1), 1-52.
- Kondolf, G.M., Montgomery, D.R., Piégay, H., Schmitt, L., 2003. Geomorphic classification of rivers and streams. In Kondolf, G.M., Piégay, H. (Eds.). *Tools in Fluvial Geomorphology*, Wiley, Chichester, 171-204.
- LAWA, 2000. *Gewässerstrukturgütebewertung in der Bundesrepublik Deutschland, Verfahren für kleine und mittelgroße Fließgewässer*. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Berlin.
- Leopold, L.B., Wolman, M.G., 1957. River channel pattern: braided, meandering and straight. *U.S. Geological Survey, prof. paper 282B*, 39-85.
- Mollard, J.D., 1973. Air-photo interpretation of fluvial features. *Fluvial process and sedimentation*, National Research Council of Canada, 341-380.
- Montgomery, D.R., Buffington, J.M., 1993. *Channel classification, prediction of channel response, and assessment of channel conditions*. Washington State Dept. of Natural Resources, Timber/Fish/Wildland Agreement, 1-84.
- Montgomery, D.R., Buffington, J.M., 1997. Channel reach morphology in mountain drainage basins. *Geological Society of America Bulletin*, 109: 596-611.
- Montgomery, D.R., Buffington, J.M., 1998. Channel processes, classification, and response potential. In Naiman, R.J., Bilby, R.E. (Eds.): *River ecology and management*, Springer-Verlag, New York, 13-42.
- Mosley, M.P., 1987. The classification and characterization of rivers. In Richards, K.S. (Ed.): *River channels: environmental processes*, Blackwell, 295-320.

- Nanson, G.C., Croke, J.C., 1992. A genetic classification of floodplains. *Geomorphology*, 4, 459-486.
- Ollero Ojeda, A., 1992. *Los meandros libres del río Ebro (Logroño-La Zaida): geomorfología fluvial, ecogeografía y riesgos*. Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza, 1-1138.
- Ollero Ojeda, A., 2002. La Geografía Física y la Geomorfología en el estudio de los sistemas fluviales: dinámica fluvial, riesgos y ordenación. Sáinz, J.A., Garmendia, C. (Eds.): *Ordenación de áreas fluviales en el Norte de España*, 37-59. E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad de Cantabria.
- Ollero, A., Echeverría, M.T., Sánchez, M., Auría, V., Ballarín, D., Mora, D., 2003. Metodología para la tipificación hidromorfológica de los cursos fluviales de Aragón en aplicación de la Directiva Marco de Aguas (2000/60/CE). *Geographicalia*, 44: 7-25.
- Ollero, A., Ballarín, D., Díaz, E., Echeverría, M.T., Montorio, R., Mora, D., Sánchez, M., 2004. *Tipificación de los ríos de Aragón*. Departamento de Medio Ambiente, Gobierno de Aragón (informe inédito).
- Parsons, M., Thoms, M., Norris, R., 2002. *Australian river assessment system: review of physical river assessment methods. A biological perspective*. Monitoring River Health Initiative, Technical Report nº 21, Commonwealth of Australia and University of Canberra, 1-59.
- Prat Fornells, N., Munné, A., 1999. *Regionalización de la cuenca del Ebro*. Confederación Hidrográfica del Ebro.
- 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.
- Rosgen, D.L., 1994. A classification of natural rivers. *Catena*, 22(3), 169-199.
- Rosgen, D.L., 1996. *Applied river morphology*. Wildland Hydrology.
- Schmitt, L., 2001. *Typologie hydro-géomorphologique fonctionnelle des cours d'eau. Recherche méthodologique appliquée aux systèmes fluviaux d'Alsace*. Thèse de Doctorat, Université Louis Pasteur, 1-217 + annexes.
- Schumm, S.A., 1963. *A tentative classification of alluvial river channels*. U.S. Geological Survey, circular 477.
- Schumm, S.A., 1977. *The fluvial system*. Wiley, 1-338.
- Siligardi, M. (Coord.), 2003. *I.F.F. Indice de funzionalità fluviale*. Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, Roma, 1-224.
- Strahler, A.N., 1964. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In Chow, V.T. (Ed.): *Handbook of applied hydrology*. 4/39-4/76.
- Tartar, P., 2001. *Mise en oeuvre du système d'évaluation de la qualité physique des cours d'eau sur l'Andelle. Note de synthèse*. DIREN Haute-Normandie, 1-7.

- Thorne, C.R., 1998. *Stream reconnaissance handbook: geomorphological investigation and analysis of river channels*. Wiley, 1-133.
- Wallin, M., Wiederholm, T., Johnson, R.K., 2002. *Guidance on establishing reference conditions and ecological status class boundaries for inland surface waters*. Water Framework Directive Common Implementation Strategy Working Group 2.3 REFCOND, CIS-WFD, 1-80.