

ASPECTOS CLAVE SOBRE LOS CAUDALES DE MANTENIMIENTO EN LA ELABORACIÓN DEL PLAN HIDROLÓGICO DEL EBRO

Antoni Palau. Departamento de Medio Ambiente y Ciencias del Suelo. Universitat de Lleida.

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe es un documento-base de análisis que recoge reflexiones personales y criterios que puedan ser útiles para la consideración de los caudales de mantenimiento dentro del proceso de elaboración del Plan Hidrológico de la Cuenca del Ebro. En los apartados más generalistas, se ha evitado entrar en tópicos más allá de lo estrictamente necesario y se ha optado por aportar ideas, con la intención de favorecer el debate.

El texto se ha organizado en 4 bloques. El primero se destina a exponer aspectos ambientales generales dentro de la planificación hidrológica. El segundo aborda los requisitos legales que emanan de la normativa vigente, en lo que a la definición y cálculo de caudales de mantenimiento se refiere, a diferentes niveles: estatal (Comunidades Autónomas y Organismos de cuenca), Europa y a nivel mundial. El tercer bloque expone las opciones de cálculo de caudales de mantenimiento existentes, indicando algunas de sus características, así como sus ámbitos preferentes de aplicación. Finalmente se presenta un último bloque en el que, junto con una propuesta de estrategia para abordar la implantación de los caudales de mantenimiento en el Plan Hidrológico del Ebro, se apuntan los que se consideran aspectos clave para su discusión.

2. LA PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA

2.1. EL ESCENARIO

En un área donde el agua presenta una distribución muy heterogénea, tanto a nivel territorial como temporal, su gestión como recurso y por extensión la planificación de su aprovechamiento, tiene que ser por fuerza un tema complejo y sin soluciones universales. Sin embargo, y en cualquier caso, el actual nivel de demanda de agua hace inviable su gestión sin una planificación a medio y largo plazo.

La actual división territorial política de todo el Estado, con competencias compartidas en gestión de los recursos naturales, con interacciones en materia de aguas que en más de una ocasión han de solucionarse en el Tribunal Constitucional, es un aspecto que convendría abordar y resolver desde la planificación hidrológica.

En la configuración del escenario hay que contar también con las tendencias de opinión social sobre la gestión del agua (y en general de los recursos naturales) que desde hace ya casi dos décadas han entrado en el camino sin retorno de la ambientalización o, si se prefiere, de la sostenibilidad (por aquello de usar un término de moda). No era difícil predecir que esa tendencia se acabaría convirtiendo a corto plazo en un referente político de rango superior y que aparecería normativa que la avalaría, como ha sido el caso de la Directiva Marco del Agua (Directiva 2000/60/CE), verdadero punto de apoyo de un prolijo desarrollo de nueva normativa en materia de agua. Queda sin embargo por ver a que estará dispuesta la sociedad para mantener sus reivindicaciones sobre la

gestión ambiental del agua y el uso sostenible de los ecosistemas. De momento y a corto plazo los buenos deseos están muy por delante de los hechos y las voluntades aún no se manifiestan más que muy tímidamente. No en vano, planificar el agua no es sólo planificar abastecimientos, riego o producción de energía; es entrar de lleno en analizar las actuales condiciones de vida a nivel de salud pública, disponibilidad de alimentos, actividades de ocio y calidad de vida, y eso, no parece que sea de buen renunciar, ni siquiera cuando se despilfarran.

2.2. EL RECURSO

Es bien conocida la frase de que "el agua es un recurso renovable". Hoy por hoy, sin embargo no tiene tanto sentido hablar de recursos renovables, como de tasas de renovación de los recursos. Bajo este último enfoque, el agua ha dejado de ser un recurso que se renueva cuantitativa y cualitativamente con suficiente velocidad para compensar su uso y, por tanto ha dejado de ser un recurso renovable.

Por otro lado es conveniente también empezar a tratar el agua no sólo como un recurso capaz de dar rendimiento social o económico inmediato, sino lo que es más importante, como un componente de la Tierra del que sobra ahora enunciar sus importantes funciones pero que, en síntesis, es esencial para que la biosfera conserve su organización actual, precisamente la que permite al hombre ocupar la ventajosa posición que ha conseguido alcanzar en ella. Optimizar el uso del agua no debe entenderse sólo como un sinónimo de aumentar su eficiencia de utilización humana, sino de permitir también hacerla suficientemente asequible al resto de "usuarios" de la biosfera. Hay que hacer caso al saber popular cuando dice que "agua que no has de beber, déjala correr", a pesar de que cada vez va a ser más difícil invertir la falsa idea de que el agua que dejas correr se pierde en el mar.

Finalmente está el tema de la internalización de los costes ambientales en el uso del agua, del que la Directiva Marco de nuevo se erige como referente básico. Sin embargo, puede que la internalización a partir de los análisis coste/beneficio de las actividades humanas de producción que utilizan recursos naturales, no sea el mejor camino posible. El dinero (y por tanto el precio) es un recurso virtual, manipulable. Continuar tributando rentas por trabajos realizados, no consigue ni siquiera su fin básico que no es otro que equilibrar la distribución de ese recurso virtual. Probablemente se requiera una auténtica revolución fiscal que acabe con el actual esquema de declaración de las rentas por trabajos realizados, para pasar a la declaración de rentas en función de los recursos naturales consumidos y que cambie la política de aumento de precio de los recursos, por la de limitación igualitaria de su acceso a ellos.

3. NORMATIVA

3.1. PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA

En la Ley 11/2005, de 22 de junio, por la que se modifica la Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional, se estableció una definición de los mal llamados caudales ecológicos entendiéndolos como tales *"los que mantienen como mínimo la vida piscícola que de manera natural habitaría o pudiera habitar en el río, así como su*

vegetación de ribera”. (Disposición Final Primera. Punto Cuatro).

Idéntica definición se recoge en el Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica, añadiendo que los caudales ecológicos deben contribuir a alcanzar el buen estado o buen potencial ecológico en los ríos o en las aguas de transición.

Un análisis de esta definición pone al descubierto algunos aspectos relevantes, toda vez que contradictorios, con el fondo de la legislación que los propone. ¿Cómo un caudal ecológico va a contribuir a alcanzar el buen estado ecológico en un tramo de río poblado de especies exóticas? ¿Cuál es la vida piscícola que de manera natural habitaría o pudiera habitar en el río? ¿Qué ocurre en cursos de agua donde de manera natural no hay peces? ¿Cuándo se habla de vegetación de ribera, se refiere a la que ocupa el espacio que la Ley de Aguas define como “ribera”? ¿Dónde está la ribera en un río mediterráneo natural no regulado?

Todas estas dudas conducen inexorablemente a un tema central que se ha abordado muy poco o nada. Se trata de tener claro que clase de río se quiere, no ya a nivel ecológico sino simplemente a nivel fisiográfico. Los mejores bosques de ribera en los ríos mediterráneos se encuentran en tramos poco intervenidos pero siempre bajo caudales regulados ¿es esa la ribera que hay que proteger o hay que buscar las riberas ralas y pedregosas de los cursos de agua torrenciales típicamente mediterráneos? ¿Cómo se mide la vida piscícola a mantener en un tramo de río? ¿Hay que dejar los ríos secos en verano si de forma natural así les correspondiese? ¿Es el régimen hidrológico mediterráneo compatible y/o adaptable a la distribución temporal de la demanda de agua?. No son respuestas sencillas, aunque pueda parecerlo, pero estaría bien meditarlas.

El mismo RD 907/2007 indica sobre caudales ecológicos (art. 18) algunos aspectos que conviene tener en cuenta:

1. El plan hidrológico determinará el régimen de caudales ecológicos *“incluyendo también las necesidades de agua de los lagos y de las zonas húmedas.”*
2. Para el establecimiento de los caudales ecológicos *“...los organismos de cuenca realizarán estudios específicos en cada tramo de río.”*
3. *El proceso de implantación del régimen de caudales ecológicos se desarrollará conforme a un proceso de concertación que tendrá en cuenta los usos y demandas actualmente existentes y su régimen concesional, así como las buenas prácticas.*
4. *En caso de sequías prolongadas podrá aplicarse un régimen de caudales menos exigente...”*

Se deduce que además de los caudales de mantenimiento para los ríos hay que contar con las demandas ambientales hídricas de lagos y zonas húmedas. Se deduce también que los caudales de mantenimiento deben ser específicos para cada tramo de río (no valen criterios generales, ni reglas fijas). Queda claro y explícito que la implantación de los caudales de mantenimiento se debe llevar a cabo mediante un consenso con los actuales derechos concesionales. Son ciertamente tres aspectos muy relevantes.

En cuanto al hecho de poder rebajar los caudales de mantenimiento en condiciones de sequía prolongada, parece bastante lógico y coherente con la realidad hidrológica de un país mediterráneo, aunque considerar que una sequía es un deterioro temporal, es poco acertado. Tanto las sequías como las crecidas son situaciones consustanciales (naturales, normales) en ríos y lagunas mediterráneas, absolutamente internalizadas, toda vez que necesarias, en estos ecosistemas acuáticos.

Aún dentro del RD 907/2007 en lo que se refiere a los contenidos de los Planes Hidrológicos de Cuenca el art. 4 requiere un inventario de los recursos superficiales y subterráneos (y define como ha de ser dicho inventario), incluyendo los regímenes hidrológicos y las características básicas de calidad de las aguas. Propone en definitiva, unificar datos. Este punto es absolutamente imprescindible para evitar las continuas controversias sobre la calidad de los aforos, y para poder aplicar métodos hidrológicos de cálculo de caudales de mantenimiento con la mayor fiabilidad posible.

También habla dicho Real Decreto de contar con una “...*reserva de recursos para usos y demandas actuales y futuras, así como para la conservación o recuperación del medio natural...*” Este punto permite pensar en la posibilidad de una ampliación progresiva, a futuro, de los recursos destinados a caudales de mantenimiento, lo que arroja al planteamiento sobre la implantación de esos caudales, que se desarrolla más adelante.

3.2. LEGISLACIÓN SOBRE CÁLCULO DE CAUDALES ECOLÓGICOS

Los criterios legales existentes para el cálculo de caudales ecológicos en España se encuentran en dos ámbitos: por un lado los Planes Hidrológicos de cada cuenca y por otro las leyes de pesca fluvial de las Comunidades Autónomas. Además de la falta de homogeneidad entre los enunciados de unos y otros, la no coincidencia territorial de cuencas hidrográficas y comunidades autónomas, da lugar a un escenario poco comprensivo, cuando no incoherente, en materia de caudales ecológicos. No existen criterios legales hidrológicamente coherentes (tabla 1).

En Europa, la situación no es particularmente distinta (tabla 2) con una amplia variedad de criterios legales. Si en lugar de adoptar países como unidades de análisis, se adoptaran cuencas o regiones hidrográficas, también aparecerían incongruencias por disparidad de criterios en áreas próximas, hidrológicamente homogéneas. No hay tampoco criterios generales coherentes.

La idea subyacente y aprovechable que si se pone de manifiesto tanto a nivel de España como de Europa es que cada región, y por extensión cada río o tramo de río, puede requerir un criterio distinto a la hora de establecer un caudal de mantenimiento, como consecuencia de sus características biogeográficas y limnológicas, al margen de las políticas y socioeconómicas.

Hay que señalar que existen países europeos sin aún ningún criterio específico para el cálculo de caudales de mantenimiento, como por ejemplo Bélgica, o sin las herramientas legales (reglamentos) para aplicarlos como Italia. Por otro lado, la organización hidrográfica en cuencas como unidades de gestión de España es una de los mejores de Europa.

Tabla 1. Criterios establecidos en los distintos Planes Hidrológicos de Cuenca y en algunas Comunidades Autónomas, junto con la denominación que en cada caso reciben los caudales ambientales.

| ORGANISMO DE CUENCA | CRITERIO |
|---|--|
| Norte I, II y III (Caudal mínimo) | 10% del módulo anual, con un mínimo de 50 l/s |
| Duero | Sin especificaciones. |
| Tajo (Demanda medioambiental) | Equivalente al volumen que corresponda al 50% de la aportación media estival restituida a régimen natural. |
| Guadiana I y II (Volumen mínimo) | 1% de la aportación natural a cada embalse |
| Guadalquivir y Guadalete-Barbate (Demanda medioambiental) | 50 l/s como máximo, adicionales a los indicados para los usos reconocidos en la cuenca |
| Sur (Caudal ecológico) | 10% del módulo anual |
| Ebro (Caudal mínimo) | 10% del módulo anual |
| Júcar (Reserva máxima) | 1% de los recursos totales de la cuenca. |
| Segura (Caudal mínimo) | 10% del módulo anual |
| Cuencas Internas de Cataluña (Caudal de mantenimiento) | Método QBM |
| Galicia-Costa (Caudal mínimo) | 10% del módulo anual |
| COMUNIDAD AUTÓNOMA | |
| COMUNIDAD AUTÓNOMA | CRITERIO |
| Galicia (Caudal ecológico) | Cualquier método suficientemente contrastado |
| Asturias (Caudal mínimo ecológico) | 20% del módulo anual |
| Navarra (Caudal mínimo) | 10% del módulo anual en ríos ciprinícolas y el Q ₃₃₀ en ríos salmonícolas |
| Aragón (Caudal ecológico) | A determinar según cada caso |
| Cataluña | 10% módulo anual/QBM |
| Castilla y León (Caudal ecológico) | 20% del módulo anual |
| Castilla-La Mancha (Caudal mínimo ecológico) | 10% del módulo anual |
| Murcia | Pendiente de reglamentación |
| Extremadura (Caudal mínimo) | Sin especificar |
| España (Ley de Pesca Fluvial) | Hasta 30 l/s en pasos para peces (tramos salmonícolas) |

Tabla 2. Criterios establecidos en distintos países, para el cálculo de los caudales ambientales.

| PAÍS | CRITERIO MÁS COMÚN |
|--|--|
| España | 10-20% del módulo anual |
| Francia | 10% del módulo anual pero para módulos superiores a 80 m ³ /s se admite el 5% del módulo. |
| Italia (según las regiones) | 10% del módulo anual en algunas regiones y en otras un caudal específico de 2 l/s.km ² |
| Irlanda | 1-10% del módulo anual |
| Gran Bretaña (Inglaterra y Escocia) | Q ₃₄₇ (caudal igualado o superado el 90% del tiempo durante el año). |
| Suiza (Legislación cantonal La Vaudoise) | El caudal de mantenimiento se deduce de un algoritmo basado en el Q ₃₄₇ conocido como "formula de Mathey" |
| Austria | Q ₃₀₀ (caudal igualado o superado 300 días al año). |
| Alemania | 30-60% del módulo anual |
| Estados Unidos | ABF, Montana, PHABSIM |
| Canadá | 25% del módulo anual |
| República de Sudáfrica | BBM |

Como puede deducirse de la tabla 1, el panorama normativo en materia de caudales de mantenimiento en el estado español es un auténtico mosaico de criterios entrecruzados, donde lo más grave no es la dispersión sino la falta de justificación de muchos de ellos. Existen unos 10 criterios normativos distintos con solapes territoriales incluidos, en varios casos. Esta situación genera mucha desconfianza sobre el propio concepto de caudal de mantenimiento y no contribuye precisamente a su progresiva implantación.

En Estados Unidos, país pionero en el desarrollo de métodos científico-técnicos de cálculo de caudales de mantenimiento, parece ser que no existe un marco legal tan estricto como en Europa y en la mayor parte de los casos, son las agencias de protección de la naturaleza quienes amparadas directamente en métodos científico-técnicos propios o desarrollados por otras entidades, establecen los caudales de mantenimiento. En Estados Unidos, la profusión es por tanto de métodos y no de criterios legales.

Con el ánimo de intentar llamar las cosas por su nombre y aprovechar todos los foros para resituar el término "ecología" y sus derivados en el campo de las ciencias biológicas, del que no se debería haber sacado para aplicaciones de marketing, está claro que el único caudal que merece el calificativo de "ecológico" es el natural. Para el resto hay que buscar otras denominaciones (caudal de reserva, caudal mínimo, caudal ambiental, etc.) y posiblemente si se atiende a las funciones, una denominación acertada sea la de caudal de mantenimiento ya que es precisamente el "mantenimiento" de la funcionalidad del río como ecosistema, el principal objetivo de este tipo de caudal.

Lo cierto es que el significado, o si se prefiere el objetivo, del caudal de mantenimiento está muy claro, y aunque se ha criticado y con razón la indefinición científica y técnica de su cálculo, hay que tener en cuenta que buena parte de estas críticas son inherentes a cualquier actuación de gestión que se pueda hacer en cualquier ecosistema. En la naturaleza la cuantificación matemática precisa no es recomendable, entre otras cosas porque no es posible. La injerencia del azar se ocupa de que tal cuantificación no pueda tener más que un valor estadístico en el mejor de los casos. El ajuste preciso de cualquier medida de gestión ambiental, incluidos los caudales de mantenimiento, sólo puede conseguirse mediante estrategias de seguimiento y validación, pero en la actualidad ya existen métodos capaces de aproximarse con suficiencia a un valor operativo de caudal de mantenimiento.

Cabe añadir que las tendencias futuras en materia de gestión de ríos regulados, no van a quedarse en el establecimiento de un valor de caudal de mantenimiento más o menos constante, que represente algo así como el mínimo absoluto en condiciones de regulación. Se debe sin duda elaborar un verdadero régimen de caudal de mantenimiento que incluya, además del mínimo absoluto, una modulación de tales caudales acorde con la variabilidad del hidrograma natural del río regulado en cuestión, unos caudales generadores o de limpieza y acondicionamiento del cauce, una limitación de los caudales máximos circulantes (caso de trasvases, por ejemplo) y de las variaciones de caudal por unidad de tiempo, así como un nivel determinado de calidad del agua saliente de las obras de regulación.

La aplicación de estos criterios de gestión de los ríos regulados ya empieza a ser una realidad en la proyección de nuevos aprovechamientos hidroeléctricos y deberá solucionar de forma satisfactoria su aplicabilidad a los aprovechamientos ya existentes, lo que supondrá el negociado de los derechos concesionales en vigor, en los términos

que sea, pudiendo repercutir en muchos casos un coste económico para el estado, en favor de los concesionarios. En este sentido, habría que ir haciendo estimaciones de lo que supondría el coste de distintos escenarios de caudales de mantenimiento. Fácilmente se pueden alcanzar los 30.000.000 €/año para el horizonte de unos caudales de mantenimiento del 10% del módulo anual, que pueden multiplicarse por 7 u 8 si se quiere atender a regímenes de caudales de mantenimiento; todo ello sin tener en cuenta los costes iniciales de las reformas a realizar en presas y azudes para permitir el paso de caudales mínimos. Son ciertamente cifras indicativas pero que habrá que empezar a afinar, interpretar y a considerar, como ya de hecho lo establece la Directiva Marco del Agua.

4. MÉTODOS DE CÁLCULO DE CAUDALES DE MANTENIMIENTO

4.1. REQUERIMIENTOS DE LOS RÍOS

Los ecosistemas fluviales mediterráneos tienen como características ecológicas representativas, su variabilidad temporal y espacial (estacionalidad, heterogeneidad), junto con su resiliencia.

Un efecto derivado de la marcada estacionalidad de los ríos mediterráneos en general, es la percepción de ambientes aparentemente degradados, de poco valor que muchos cauces intermitentes y temporales transmiten. En realidad y desde un punto de vista ecológico, la estacionalidad, lejos de ser un motivo de degradación, es una perturbación internalizada por este tipo de ecosistemas y por tanto absolutamente necesaria para su normal funcionamiento, que se manifiesta en forma de numerosas y singulares adaptaciones por parte de las comunidades acuáticas autóctonas.

Otro efecto inherente a la mediterraneidad es la necesidad de regulación de los recursos hídricos para diversos usos y actividades. Ello ha comportado una proliferación de embalses y canales que ha situado a España entre los 5 países del mundo con más capacidad de embalse (unos 56 km³). Embalse es siempre sinónimo de río regulado y según cómo, en un país mediterráneo, de río seco.

Frente a este panorama, las soluciones de equilibrio entre uso y conservación no se deben quedar en la gestión racional del agua, sino ir hacia la gestión de los sistemas naturales y artificiales que la contienen y/o conducen. Este enfoque ecosistémico pasa forzosamente por que se conserve o se recupere un adecuado régimen de caudales de mantenimiento, que incorpore los requerimientos hídricos necesarios para maximizar, en la medida de lo posible, la naturalidad y funcionalidad de esos ríos regulados o regulables. Desde un punto de vista ecológico, estos requerimientos hídricos deben ser suficientes en los siguientes ámbitos:

1. Habitabilidad. Desdoblada en dos niveles, uno de habitabilidad física referida a la cantidad de espacio necesario y suficiente (dimensiones de la lámina de agua, profundidad, anchura, etc.) y el otro de calidad de hábitat, referida en este caso a las condiciones cualitativas que deben mantenerse en la lámina de agua (variabilidad hidráulica, estructura del sustrato, etc.).
2. Calidad biótica. Se trata de un requerimiento que complementa de forma directa al

de calidad de hábitat, en los términos definidos. Incluye la conservación de la capacidad biogénica del medio y de la calidad del agua.

3. **Variabilidad.** Los ríos son cambiantes por naturaleza, lo que dicho de otro modo significa que su naturaleza requiere cambios continuos, evidentemente de magnitud, frecuencia y duración determinadas. La variabilidad espacial, expresada en forma de un necesario mosaico de distintos tipos de ambiente ya se consigue con una habitabilidad que permita una diversidad hidráulica suficiente, lo que a su vez, si no existen otros factores condicionantes (calidad biótica), es también suficiente para conseguir un buen nivel de diversidad biótica.

Otra cosa es el tema de la variabilidad temporal, particularmente importante en ríos como los mediterráneos. En este caso, como en cualquier planteamiento de gestión de sistemas naturales, el referente obligado, al menos por principio, es lo natural, en este caso el hidrograma natural. Dentro de la serie de registros históricos de caudales se encuentra la información básica en torno a la cual se organiza todo el ecosistema fluvial. De su análisis pueden deducirse los requerimientos en cuanto a variabilidad temporal que, a su vez, debe abordarse al menos a dos escalas: una referida a la variabilidad de alta frecuencia y baja magnitud, con particular trascendencia sobre los ciclos biológicos de las especies (migraciones, emergencias, reproducción, regeneración y saneamiento del cauce, etc.), y la otra a la variabilidad de baja frecuencia y alta magnitud, más relacionada en este caso con el proceso de Sucesión Natural y la geomorfología fluvial.

4. **Unicidad del ecosistema fluvial.** El ecosistema fluvial completo está formado por el río (cauce) y sus riberas, formando un todo indivisible. La conservación del contacto físico río-ribera por un lado y de la peculiar relación de competencia por el espacio que se establece en este contacto, resulta esencial para el funcionamiento del ecosistema fluvial. Sólo hay que tener en cuenta las funciones que cumple la ribera dentro del ecosistema fluvial (filtro, refugio, estabilización, regulación de la producción, etc.)

4.2. MÉTODOS DE CÁLCULO

Para el cálculo del caudal de mantenimiento existe un sinnúmero de metodologías, lo que es la prueba más inequívoca de que ninguna de ellas es capaz de aportar unos resultados garantizados de forma absoluta y universal. En un plano práctico, puede considerarse que, en la actualidad, básicamente existen cinco enfoques, a partir de los cuales se perfilan todas las metodologías existentes de cálculo de caudales de mantenimiento. Estos enfoques responden al tipo de datos de partida utilizados en cada caso:

1. **Enfoque hidrológico:** El caudal de mantenimiento se deduce de datos hidrológicos tratados de distintas formas, (caudales clasificados, porcentajes, análisis de series temporales, etc.). Son los más versátiles dado que son aplicables a distintas escalas desde la de la planificación hidrológica hasta la de tramos de río concretos. Algunas referencias junto con sus principales características, son las siguientes:
 - **NGPRP** (*Northern Great Plains Resource Program*). Se calcula como sobre curvas de caudales clasificados mensuales. Se ha utilizado en ríos de las grandes

llanuras americanas. Es conceptualmente equivalente a la expresión de Mathey pero llevada a escala mensual.

- Método de Hoppe). Fija distintos niveles de caudal de mantenimiento según objetivos (alimento, refugio, reproducción, regeneración del cauce) y los define a partir de los caudales que son igualados o superados durante unos periodos de tiempo determinados.
- Método 7Q2. Es uno de los métodos más antiguos y se ha aplicado en los estados del sur de Estados Unidos. El caudal de mantenimiento se deduce de un análisis de recurrencia de caudales mínimos. Cabe indicar que este método fue el que sugirió en origen el planteamiento del método QBM, analizando el comportamiento de las medias de caudales diarios consecutivos, para intervalos crecientes de días.
- Método de Utah. Propone dividir el año en dos periodos (octubre-marzo y abril-septiembre) y utiliza las medias aritméticas de los valores más bajos de caudales medios mensuales, para cada mes dentro de cada uno de los dos periodos.
- Método NEFM (*New England Flow Method*). Se le conoce también como método ABF (*Aquatic Base Flow*). El NEFM ha sido junto con el método de Tennant, el más utilizado en Estados Unidos. El caudal de mantenimiento se calcula a partir de la mediana del mes más seco de cada año de la serie considerada.
- Método 0,25 QMA. Es una derivación más del método Montana que se aplica en las provincias marítimas de la costa este de Canadá. El caudal de mantenimiento se calcula directamente como el 25% del módulo anual.
- Formula de Mathey. Es la base del que se conoce como “método suizo”. Para el cálculo del caudal de mantenimiento plantea un algoritmo basado en un caudal clasificado.

Dentro de los métodos hidrológicos están también los que podrían denominarse, “Secuenciales” por basarse en el estudio de las series continuas de caudales diarios. Entre estos cabe destacar los siguientes:

- Método QBM (Caudal Básico de Mantenimiento). Establece un régimen de caudales de mantenimiento a partir de un “caudal básico” que se obtiene del análisis de discontinuidades en series de caudales medios diarios tratados con medias móviles de intervalos crecientes. Es apto tanto para la planificación como para tramos de río concretos. Permite incorporar aspectos ecológicos específicos de cada tramo de río y también condicionantes de cualquier naturaleza. En este sentido, puede dar unos resultados equiparables a los de los métodos holísticos.
- Método RVA (*Range of Variability Approach*). A partir de series de caudales medios diarios, se calculan una serie de indicadores de alteración hidrológica predefinidos y se decide cual va a ser el valor objetivo no superable para cada uno de ellos, en condiciones de regulación. Permite obtener un régimen de caudales de mantenimiento.

2. **Enfoque hidráulico**: El caudal de mantenimiento se deduce de la relación entre

algún parámetro hidráulico (normalmente el perímetro mojado o la profundidad) y el caudal. Sólo admite aplicaciones locales. Algunas referencias son las siguientes:

- Método de Montana. También se le conoce como el método de Tennant. Es uno de los más utilizados en Estados Unidos y Canadá, y ha servido de referencia para buena parte de los criterios administrativos europeos de definición de caudales de mantenimiento. Habitualmente se le ha clasificado como un método hidrológico dado que su aplicación consiste en el cálculo de porcentajes fijos del módulo anual, pero en realidad es un método de origen totalmente hidráulico, pues se basa en la relación entre caudal y descriptores hidráulicos (profundidad, velocidad del agua y anchura de lámina de agua).
 - Método de Idaho. Se establecen unos referentes de profundidad mínima y rango de velocidad del agua, para distintas especies según sus respectivas exigencias, de modo que el caudal de mantenimiento es como mínimo, el primero que cumple tales referentes en una serie de secciones del cauce, también previamente seleccionadas como representativas de este.
 - Método del perímetro mojado. Es posiblemente el más genuino de los métodos hidráulicos existentes. Forma parte sin embargo, del que se conoce como método de Washington, otro método hidráulico en cierto modo precursor de los de tipo hidrobiológico, que relaciona la superficie útil (para producción de alimento, freza, refugio, ...) desde el punto de vista de los peces y en un tramo de río, con el caudal circulante, para obtener un referente de caudal de mantenimiento. Cuando no se dispone de criterios para definir la superficie útil, el método propone adoptar como caudal de mantenimiento el punto de cambio de pendiente de la curva que relaciona caudal y perímetro mojado. Sólo sirve para tramos de río concretos.
3. **Enfoque hidrobiológico**: El caudal se deduce a partir de una cuantificación previa del hábitat físico de una especie de referencia (normalmente peces) y del análisis de su relación con el caudal mediante simulación hidráulica. En lugar del hábitat físico, algunos de estos métodos utilizan variables biológicas como la biomasa o la diversidad ecológica, de distintas comunidades naturales. Sólo admite también aplicaciones a secciones y tramos concretos de ríos. Algunas referencias son las siguientes:
- Método IFIM (*Instream Flow Incremental Methodology*). Se ha definido como una herramienta de negociación en la gestión de ríos regulados, derivada de una puesta en común de conceptos del ámbito de la ecología de peces, la hidrología y la hidráulica fluvial. Se trata de analizar como va cambiando el hábitat para una especie de pez determinado (especie objetivo), frente a las variaciones de caudal circulante y decidir, sobre los resultados, el régimen de gestión más conveniente.

Su aplicación informática el PHABSIM (*Physical Habitat Simulation System*) es hasta la fecha, la referencia incuestionable en la determinación de caudales de mantenimiento en ríos de los últimos 25 años, a pesar de que, como sus propios autores indican, ni se pensó ni sirve para determinarlos. Deriva de una metodología de cuantificación de hábitats (HEP, *Habitat Evaluation Procedure*).

El caudal de mantenimiento se define como el punto de cambio de pendiente de la

curva que relaciona la cantidad de hábitat (WUA; *Weighted Usable Area*) y el caudal. A partir del PHABSIM se han generado multitud de modelos similares, como el RHYABSIM (*River Hydraulics and Habitat Simulation Program*), el RHABSIM (*Riverine Habitat Simulation Program*), todos ellos unidimensionales. Actualmente progresan los que utilizan modelos hidráulicos bidimensionales, como por ejemplo el CASIMIR (*Computer Aided Simulation Model for Instream Flow Requirements*) o el River 2D, entre otros.

- Método Vasco. Establece el caudal de mantenimiento y su variabilidad temporal a partir de relaciones entre la diversidad ecológica de los macroinvertebrados bentónicos y el caudal.
4. **Enfoque holístico**: Más que un método en sí, es un procedimiento o protocolo de cómo deducir el caudal de mantenimiento a partir de un análisis independiente de las necesidades de los componentes del ecosistema fluvial objetivo, sean aspectos abióticos (geomorfología, calidad del agua, etc.), ecológicos (comunidades naturales), perceptuales (paisaje), socioeconómicos o todos en conjunto. Como planteamiento metodológico es ciertamente impecable, pero en la práctica su aplicación puede ser compleja en función de la heterogeneidad de los resultados parciales obtenidos para cada componente considerado. Son poco utilizables a escala de planificación. Algunas referencias son las siguientes:
- BBM (*Building Block Methodology*). Establece un régimen de caudales de mantenimiento apto para preservar aspectos y componentes bióticos, abióticos, culturales o sociales, previamente identificados como objetivos de conservación, de forma incremental y sobre la base de un régimen hidrológico básico.
 - AHA (*Australian Holistic Approach*). Sólo difiere del anterior en los criterios de análisis de los requerimientos correspondientes a los valores de conservación objetivo y algo en la estructura del protocolo de aplicación.
5. **Enfoque ecohidrológico**: Es un enfoque de síntesis, en cierto modo híbrido entre el hidrológico y el hidrobiológico. El caudal de mantenimiento se calcula a partir de datos hidrológicos, pero adoptando como referente los requerimientos de una o varias especies objetivo, definibles para cada caso (cada ecoregión, por ejemplo), y para los que el caudal mínimo establecido debe permitir su conservación. Si se puede establecer una especie objetivo con garantías, es un enfoque adecuado para planificación de caudales de mantenimiento a nivel de grandes cuencas con distintas ecoregiones, dado que permite extrapolaciones mediante regresiones múltiples, pero no parece ser muy apropiado para el cálculo en tramos de río concretos. La única referencia conocida es la siguiente:
- Método de Quebec. A partir de una regionalización hidrológica y de la definición de una serie de especies de peces objetivo en cada región, se deducen los requerimientos de caudales de mantenimiento necesarios para permitir el normal desarrollo del ciclo biológico de las especies objetivo a lo largo del año. Las necesidades de cada especie se deducen de estudios disponibles o se hacen de propio y para los cálculos de los caudales de mantenimiento adecuados se parte de un tanteo de varios métodos que sólo requieren datos hidrológicos (en el caso de Quebec, básicamente el ABF, el Montana y el 7Q2).

Otra manera de clasificar las actuales propuestas metodológicas sobre definición y cálculo de caudales de mantenimiento, es en función de cual es el aspecto o componente del medio que tales caudales mínimos pretenden preservar. Bajo esta perspectiva, las anteriores cinco categorías se configuran en tres grupos:

1. **Biotopológicos**: Caudales de mantenimiento definidos para la preservación de un componente abiótico del ecosistema (paisaje fluvial, calidad del agua, etc.). Conduce a la utilización de métodos fundamentalmente hidráulicos o en menor medida hidrológicos simples, y admite la aplicación parcial de métodos hidrológicos secuenciales y métodos holísticos.
2. **Biocenológicos**: Caudales de mantenimiento definidos para la preservación de un componente biótico del ecosistema fluvial (una especie de pez, el macrobentos, la ribera, etc.). Conduce a la aplicación preferente de métodos hidrobiológicos, ecohidrológicos o en menor medida hidráulicos y admite en este caso también, la utilización de métodos que puedan incorporar criterios ecológicos específicos, como los métodos holísticos y algunos métodos hidrológicos secuenciales.
3. **Ecosistémicos**: Caudales de mantenimiento definidos para la preservación de todo el ecosistema fluvial, sin ninguna preferencia particular. Conduce forzosamente a la aplicación de métodos hidrológicos secuenciales o métodos holísticos. Es importante diferenciar en este caso entre estos dos tipos de métodos. Los primeros construyen el régimen de caudales de mantenimiento pensando en las necesidades integrales del ecosistema fluvial, sin penalizar, ni priorizar, ni ponderar ningún aspecto o componente del medio, de forma específica. Los segundos construyen ese mismo régimen de caudales de mantenimiento como el sumatorio de los requerimientos particulares de los aspectos o componentes del ecosistema fluvial considerados a tal efecto.

Tabla 3. Tabla comparativa de los métodos de cálculo de caudales de mantenimiento en función de los datos que utilizan y de los objetivos o referencias de preservación que persiguen.

| | | SEGÚN EL OBJETIVO A PRESERVAR O LA REFERENCIA | | | | | |
|-----------------------------------|---------------------------|---|---------------------|-------------------------|---|-------------------------------------|-------------------------|
| | | Métodos Hidrológicos | Métodos Hidráulicos | Métodos Hidrobiológicos | Métodos Holísticos | Métodos Hidrológicos (Secuenciales) | Métodos Ecohidrológicos |
| SEGÚN EL TIPO DE DATOS UTILIZADOS | Régimen Hidrológico | Aspectos Bióticos | | | | Ecosistema Fluvial | Aspectos Bióticos |
| | Requerimientos ecológicos | | | Aspectos Bióticos | Aspectos Abióticos + Aspectos Bióticos + Otros Aspectos | | |
| | Aspectos Hidráulicos | | Aspectos Abióticos | | | | |
| | Aspectos geomorfológicos | | | | | | |
| | Aspectos Culturales | | | | | | |
| | Otros Aspectos | | | | | | |

Los dos criterios expuestos de clasificación de los métodos de cálculo de caudales de mantenimiento (datos utilizados y objetivo de preservación), se pueden aunar en la tabla 3 para obtener una visión global comparativa. A modo de ejemplo interpretativo, en dicha tabla 3 los métodos hidrológicos secuenciales utilizan como datos de partida, el régimen hidrológico del río o tramo de río considerado y aportan un caudal de mantenimiento dirigido a la conservación de todo el ecosistema fluvial, sin particularizar en ningún aspecto o componente, mientras que los métodos hidrobiológicos, utilizan datos hidrológicos, hidráulicos y ecológicos, aportando caudales de mantenimiento pensados para la conservación de componentes bióticos particulares (especies concretas de peces, habitualmente) que supuestamente son garantes de idoneidad para todo el ecosistema.

4.3. EVOLUCIÓN HISTÓRICA Y POSIBLES TENDENCIAS DE FUTURO

Sin duda la comodidad de cálculo, catapultó en los años 70 a los métodos hidrológicos basados en estadísticos simples, hacia una rápida expansión, en particular en los foros de planificación y legislación de usos del agua. Los métodos hidráulicos también se iniciaron y alcanzaron su más amplia difusión en los años 70 y 80.

En la década de los años 80, irrumpieron en escena métodos hidrobiológicos basados fundamentalmente en los modelos de hábitat físico de peces. En los años 90 se trabajó mucho en el análisis y la mejora de los métodos hidrobiológicos, pero casi siempre en el ámbito científico y muy poco a nivel de aplicabilidad práctica a casos reales. En la misma década se desarrollaron los métodos holísticos, como una propuesta para ríos heterogéneos tanto de estructura como de objetivos de conservación y gestión.

También es en la década de los 90 cuando empezaron a aparecer y se validaron algunas propuestas metodológicas de tipo hidrológico secuencial. Finalmente, a principios del siglo XXI, y sin duda como salida lógica a la evolución histórica acontecida, se presentaron los métodos ecohidrológicos, como una propuesta práctica y simplificadora.

Las tendencias actuales parecen ser bastante claras a nivel conceptual, si bien a nivel de estudios y aplicaciones, se manejarán aún durante unos cuantos años, varias propuestas indistintamente. Si hay que trazar una evolución a futuro, es probable que sea en el siguiente sentido:

1. Estancamiento y abandono de los métodos hidráulicos para el cálculo de caudales de mantenimiento, pero desarrollo de métodos de simulación hidráulica más precisos como herramientas de comprobación de los resultados de caudales de mantenimiento obtenidos por otros métodos.
2. Desarrollo de más y mejores modelos hidrobiológicos bidimensionales (y tridimensionales) de cuantificación del hábitat, acoplados a modelos de simulación hidráulica, más complejos y precisos. Estos métodos pueden tender también a convertirse en valiosas herramientas de comprobación, más que de cálculo, de los caudales de mantenimiento.
3. Consolidación y progreso de los métodos holísticos como alternativa para

aplicaciones locales en cualquier situación, pero en particular allí donde los otros métodos son inaplicables por cualquier razón.

4. Abandono progresivo de los métodos hidrológicos más simples y expansión de los métodos hidrológicos que se soporten en un fundamento ecológico y en el análisis de las series de caudales circulantes, con una tendencia a la fusión con los métodos ecohidrológicos.
5. Selección de los métodos en función de los datos disponibles y del objetivo de gestión perseguido. Progreso en la interpretación del significado de los caudales de mantenimiento a partir de estudios y protocolos de seguimiento de los efectos reales de su implantación.
6. Consideración preponderante del enfoque de gestión global del ecosistema fluvial, en lugar de la preservación de aspectos o componentes particulares de este.
7. Los caudales de mantenimiento no van a consistir en un valor único de caudal más o menos constante, sino que se perfilarán como verdaderos regímenes de caudales de mantenimiento, incluyendo además de unos caudales mínimos absolutos, una modulación temporal de tales caudales acorde con la variabilidad del hidrograma natural de los ríos regulados en cuestión, unos caudales generadores o de limpieza y acondicionamiento del cauce, una limitación de los caudales máximos circulantes y acotamientos en las variaciones de caudal por unidad de tiempo. Todo ello sin olvidar la premisa fundamental, de mantener un nivel determinado de calidad del agua saliente desde las obras de regulación.

5. CONCLUSIONES

De lo escrito hasta ahora se pueden extraer ya algunas conclusiones de cara a la definición de los caudales de mantenimiento dentro de la planificación hidrológica.

5.1. ÁMBITO ADMINISTRATIVO

Desde un punto de vista administrativo, la actual división política del territorio y la distribución de competencias, complica en buena medida, disponer de criterios claros, lógicos y comprensibles, para la definición de caudales de mantenimiento. La unidad de cuenca, reconocida en la vigente legislación de aguas, debería manifestarse de forma más contundente. Dicho de otro modo, la legislación autonómica de pesca, nunca debería ni contradecir, ni condicionar, ni prevalecer, a lo que se establezca en los Planes Hidrológicos de cada Demarcación Hidrográfica, salvo que estos la recojan explícitamente para casos particulares.

Debe quedar también claro y sin ambigüedades, que la implantación de los caudales de mantenimiento parte de una situación en la que existen una serie de concesiones de agua, reconocidas y amparadas por la Ley, y que esa misma ley establece de forma inequívoca la manera de articular tales concesiones dentro de la planificación hidrológica. Carece de sentido y es una muestra de la aparente incapacidad social de diálogo, la creciente judicialización que se está dando en procesos de implantación de

caudales de mantenimiento, entre concesionarios de derechos de uso de agua y administraciones, e incluso entre administraciones.

Además de analizar e integrar las demandas ambientales de caudal en los esquemas de disponibilidad de recursos hídricos de cada cuenca, es también importante empezar a disponer de estimaciones del coste económico asociado a la reversión parcial o total de los derechos concesionales en vigor, que se consideren incompatibles con tales demandas ambientales.

Es interesante destacar que la legislación vigente reconoce la especificidad de cada tramo de río a la hora de asignarle un caudal de mantenimiento. No valen por tanto criterio generales, ni reglas fijas.

También resulta de interés abordar con rigurosidad dos aspectos recogidos en la legislación vigente. Uno es la posibilidad de adecuación de los caudales de mantenimiento a condiciones de sequía prolongada. El otro es la necesidad, a menudo olvidada, de preocuparse en cómo establecer y aplicar las demandas ambientales hídricas de lagos y zonas húmedas. Es un aspecto ciertamente muy poco estudiado.

Aún dentro del ámbito administrativo, sería muy deseable un esfuerzo en materia de cantidad (temporal y espacial), calidad, disponibilidad y acceso, a datos de aforo, incluyendo los regímenes hidrológicos y las características básicas de calidad de las aguas. En este sentido la Confederación Hidrográfica del Ebro resulta ciertamente ejemplar, pero se queda a demasiada poca distancia de la excelencia como para no alcanzarla, lo que podría conseguirse mediante un análisis de la información hidrológica publicada y alguna ampliación puntual, por ejemplo en la restitución de series a régimen natural.

5.2. ÁMBITO CIENTÍFICO-TÉCNICO

En principio parece pues que, sea cual sea la estrategia de definición y cálculo de los caudales de mantenimiento, esta deberá cumplir al menos las tres premisas siguientes:

- Que su fundamento teórico tenga una lógica basada en características intrínsecas del ecosistema fluvial y no en criterios antrópicos, los cuales pueden valer como elementos de validación pero no de definición y cálculo de los caudales de mantenimiento.
- Que sus resultados se refieran a todo el ecosistema fluvial o, en su defecto, al mayor número de componentes de este, sin primar unos sobre otros. Resulta ecológicamente poco sostenible la idea que favoreciendo a una especie (que además normalmente es la de mayor interés para el hombre, sin otro atributo singular) se puede conservar la composición, y sobre todo el funcionamiento del ecosistema al completo. No hay que olvidar que la imposición de un caudal de mantenimiento en un río ya es de por sí un cambio suficientemente significativo en la dinámica del ecosistema como para que además la propuesta de solución se priorice para favorecer una o pocas especies.
- Que su aplicación contemple como más relevante, el invertir los esfuerzos y

requerimientos en términos de conocimientos, tiempo y coste, hacia la fase de validación posterior de los resultados, en lugar de en la fase previa de cálculo. Se trata de llegar a una propuesta de caudal de mantenimiento de la forma más rápida y sencilla posible (respetando por supuesto los dos puntos anteriores) y aplicar los mayores esfuerzos en la validación posterior de los resultados, dado que es esta fase y no ninguna otra la única imprescindible para permitir comprobar si los resultados obtenidos son o no adecuados para la realidad del ecosistema fluvial y, dado el caso, si es necesario o no modificarlos en algún sentido.

Es importante destacar que las tres propuestas metodológicas más recientes (holística, ecohidrológica e hidrológica secuencial) tienen un factor en común: todas apuestan por el principio de que es el caudal circulante quién organiza el ecosistema fluvial. Este paradigma, sencillo y lógico una vez escrito, supone un avance importante con relación al que soporta a los métodos hidrobiológicos, que han sido los referentes incuestionables de las dos últimas décadas.

Actualmente aún hoy en España se sigue usando y abusando de métodos y planteamientos de cálculo de caudales de mantenimiento importados de otros países, bajo la presunta universalidad de sus fundamentos y presunciones, lo cual es difícilmente cierto. Paradójicamente estos métodos se utilizan con iguales o más arbitrariedades que las que se han criticado en otros métodos para descartarlos; también se usan metodologías que, en realidad, no están diseñadas para la finalidad propuesta. Convendría poner orden y coherencia.

Se han realizado numerosas e interesantes experiencias de investigación y de aplicación práctica en materia de gestión ambiental de ríos regulados que no deberían dejarse en el olvido. También pueden hacerse más, bajo la forma de planes piloto que inviertan, no tanto en el cálculo de caudales de mantenimiento, como en el establecimiento de estrategias de seguimiento y validación para poder comprobar si un caudal de mantenimiento, establecido por cualquier método, es realmente adecuado o no.

5.3. PROPUESTA DE ESTRATEGIA

5.3.1. Consideraciones generales

Los dos pilares fundamentales de cualquier estrategia para incorporar los caudales de mantenimiento en el Plan Hidrológico del Ebro son, muy por encima y mucho más allá de la participación pública, en orden de importancia: 1) el fomento del ahorro (usos consuntivos) y el uso eficiente del agua (usos consuntivos y no consuntivos); y 2) la búsqueda de puntos de consenso con los actuales derechos concesionales. No parece posible disponer de regímenes adecuados de caudales de mantenimiento en un escenario que no rebaje muy sustancialmente la demanda global de agua y donde no se recorten derechos concesionales. La materia –y el agua lo es– ni se crea ni se destruye. Hay la que hay y no más.

En el mejor de los casos, ni la reducción sustancial de la demanda de agua ni la posible reversión de derechos concesionales, son hitos alcanzables a corto plazo. Tampoco está claro que la sociedad actual sea realmente consciente del coste social y económico que puede representar tener ríos con caudales de mantenimiento adecuados. Finalmente, no

hay que olvidar, las particulares características de los ríos mediterráneos y, desde luego hay que evitar transmitir que su recuperación a través de los caudales de mantenimiento, va a conducir a nuestros ríos a parecerse a los centroeuropeos o en general a las configuraciones fluviales más idílicas propias de regiones cuya hidrografía nada tiene que ver con la nuestra.

5.3.2. Sobre la disponibilidad y usos del agua

A pesar de la relevancia de este ámbito, no se va a profundizar en él por no formar parte de los objetivos del presente informe. No obstante a continuación y de forma sintética se apuntan algunas vías para abordarlo en el sentido de recuperar la naturalidad hidrológica en la cuenca, ninguna de ellas novedosa, pero muchas de ellas aún muy poco explotadas:

- Fomento del ahorro continuado de agua, no sólo en sequía (el uso racional del agua es un mandato constitucional). Desgravaciones fiscales. Control de fugas en redes de distribución de cualquier naturaleza. Apuesta por los paisajes xerofíticos. Reutilización del agua, en cualquier ámbito donde sea posible.
- Ordenación racional de los usos del territorio. Control en el manejo de nutrientes (nitrógeno y fósforo). Depuración con tratamientos terciarios de aguas residuales. Modernización (optimización) de los regadíos y los usos industriales del agua. Control de aprovechamientos y usos no legalizados del agua y del Dominio Público Hidráulico en general.
- Elaboración de planes de gestión de embalses que, a través de la coordinación, optimicen y compatibilicen, con las prioridades que corresponda en cada caso, su aprovechamiento energético, con otros usos tanto económicos (riegos, industrias) como sociales (abastecimientos urbanos, actividades de ocio, etc.). Estos planes incluyen la plena operatividad de todos los órganos de regulación de las presas, con el fin de disponer de la máxima versatilidad en cada momento.

Quizás convendría preocuparse menos por jugar a adivinar los efectos del cambio climático e invertir más en educación ambiental para evitarlo y para que, si ocurre, pueda afrontarse de la mejor forma posible.

5.3.3. Sobre los derechos concesionales

De acuerdo con lo que establece la legislación vigente, la reversión total o parcial de una concesión de uso de agua para adaptarla a la planificación hidrológica, da derecho a la correspondiente indemnización. Sin embargo, antes de llegar a dicha indemnización caben opciones de consenso e incluso una vez agotadas esas opciones, caben alternativas a la indemnización estrictamente económica. A continuación se exponen algunas de esas opciones y/o alternativas, que además, no son excluyentes entre si:

- Acuerdos voluntarios de suelta de caudales mínimos en el marco de programas de inversión en recuperación de ríos o en base a contrapartidas de distinta naturaleza.

- Establecimiento de líneas de ayuda a la modernización de aprovechamientos hidráulicos existentes, con el objetivo de liberar caudales concesionales o, en general, recuperar caudal para los ríos.
- Ampliación de los plazos concesionales a cambio de reducir los caudales aprovechables, con costes compensados.
- Facilitación (simplificación, si cabe) de la tramitación y construcción de mini y microcentrales hidroeléctricas que puedan turbinar, en régimen especial, los caudales de mantenimiento desde el pie de presas y azudes o que puedan ubicarse en grandes canales de riego.
- Implementación y revisión de concesiones con derechos de uso flexible del caudal (en aprovechamientos fluyentes) o del nivel de embalse (en aprovechamientos con regulación). Es una opción muy interesante, aunque no aplicable de forma universal. Se trata de poder utilizar más agua del río (o del embalse) en épocas de caudales (o niveles de embalse) altos y menos o nada, en épocas de caudales (o niveles de embalse) bajos, de modo que el balance anual quede compensado.

5.3.4. Sobre la implantación de los caudales de mantenimiento

Una vez se conoce la disponibilidad de agua en la cuenca, los usos y las demandas incluida la ambiental, llega el momento de cuadrar los números.

Tal y como ya se ha indicado, hoy por hoy y en el horizonte del próximo Plan Hidrológico, resulta poco probable que se pueda alcanzar la plena implantación de regímenes de caudales de mantenimiento en la cuenca del Ebro (y de hecho, en cualquier otra cuenca hidrográfica). Se impone por tanto un enfoque pragmático que bien podría ser el siguiente:

1. Definición de unos Caudales de Mantenimiento. Se llevaría a cabo para cualquier punto de la red hidrográfica fuera de los cursos de agua protegidos. Se trataría de unos caudales calculados para y dirigidos hacia, la conservación de los valores bióticos del ecosistema fluvial.

Su objetivo por tanto sería el mantener un nivel admisible de desarrollo de la vida acuática, lo que supone conservar unas condiciones de habitabilidad suficientes para que la composición y la dinámica (ciclo, interacciones) de las comunidades naturales y el hábitat físico, no se vean perjudicadas de forma significativa.

En la definición de estos caudales de mantenimiento, convendría distinguir entre los que serían de aplicación a nuevos aprovechamientos y los que se establecerían para aprovechamientos ya existentes:

- a) *Nuevos aprovechamientos.* Los caudales de mantenimiento deben tomar la forma de un régimen ambiental de caudales, coherente con el régimen hidrológico natural, ya que las biocenosis acuáticas han evolucionado de acuerdo con las pautas históricas de distribución de estiajes y crecidas (variabilidad hidrológica en general), y para completar sus ciclos biológicos

dependen precisamente de las características de estas pautas.

- b) *Aprovechamientos existentes*. Los caudales de mantenimiento también deben tomar la forma de un régimen ambiental de caudales, pero el patrón de referencia no necesariamente tiene que ser el régimen hidrológico natural. Puede serlo directamente, puede establecerse un régimen transitorio hasta alcanzarlo o, por las mismas razones apuntadas para los nuevos aprovechamientos, puede definirse un régimen particular adaptado a la organización actual del ecosistema fluvial existente.

En todo caso la fijación de los caudales de mantenimiento responderá a criterios científicos, bajo distintos enfoques, como el garantizar la disponibilidad de suficiente espacio físico para el conjunto de comunidades acuáticas, asegurar una variedad de condiciones hidráulicas que sustente la diversidad ecológica, regenerar periódicamente la zona intersticial, conservar unos niveles adecuados de calidad del agua, mantener la definición del cauce ordinario, controlar la cubierta vegetal de las riberas y su adecuada relación con la lámina de agua, etc.

Estos caudales de mantenimiento fácilmente pueden suponer en la mayoría de casos, entre un 20% y un 30% del caudal medio anual, que se convierten en un 40-60% una vez transformados a régimen ambiental de caudales, al incluir la modulación temporal y los caudales generadores.

2. Definición de unos Caudales Mínimos. Se trataría de unos caudales estimados para conservar la vida en el río y poco más, sin pretensiones de ser una solución ni definitiva ni ecológica, en el sentido amplio de ambos términos. Se obtendrían de forma directa y asumiendo las arbitrariedades necesarias, como producto de un pacto más que de una formulación científica.

Estos caudales mínimos podrían fijarse en el 10% del módulo anual, como valor genérico válido por defecto, para toda la Demarcación Hidrográfica, admitiendo la posibilidad de casos particulares bien justificados, donde se podrían establecer valores inferiores. Nunca sin embargo se debería bajar del 5% del módulo anual y debería quedar claro que todos los caudales mínimos no son el punto de llegada sino el punto de partida.

La implantación de los caudales mínimos, no exigiría de entrada su modulación en forma de régimen variable.

3. Definición de unos Caudales de Acondicionamiento. Se trataría de caudales que podrían establecerse sin más o como un complemento a los caudales mínimos. Se fijarían para una finalidad determinada, distinta de la conservación de valores bióticos del ecosistema fluvial y referida a aspectos abióticos (caudal de dilución), estéticos (caudal de presencia de lámina de agua), recreativos (caudal para prácticas deportivas), u otros, siempre que respondieran a particularidades justificadas de ríos o tramos de ríos concretos.

Su cuantificación sería muy variable y también su forma de implantación (aplicación en continuo, solo unos meses al año, unos días por semana, etc.).

Definidos estos tres niveles de caudales ambientales (de mantenimiento, mínimos y de

acondicionamiento), la estrategia que se propone para su posible incorporación al Plan Hidrológico del Ebro, es bien simple:

1. Considerar los caudales de mantenimiento (y su régimen ambiental de caudales asociado) como los caudales ambientales objetivo de la Cuenca del Ebro.
2. Estudiar que tramos de río regulados, por sus características ecológicas, potencialidades o riesgos, requieren la adopción inmediata de caudales de mantenimiento, en el sentido y forma bajo los que se han definido:
 - a) Proceder a su implantación por la mejor vía posible, incluida la indemnización de derechos concesionales, si procede.
 - b) Realizar trabajos de seguimiento para aprovechar la excelente oportunidad de comprobar su idoneidad y aprender para casos similares o futuros.
3. Establecer el mayor número de acuerdos de consenso posible entre la administración hidráulica y los usuarios del agua, para alcanzar, de forma inmediata (en el mínimo espacio de tiempo posible) unos caudales mínimos, en el sentido y forma bajo los que se han definido:
 - a) Proceder a su implantación inmediata y al cumplimiento de los acuerdos que se hayan podido alcanzar.
 - b) Realizar trabajos de seguimiento para aprovechar la excelente oportunidad de comprobar el grado de mejora que pueden suponer en los ríos regulados. Cabe indicar que se tendría un amplio muestrario de situaciones, lo que otorgaría una notoriedad y un interés científico muy alto a tales trabajos de seguimiento.
 - c) Definir un plan integral (ambiental, económico, social) para alcanzar, en cada caso, los caudales de mantenimiento objetivo a partir de los caudales mínimos de partida consensuados.
4. Identificar tramos de ríos con requerimientos específicos más o menos urgentes y de carácter no necesariamente ambiental. Definir para cada uno de ellos los caudales de acondicionamiento necesarios para suplir tales requerimientos, en el sentido y forma bajo los que se han definido:
 - a) Establecer los acuerdos pertinentes para la consecución de los caudales de acondicionamiento requeridos.
 - b) Proceder a su implantación inmediata y al cumplimiento de los acuerdos que se hayan podido alcanzar.
 - c) Realizar trabajos de seguimiento para aprovechar la excelente oportunidad de comprobar si los caudales de acondicionamiento realmente suplen los objetivos para los que fueron calculados. Como con los caudales mínimos, se tendría un amplio muestrario de situaciones, lo que igualmente otorgaría una notoriedad y un interés científico muy alto a tales trabajos de seguimiento.

- d) Definir un plan integral (ambiental, económico, social) para alcanzar, en cada caso, los caudales de mantenimiento objetivo a partir de los caudales de acondicionamiento de partida consensuados.

En cualquier caso y de acuerdo con la legislación vigente, se debería imponer el criterio de unidad de cuenca, en la gestión ambiental que se lleve a cabo en todo el ámbito de la Demarcación Hidrográfica del Ebro por encima de las divisiones administrativas o, en caso contrario, cambiar los límites territoriales de dicha demarcación y las competencias hidrográficas asociadas.

También debería imperar la unidad del ciclo integral del agua, que ya viene recogida en el Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica, que más allá de la consideración de la gestión conjunta de las aguas superficiales continentales y las subterráneas y de las relación de todas ellas con los mares y océanos de los que son tributarias, pasa también por reconocer las funciones sociales que derivan del uso del agua, los agentes que las llevan a cabo y las responsabilidades que emanan del uso que la sociedad hace de ellas.

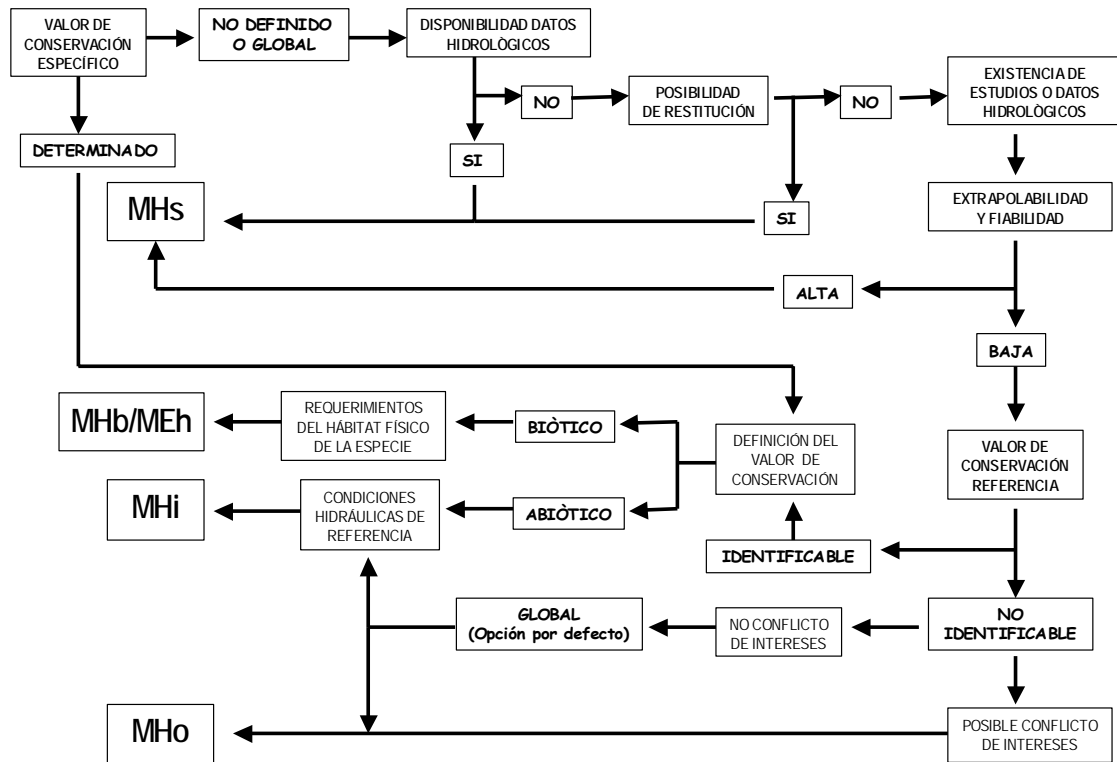
5.3.5. Sobre el cálculo de caudales de mantenimiento

Es probablemente la parte menos importante de todo lo expuesto. Tal y como se ha intentado poner de manifiesto existe un gran número de métodos de cálculo. A excepción de los que se apoyan en un exceso de arbitrariedades, casi todos pueden ser válidos si se aplican con sentido común y conocimiento de causa.

El cálculo de caudales de mantenimiento en cualquier cuenca hidrográfica, hay que abordarlo a dos escalas. Una es a nivel de planificación y la otra a nivel de ríos o tramos de río concretos. La primera debe marcar fundamentalmente objetivos, mientras que la segunda debe responder más a realidades. A modo de referencia, a la hora de seleccionar el método de cálculo de caudales de mantenimiento podría seguirse un protocolo de ayuda a la toma de decisiones parecido al que aparece en la figura adjunta que, en todo caso, no pretende ser exhaustivo:

- La primera opción de cálculo por defecto es a través de un método hidrológico de tipo secuencial (MHs). Esta opción puede mantenerse si el objetivo es la preservación del ecosistema fluvial en conjunto (es decir si no se persigue preservar ningún valor específico) y si se dispone de buenos datos hidrológicos, o series bien restituídas y fiables o posibilidad de extrapolaciones fiables. Conviene agotar al máximo las opciones de cálculo mediante métodos hidrológicos secuenciales, porque son los únicos que aportan coherencia hidrológica a los resultados y son, en cualquier caso, la base imprescindible para elaborar los regímenes ambientales de caudales de mantenimiento.
- Si no se dispone de datos hidrológicos o estos no son suficientemente fiables, hay que abandonar hasta cierto punto la ambición de preservar el ecosistema fluvial de forma integral y analizar la posible existencia de algún valor de conservación, bien sea biótico o abiótico, que por sus características pueda alcanzar la máxima representatividad posible de requerimientos del ecosistema fluvial en el que habita. Si lo que se ha conseguido definir como valor de referencia es de tipo biótico,

entonces se impone la necesidad de adoptar un método de tipo hidrobiológico (MHb) que establezca las necesidades del hábitat físico del elemento biótico en cuestión (microhábitat, mesohábitat) y, mediante modelización hidráulica (de preferencia bidimensional), defina cual es el caudal de mantenimiento que suple tales necesidades. También puede admitirse el uso de métodos ecohidrológicos (MEh), si el valor de conservación de referencia está muy bien definido, se distribuye de forma muy homogénea y se trabaja más a escala de cuenca o ecoregión (macrohábitat) que de río o tramo de río (mesohábitat, microhábitat).



Si por el contrario el valor de referencia que se ha podido establecer es de naturaleza abiótica y el cálculo se requiere sólo para un tramo de río concreto, puede utilizarse un método hidráulico (Mhi) que indique que caudales son los necesarios para suplir las condiciones hidráulicas que requiere el valor abiótico de referencia en cuestión.

- Finalmente, si no existe ningún valor de referencia específico (o este no es fácilmente identificable), si alternativamente o además, en el tramo de río en cuestión se dan conflictos de intereses o unas condiciones de heterogeneidad ecológica notables que requieren un enfoque multidisciplinar, o bien hay que reconstruir literalmente de forma deductiva un posible régimen ambiental de caudales de mantenimiento, entonces la mejor opción es la utilización de un método holístico (Mho).

Un último comentario para acabar. Sería un error centrar todas las preocupaciones por alcanzar el Buen Estado Ecológico (o el Buen Potencial Ecológico) en la disponibilidad de unos determinados caudales de mantenimiento. Está claro que el agua es el componente básico del ecosistema fluvial; sin embargo con cantidad de agua de insuficiente calidad, no se llega a ninguna parte, tampoco con cauces alterados ni con una creciente presencia de especies exóticas.