

Título de la Comunicación:

INTERFERENCIA DE LOS EMBALSES, Y SU RÉGIMEN DE EXPLOTACIÓN, CON ALGUNOS PROCESOS Y ESPECIES RELACIONADOS CON LA FAUNA.

Santiago Hernández Fernández

Universidad de Extremadura, Cáceres.

RESUMEN

Sobre la base de que los ríos en España constituyen unos ecosistemas lineales con unas características ecológicas únicas en Europa, por el elevado número de especies de animales endémicos y por su gran diversidad biológica, analizamos los efectos ambientales negativos que sobre ellos producen los embalses y sus sistemas de explotación.

Unas consideraciones sobre los regímenes de caudales ecológicos y las formas de explotación, nos indican que el embalse suele ser un simple depósito de agua que vamos vaciando a medida que la necesitamos. Comentamos los efectos negativos más relevantes de las presas y algunos de los efectos más conspicuos que tienen sobre la fauna fluvial.

Unas consideraciones sobre las obras de acondicionamiento hidráulico, su denominación y sus efectos, sirven para encauzar las diversas afecciones de éstas sobre los ríos.

A continuación se comentan las ventajas de recurrir a los equipos multidisciplinares, para obtener informes objetivos y concretos, que nos informen sobre las características ecológicas del río, para que sirvan de base a nuestra toma de decisiones técnicas desde antes de iniciar este proceso de selección de alternativas; para terminar con algunas consideraciones ambientales para orientar al ingeniero en su labor como técnico.

1 ¿HAY EMBALSES ECOLÓGICOS?

La sociedad de consumo, consecuente con sus fines, califica incorrectamente a muchas cosas con el adjetivo de ecológicas cuando seguramente merecerían el de antiecológicas. Esta costumbre, que ha conducido a que también se llamen ecológicos a algunos embalses, es impropia del carácter objetivo y técnico del ingeniero que, al contrario, debe llamar a las cosas por su nombre, pues por definición, no existen embalses ecológicos; como mucho, podría admitirse la siguiente afirmación: este embalse es un 2% más ecológico que aquel, ya que dispone de tales microbiotopos que lo acercan más a un ecosistema fluvial; los dos son antiecológicos y alteran los procesos ecológicos de los ecosistemas que los soportan.

Un embalse no es más que un gran depósito de agua que se llena cuando llueve y se va utilizando a medida que lo necesitamos; ésta es la razón por la

que se construyen y, en consecuencia y desgraciadamente, no tienen ningún parecido ni con los ecosistemas fluviales ni con los lacustres.

Lo verdaderamente ecológico sería dejar los ecosistemas de nuestros ríos y lagos como están, dado que albergan sin nuestra intervención una diversidad biológica incomparablemente superior a la que puede asentarse en cualquiera de los embalses, aunque dediquemos todos los esfuerzos imaginables. Y cuando sea necesario alterarlos para construir presas u otras obras hidráulicas, debemos hablar siempre de procesos antiecológicos, por muy justificadas que estuvieran las obras por razones sociales o de otro tipo.

Tan sólo cabría considerar como menos antiecológicas, y en algunos casos incluso ecológicas, las "presas de agujero" (siempre vacías sin retener para nada la circulación normal del río, capaces de llenarse en las avenidas cuando el caudal supera la

admisión del “agujero del cauce”, para regular la riada aguas abajo, y que vuelven a vaciarse en las horas siguientes) y aquellas otras presas que dispongan tan sólo de un aliviadero de superficie sin tomas que puedan vaciar el embalse para ningún tipo de usos. Ninguna de ellas interfiere los caudales normales del río, ni produce elevaciones o descensos de nivel antinaturales y ambos permiten el asentamiento de vegetación fluvial en sus orillas.

Por tanto, debemos admitir que, en general, no existen embalses ecológicos, aunque podrían construirse sobre la base de lo indicado en el párrafo anterior. Podemos hablar de algunos esfuerzos aislados, con frecuencia excesivamente voluntaristas, para paliar algunos de los efectos perjudiciales de los embalses.

Lo cierto es que los impactos más graves no tienen solución y, en la mayor parte de los casos, se trata directamente de meras operaciones de maquillaje estético, paisajístico o social, con escasa incidencia en la restauración del ecosistema perdido o alterado.

2 ¿PERMITE UN RÉGIMEN DE CAUDALES ECOLÓGICOS EL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN NORMAL DE UNA PRESA?

El caudal de agua que discurre por los ríos es tan sólo uno de los factores que definen su ecosistema fluvial y es función de las características ecológicas de la cuenca. El agua de las corrientes superficiales va acompañada de un variable, numeroso y complejo, cortejo de seres vivos, de sustancias en suspensión, de sales y gases disueltos. El ecosistema río necesita de todos estos elementos, sobre la base de un biotopo capaz de conservar todas sus características dentro de una horquilla de valores muy bien definida, condicionado por una serie de factores externos relacionados con sus particulares propiedades físicas (temperatura, densidad, tensión superficial y viscosidad), con la resultante del su movimiento descendente y de todas las interferencias puntuales (fundamentalmente la turbulencia) y con el flujo de partículas que circulan en suspensión y en disolución, y sus reacciones químicas derivadas.

El río no es algo uniforme e invariable, sino que está formado por una multitud de combinaciones de diferentes factores como son rápidos/remansos, arena/gravas/roca, cascadas/pozas, sequías/riadas, arrastres/sedimentación, cañones/valles, luz/sombra,

calor/frío.., que son variables en el espacio, a lo largo del cauce del propio río, y en el tiempo, a lo largo del año, de los sucesivos años y de los siglos. De esta gran variedad de condiciones fisicoquímicas del cauce surgen los innumerables "*microbiotopos*" que permiten la existencia de los cientos de "*nichos ecológicos*" que hacen posible la existencia de las distintas especies de seres vivos que forman su peculiar "*biocenosis*". La vida de cada especie depende de todas las demás en cada uno de los *microbiotopos* del río.

Hemos de tener muy presente que un río constituye una unidad ecológica de características muy concretas y peculiares. En realidad, es un ecosistema lineal que puede albergar varios miles de especies de seres vivos.

Repasando el número de especies de seres vivos conocidas, podemos ver que sólo una pequeña parte del total ha sido capaz de colonizar las aguas dulces. Existen en el mundo apenas 14.000 especies de algas, 1.100 de plantas superiores y casi 14.500 de metazoos adaptados a las aguas de nuestros ríos y lagos; muy pocos si los comparamos con el casi millón y medio de especies catalogadas en el Mundo.

Las condiciones de vida de un "*cauce natural*" pueden llegar a ser muy duras y cambiantes, pero presentan un número suficiente de opciones, a partir de sus factores determinantes, para albergar una rica *biocenosis*.

En todo caso, algunas especies suelen tener áreas de distribución muy amplias, mientras que la diversidad de cada cauce concreto puede ser muy elevada. Por tanto, hay que insistir en que esta diversidad de especies está directamente ligada a la existencia de un "*cauce natural*", es decir, capaz de poseer y conservar una adecuada variedad de "*microbiotopos*" que puedan proporcionar ambientes adecuados para que existan los correspondientes "*nichos ecológicos*" de cada especie individual. Es fácil deducir que estamos tratando de factores muy puntuales, cuya identificación, localización, evaluación, cartografiado, diagnóstico y tratamiento, exigen un detenido y detallado estudio sobre el terreno.

2.1 Régimen de caudales natural del río.

El motor de todo este complejísimo proceso, el responsable del mantenimiento de sus intrincados equilibrios dinámicos y el encargado de estabilizarlo a medio y largo plazo es el "*régimen de caudales natural*" del río.

El ecosistema fluvial está estructurado, organizado y equilibrado a lo largo de miles de años por las condiciones hídricas de su cuenca; cuando nos apartamos de ellas, el ecosistema se degrada. Este régimen de caudales natural con sus variaciones anuales e interanuales es el verdadero “régimen ecológico” del río.

En consecuencia, nunca deberíamos llamar ecológico a un régimen de caudales artificial, provocado por las necesidades de explotación del recurso agua; y es evidente que este régimen de caudales es diferente en cada punto del río, cada época del año, cada año y a lo largo de los años.

Naturalmente, el caudal ecológico de un arroyo que se seca completamente de forma natural en verano es cero, en ese período; la fauna que no soporta esas condiciones no puede estar representada en ese río, y sus especies características (endemismos) están perfectamente integradas en el peculiar ecosistema; el comportamiento paternalista realizando vertidos “humanitarios”, proporcionando un régimen artificial de caudales no cero en verano, sólo sirve para permitir la “entrada” en ese río o tramo de río a otras especies más “delicadas”; y esto puede significar la pérdida de los endemismos, la alteración de las redes tróficas y la disminución de diversidad del ecosistema.

También la formación de una riada artificial, que se produzca durante el período reproductivo de las especies del río, por realizar un desembalse, puede tener efectos muy negativos al inundar madrigueras, nidos, puestas..., al producir condiciones hídricas muy distintas de las naturales, que son las que han condicionado los ciclos reproductivos de la fauna fluvial.

Y, naturalmente, cuando realizamos un vertido de productos contaminantes en un río, afectando gravemente a sus parámetros físico-químicos y al propio equilibrio biológico, seguiremos teniendo un caudal de líquido incluso mayor (agua más vertido contaminante) que el inicial, pero el río habrá perdido su "calidad ecológica" y serán eliminadas las especies incompatibles con esa contaminación.

Tampoco se mejoran las condiciones del río incrementando su caudal con agua adulterada, como la procedente del hipolimnium anóxico de un embalse eutrófico en verano, circunstancia que algunas veces se olvida; sólo conseguimos asfixiar los peces aguas abajo.

En consecuencia, parece bastante razonable que consideremos al río como un ser vivo y a su régimen de caudales ecológicos, su garantía vital.

3 EFECTOS DE LAS PRESAS Y SUS EMBALSES.

3.1 *Las presas.*

Resumiendo mucho los conceptos, podemos admitir que las presas producen los siguientes efectos sobre los ecosistemas circundantes:

1. Actúan como una verdadera barrera física para el agua, sus arrastres y toda la biocenosis fluvial.
2. Generan una conjunto variable de infraestructuras complementarias (carreteras, caminos, canales, centros de transformación, tendidos eléctricos, edificaciones, sistemas de iluminación, etc.) con grandes efectos nocivos sobre la fauna.
3. Reducen drásticamente los caudales máximos aguas abajo.

3.2 *Los embalses.*

Al mismo tiempo, los embalses son responsable de los siguientes efectos:

4. Inundan el cauce y los valles, afectando al territorio, a los ecosistemas fluviales, a sus redes ecológicas y a las redes de comunicaciones e infraestructuras antrópicas.
5. Elevan la temperatura del agua, producen una estratificación térmica, aumentan la evaporación y reducen la eficacia de oxigenación, respecto al río natural.
6. Incrementan, en ocasiones, el efecto de barrera física (para el río y toda la biocenosis fluvial) de la presa.
7. Producen un efecto barrera sobre algunas especies de la fauna terrestre del territorio circundante.
8. Facilitan, otras veces, la accesibilidad por el embalse a zonas antes aisladas por carretera.

3.3 *El sistema de explotación.*

Finalmente, el sistema de explotación del embalse produce:

9. Frecuentes oscilaciones en el nivel de las aguas incompatibles con el asentamiento de una vegetación riparia y de su fauna asociada.
10. Régimen de caudales, aguas debajo de la presa, muy diferente del natural.
11. Una reducción del volumen y de la calidad del agua circulante aguas abajo.

Sin ningún ánimo de ser exhaustivo, esquematizamos las consideraciones anteriores en el siguiente cuadro:

I. A. de PRESAS y EMBALSES		IMPACTOS AMBIENTALES PREVISIBLES SOBRE							
		FAUNA		VEGETACIÓN		ECOSISTEMA FLUVIAL			
ELEMENTOS	ACCIONES	Fluvial	Terrestre	Fluvial	Terrestre	Erosión	Arrastre	Eutrofización	Nichos Ecol
PRESA	1.- Efecto Barrera Río	D		P		X	X	X	D
	2.- Obras Anejas	P	P	P	P	P			P
	3.- Menos Riadas	X		X		X	X	X	X
EMBALSE	4.- Inundación	X	X	X	X			P	D
	5.- Estratificación térmica	D						D	D
	6.- Efecto Barrera Río	D		P		X	X	X	D
	7.- Efecto B ^{ra} Territorio		D		P				D
	8.- Accesibilidad Zona		P		P				P
EXPLOTACIÓN	Oscilaciones Nivel	X	X	X	X	X		X	X
	Régimen caudales	P	P	P		P	X	P	P
	Reducción Flujo	X	X	X		X	X	X	X

X → IMPACTOS INEVITABLES.

D → IMPACTOS DIFÍCILES DE REDUCIR.

P → IMPACTOS QUE PUEDEN PALIARSE.

4 ¿POR QUÉ NO SE ENCUENTRAN RANAS EN LOS EMBALSES?

Hay algunas realidades fáciles de percibir en un detenido paseo, cuando comparamos las orillas de un río con las márgenes de un embalse en cualquier día de primavera.

4.1 El río.

Nuestro paseo por la orilla de cualquier río se realiza sobre una tupida pradera de hierbas y flores de lo más diverso, una verde y fresca alfombra llena de colorido, aroma, movimiento y belleza. Al caminar, escucharemos los cantos y reclamos de cientos de insectos que saltarán o iniciarán su vuelo a nuestro paso; mariposas, coleópteros, chinches, abejas, espumaderas y arañas, ocupan sus puestos en la cadena trófica llenando de vida animal todas las hierbas del soto.

Entre éstas y los árboles que cierran la galería del bosque fluvial, decenas de aves adornan el espacio con sus vuelos y dejan oír sus armoniosas llamadas. Si nos acercamos a la orilla, dominará el croar de las ranas y podremos disfrutar contemplando sus sorprendentes saltos para ganar el agua, rematados con un chapoteo final. Otros ruidos, como de caída de piedras al agua, nos indican la huida de los galápagos que toman el sol, entre otros salpicones más leves de una culebra de agua o el salto de una carpa.

El ecosistema fluvial tiene una rica diversidad: mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces están bien representados, sobre una gran base de invertebrados acomodados entre la vegetación arbórea, arbustiva y herbácea. Todos ellos en una efervescente actividad para lograr la perpetuación de su especie.

4.2 El embalse.

En cambio, cuando recorremos la orilla de un embalse, caminamos sobre una franja de terreno estéril, sin suelo fértil, sin fauna edáfica, sin vegetación alguna y con muy pocos seres vivos.

La lámina de agua, que con frecuencia se encuentra eutrofizada, tendrá gran cantidad de algas y una baja tasa de oxígeno disuelto, lo que dificulta la vida de las pioneras especies del plancton y de los peces que pueden vivir en ellas, y con frecuencia desprenderá olores desagradables. Tan sólo podremos ver algunos peces tratando de tomar oxígeno del aire en agobiantes y pausadas bocanadas, algunas anátidas agrupadas en el centro del embalse refugiándose de las molestias de sus enemigos terrestres, y algunos cormoranes (*Phalacrocorax sp*) y milanos (*Milvus sp*) posados en restos de árboles secos que pueden pescar en sus aguas o capturar los peces moribundos.

El río es un ecosistema y un lago, también; mientras que el embalse es tan sólo un “depósito de agua” que, dependiendo de sus dimensiones y su régimen de explotación, se parecerá más a un río o a un lago, pero siempre será un sistema artificial que, en general, no tendrá posibilidades de compararse con un ecosistema natural.

Esto podemos comprobarlo con un “pequeño” detalle: *en los embalses no hay ranas*, porque las oscilaciones del nivel del agua no permiten el desarrollo de la vegetación en sus orillas, resultando incompatible con la estabilidad imprescindible para que sus huevos se conserven a salvo de los depredadores entre las hierbas de las aguas someras.

Por la misma razón, no pueden criar los somormujos (*Podiceps cristatus*), ni los zampullines (*Tachybaptus ruficollis*), ni las fochas (*Fulica atra*), etc.; que construyen sus nidos entre las hierbas y arbustos o sobre plataformas flotantes de juncos, ni ninguna de las especies de aves propias del bosque de galería que acompaña el ecosistema fluvial.

Igualmente, se rompen las relaciones existentes entre la biocenosis característica del soto, sustentada tanto por el caudal superficial del cauce como por sus aguas subterráneas, y la del ecosistema terrestre de la zona circundante. Cientos de tramas ecológicas que establecían la continuidad de la vida entre muchas de las especies de ambos ecosistemas quedan interrumpidas y desaparecen infinidad de nichos ecológicos.

5 EL ACONDICIONAMIENTO HIDRÁULICO NO ES UNA MEJORA ECOLÓGICA PARA RÍO.

Es necesario puntualizar que es muy diferente acondicionar hidráulicamente un cauce (cuando nos estamos refiriendo a uniformizar su sección, aumentar la velocidad de sus aguas o urbanizar su zona de influencia) que acondicionar ecológicamente el río (lo que significa mantener su diversidad de microbiotopos y funcionamiento natural).

Cuando estamos construyendo una escollera en cada orilla, con una sección trapezoidal uniforme, a lo largo de un kilómetro de río, en su tramo urbano al paso de una ciudad, adornado con paseos peatonales, aparcamientos o miradores, no podemos decir que estamos restaurando el río. En realidad, al río seguramente lo estamos antropizando un poco más, simplificando sus microbiotopos y reduciendo su biodiversidad. Es decir: estamos maltratando al río, por

muy razonable que sea la obra (y así se justificara en el Estudio de Impacto Ambiental, por sus efectos sociales positivos frente a avenidas, aspectos urbanísticos, de ocio, etc.), estamos realizando un encauzamiento, que es lo mismo que acercarlo un poco más a la tipología de un canal.

Podemos decir que estamos restaurando un río cuando propiciamos la recuperación espontánea de su morfología natural, de su dinamismo estacional e interanual, de su vegetación fluvial, de su fauna de invertebrados y de vertebrados y de sus múltiples procesos ecológicos asociados. La consecución de estos propósitos es incompatible con la rigidización de sus orillas, el estrangulamiento de sus movimientos, la ocupación de sus terrazas de avenidas, la uniformización de sus parámetros físicos, etc.

El río debe conservar la diversidad característica de su zona y del lugar concreto del curso de que se trate. Para cada punto, surgen infinidad de combinaciones entre la tipología superficial de sus aguas, la abundancia y velocidad de sus cascadas, rápidos, remansos y estancamientos, de la forma y profundidad de sus pequeños charcos y pozas, la proporción de fuentes y surgencias, la proporción y características de los huecos bajo/entre las piedras del cauce, la naturaleza y características de sus diversos fondos (rocas, gravas, arenas, limos,...) los espacios intersticiales del cauce en su nivel freático, aguas vadosas y edáficas, la evolución anual de sus playas, la integridad de sus cortados rocosos y cantiles, la vegetación macrofítica, las rocas mojadas y con musgo, las zonas de erosión y sedimentación, etc. Todo este conjunto de factores, que aquí no hemos hecho más que enunciar simplificada y conforman la estructura del biotopo fluvial, imprescindible para el mantenimiento del ecosistema fluvial.

Por el contrario, las obras de "acondicionamiento hidráulico" de los cauces de nuestros ríos producen o, en general, pueden producir una serie de alteraciones que, en mayor o menor medida, alteran la integridad del ecosistema. Resumimos esquemáticamente algunas de ellas a continuación:

- Invasión de biotopos naturales.
- Destrucción de microbiotopos muy variados.
- Ocupación de suelo ribereño.
- Reducción de la sección natural de avenidas.
- Modificación del paisaje natural.
- Desplazamiento de especies de animales y vegetales.
- Modificación de los flujos hídricos.

- Contaminación de las aguas y los suelos.
- Alteración de flujos naturales de elementos.
- Incremento de presencia humana y sus efectos.
- Acumulación de desperdicios y basuras.
- Formación de nuevos núcleos urbanos.
- Crecimiento desordenado de los pueblos.
- Antropización general de los ríos.

Estos aspectos deben tenerse muy en cuenta también a la hora de proyectar medidas correctoras en los embalses. Cada vez es más frecuente rodearlos de caminos o carreteras perimetrales, zonas de acampada, chiringuitos varios, miradores, aparcamientos, etc. Éstas y otras medidas, que pueden tener un carácter social importante, son a veces notables factores de desajustes ambientales.

6 LOS EQUIPOS MULTIDISCIPLINARES.

La consecuencia más importante que debemos obtener de todo lo anterior es que los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, actuamos sobre un ecosistema muy complejo y sensible. En consecuencia, debemos procurarnos previamente los informes necesarios de los especialistas en la materia, para actuar suficientemente informados, desde las primeras etapas de nuestro trabajo como ingenieros.

A modo de ejemplo, suele ser necesario realizar los siguientes trabajos:

- Estudiar la "dinámica fluvial" y sus efectos.
- Concretar los procesos erosión/sedimentación.
- Esquematizar las redes ecológicas básicas.
- Definir la importancia de los microbiotopos y su diversidad.
- Identificar los "microbiotopos" más representativos.
- Analizar la biocenosis que puede resultar más afectada.
- Concretar la problemática faunística.
- Sintetizar los procesos degradantes.
- Analizar las preferencias sociales de uso.
- Determinación de los Impactos Ambientales máximos admisibles.
- Proyectar "in situ" viendo cada árbol, roca, poza...
- Adaptar los trabajos a los ciclos ecológicos, estacionales e interanuales.
- Evitar la uniformidad para orillas y fondos.
- Afectar y/u ocupar el "suelo" estrictamente necesario.
- Prever y controlar los movimientos de maquinaria durante el proceso constructivo.

- Analizar las relaciones entre los procesos fluviales y la estructura biótica.
- Puesta al día de bioindicadores específicos.
- Estudio de los ciclos naturales del P, el N y el C.
- Características de los ecotonos ribereños.
- Dinámica del equilibrio nitrógeno-fósforo y su retención en los ecotonos fluviales.
- Estudio de los humedales y de sus zonas de influencia.
- Interacciones en la interfase sedimento-agua y su importancia ecológica.
- Aspectos bioquímicos de la recuperación de ríos.
- Enfoques específicos de la recuperación de los ríos.
- Establecimiento de los procedimientos de evaluación.
- Gestión de información existente sobre la ecología fluvial.
- Aislar al río de todos los procesos contaminantes durante la obra y en la explotación.
- Mantener las características de los fondos.
- Reducir al mínimo las estructuras rígidas.
- Usar elementos naturales (madera y escollera).
- Conservar y reutilizar el "suelo fértil".
- Respetar la vegetación autóctona existente.
- Potenciar la recuperación de la vegetal natural.

Todo esto supone la imprescindible existencia de una marcada línea de continuidad entre los procesos iniciales de selección de soluciones técnicas y las siguientes fases de proyecto, construcción y explotación, sin que quepa fragmentarlos, aislarlos o independizarlos. Se trata de una labor ambiental y técnica continuada, que integre los condicionantes constructivos y de explotación de las presas u otras actuaciones en los ríos, con la labor de su gestión ecológica continuada a medio y largo plazo. Debe ser un proceso interactivo, que vaya corrigiendo sus actuaciones a la vista de los resultados reales que se vayan alcanzando.

7 CONSIDERACIONES AMBIENTALES PARA EL INGENIERO.

Hemos comentado que los factores ambientales (fauna, vegetación y procesos ecológicos) deben estar presentes desde los primeros pasos de toda programación que afecte al ciclo hídrico. Pero lo importante no es que estos datos existan (cosa que no ocurre con frecuencia) sino que tengan un efecto concreto y directo sobre los posteriores pasos de la programación, el diseño, el proyecto, la ejecución y la explotación, en los distintos procesos que afectan al

ciclo hídrico. En este sentido, es conveniente tener en cuenta las siguientes consideraciones ambientales:

7.1 *La caracterización ecológica de nuestros ríos.*

Es necesario disponer de un catálogo ecológico indicativo para todos nuestros ríos y humedales, que defina suficientemente las características del suelo, vegetación, fauna, ecosistemas, relaciones ecológicas, estado de conservación, grados de protección, importancia del paisaje, usos tradicionales del territorio, etc.

Estos datos deben complementarse con los usos compatibles para cada río y tramo de río, pero, en todo caso, tan sólo servirán como primera orientación que, naturalmente, deberán ampliarse con un trabajo de campo y una investigación puntual, cumpliendo la legislación correspondiente a los preceptivos estudios de evaluación de impactos ambientales.

7.2 *Régimen de caudales ambientalmente necesarios.*

Se trata de partir de la hipótesis de que "caudal existente" no es sinónimo de "caudal disponible" y, por tanto, no quiere decir "caudal utilizable o regulable". La idea es: "no se pierden 100 Hm cuando son desaguados por una presa o simplemente circulan por un río sin regular". El río necesita, o puede necesitar, un caudal circulante que no es "agua perdida". El cálculo de estos regímenes de caudales es trascendente para la conservación de los ecosistemas y debe ser el punto de partida de toda consideración sobre el uso del agua.

7.3 *Niveles de regulación para cada subcuenca.*

Siempre podríamos hacer un embalse hiperanual, justificado por la irregularidad de nuestras precipitaciones, que tenga 1, 2, 5 ó 10 veces la aportación media anual. Pero existen razones ambientales para definir el nivel de regulación máximo admisible, pensando en la cuenca, y no sólo en la demanda. Está claro que no todo lo que puede hacerse técnicamente tiene que ser hecho, pues existen otros condicionantes, además del técnico, que deben justificarlo. Debemos relacionar el grado de regulación con la fiabilidad en el suministro y con las externalidades ambientales y sociales.

7.4 *Demandas medioambientales.*

No se trata de simplificaciones triviales, sino de fijar el máximo régimen de explotación de los recursos hídricos, compatible con el mantenimiento de la biodiversidad de nuestros ecosistemas fluviales y de todos aquellos usos no cuantificables económicamente, existentes hasta ahora.

7.5 *Supuesto de oferta limitada según grado de regulación.*

Se trataría de admitir que la demanda no puede crecer indefinidamente, bajo el supuesto de que la ingeniería traerá el agua como sea. Este supuesto no ha favorecido precisamente en ahorro de agua. Es un condicionante que debe analizarse cuando se trata de actuaciones a nivel de cuenca.

7.6 *Obras antiguas: molinos, aceñas, etc.*

Por formar parte de nuestro patrimonio arquitectónico y cultural, este tipo de obras hidráulicas deben ser inventariadas y preservadas para las siguientes generaciones. En muchos casos, pueden ser restauradas e incorporarse a ofertas turísticas y culturales con notable interés económico para la zona afectada. Seguramente, y por razones culturales y profesionales, es preciso dedicar algo más de atención a este punto.

7.7 *Externalidades ambientales.*

Ya no es posible obviar el coste económico, ecológico y social, de las externalidades ambientales y los procesos ligados al uso del agua en cada cuenca. Estas consideraciones deben producir un cambio importante en los procesos de toma de decisiones en las primeras décadas del siglo XXI.

Sin ninguna duda, las externalidades ambientales ligadas a las obras civiles, en general, y a las obras hidráulicas, en concreto, tendrán notables repercusiones en todos los ámbitos sociales.

Resumiendo, es preciso realizar un importante esfuerzo en investigar las características ecológicas y ambientales de todos nuestros cauces fluviales; en primer lugar, porque lo exigen las disposiciones legislativas que emanan y van formando el cuerpo de normas ambientales exigibles a la Ingeniería Civil en nuestro entorno europeo; y además, porque es la mejor manera de lograr una Ingeniería Civil Sostenible, capaz de lograr una mejora real de nuestra calidad de vida en equilibrio con los ecosistemas naturales y los ciclos generales de la biosfera.

8 BIBLIOGRAFÍA.

- "Ecología para Ingenieros. Impacto Ambiental". Santiago Hernández Fernández. Colegio de Ingenieros de Caminos de Madrid. Segunda edición ampliada en 1995 (428 págs).

- “La Legislación de Evaluación de Impacto Ambiental en España. Proyecto de investigación sobre la suficiencia e la legislación y la eficacia de su utilización”. Santiago Hernández Fernández y FUNGESMA. Publicado por Ediciones Mundi-Prensa en enero del 2000 (158 págs).

- “Las Obras Hidráulicas y el Medio Ambiente”. Publicado por la D. G. De Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas del Ministerio de Medio Ambiente. Varios autores, en 2001 (770 págs.).

FACTORES QUE CONDICIONAN LA BIODIVERSIDAD DEL ECOSISTEMA FLUVIAL

CAUCE NATURAL

