



2

La gestión del agua en España





Las primeras iniciativas reguladoras

sobre el uso del agua

La conciencia de que el agua era un recurso escaso, cuya gestión debía ser regulada para asegurar, al menos, la satisfacción de las necesidades imprescindibles, fue especialmente significativa en países como el nuestro, en los que tanto la cuantía total de las precipitaciones, como su reparto a lo largo del año, suponían un freno para el desarrollo de la agricultura, actividad que de forma progresiva pasó a convertirse en la primera consumidora de agua en España. Esta consideración del agua como un recurso indispensable, y al mismo tiempo escaso, es la que puede justificar la antigüedad de algunas obras de ingeniería pioneras en el campo de la política hidráulica, como los canales y las acequias de riego ya citadas, y también que su utilización haya sido reglamentada desde hace mucho tiempo para asegurar el derecho a su consumo por parte de toda la población. Instituciones tan antiguas, como las Sociedades de Regantes o el Tribunal de las Aguas de Valencia, así lo atestiguan.

Pero es a partir de mediados del siglo XIX cuando la clase política española, adscrita al nuevo concepto de estado nacido de la Revolución Francesa¹⁴, comenzará a tomar conciencia de la importancia que tiene el agua como fuente de riqueza comunitaria y, en consecuencia, la necesidad de promover medidas legislativas sobre su control y uso. Este pensamiento alcanzará su punto culminante con las ideas de los regeneracionistas hidráulicos, los cuales llegarán a defender que ni una sola gota de agua termine en el océano sin antes haber pagado el debido tributo a la tierra¹⁵.

Durante las primeras décadas del siglo XIX, las *Reales Órdenes* encargadas de velar por el uso del agua en nuestro país hacían especial hincapié en aspectos tan importantes como el carácter comunal de las aguas de lluvia, la prioridad de uso que debía de tener el abastecimiento de agua a las poblaciones, o la prohibición de alterar el curso natural de las corrientes de agua¹⁶. Sin embargo, esa normativa permitía a los propietarios de la tierra la apertura de pozos o fuentes de uso individual, siempre y cuando dicha apertura se realizara en tierras cuya propiedad correspondiera a los mismos¹⁷.

A mediados de siglo, los gobiernos liberales, imbuidos de las ideas económicas en boga, defensoras del individualismo económico, lo que es lo mismo, de la libertad personal para actuar¹⁸, fomentaron el uso individual del agua, lo que implicaba también que fuera la iniciativa privada quien decidiera y financiara las obras hidráulicas¹⁹. Esto puede comprobarse en los principios que subyacen en la primera *Ley de Aguas española*, promulgada en 1866. En esta ley, por un lado, se parte del dominio público del agua, pero al mismo tiempo se respeta su uso particular, al tiempo que se fomenta la inversión privada como mecanismo de financiación de todas las obras necesarias para la conversión de tierras de secano en regadío, diferenciando las llevadas a cabo por particulares con la finalidad de regar sus propias tierras, de las emprendidas por empresas para vender el agua a terceros. En el primer caso la concesión se realizaba a perpetuidad. En el segundo se preveía una duración máxima de la concesión de 99 años, pero a cambio, las empresas podían cobrar un canon por el uso del agua a todos los propietarios que dispusieran de tierra dentro de la zona regable²⁰. Según Pablo de Alzola²¹, esta norma representó un hito en la legislación europea, tanto por la cantidad de temas abordados, como por su precocidad, a pesar de lo cual no llegó a aplicarse nunca, pues fue suspendida por las Bases de Obras Públicas de 1868.

Durante las últimas décadas del siglo XIX se puso de manifiesto la importancia económica de la transformación de las tierras de secano en tierras de regadío, sobre todo en algunas regiones cuya agricultura estaba estancada debido a su déficit crónico de agua. En esas regiones el regadío suponía la posibilidad de multiplicar los rendimientos agrarios y, en consecuencia, la de relanzar la economía regional y las rentas de los agricultores. Son bien conocidas a este respecto las ideas de Joaquín Costa²² y, tal vez menos aunque igualmente interesantes, las de Macías Picavea²³, los cuales defendían, a diferencia de lo que había ocurrido durante las décadas anteriores, la intervención del Estado para poner en riego las tierras de se-

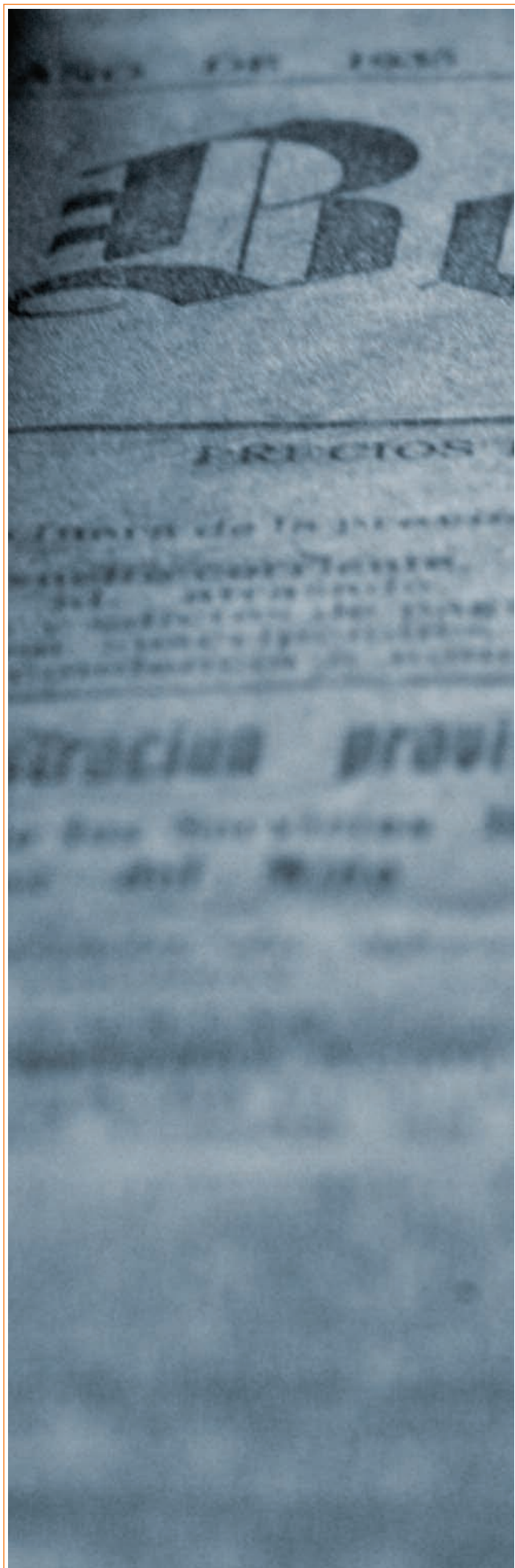
cano y corregir así uno de los principales problemas estructurales de la agricultura española.

Estas ideas fueron desarrolladas por el ingeniero de caminos D. Rafael Gasset, que ocupó diferentes carteras ministeriales durante los primeros veinte años del siglo XX. Su primera iniciativa relevante tuvo lugar en 1900 cuando desde el Ministerio de Agricultura creó siete Divisiones Hidrológicas, básicamente coincidentes con las cuencas de los principales ríos²⁴, a las que intentó transferir competencias necesarias para que pudieran gestionar todos los recursos hidrológicos.

Una de las tareas encomendadas a las Divisiones fue la de elaborar un repertorio de las obras hidráulicas necesarias en cada uno de sus ámbitos de actuación. Ello dio lugar a la elaboración del *Plan General de canales de riego y pantanos* aparecido en la *Revista de Obras Públicas*, en 1901, en el que se enumeraban 204 obras, canales de riego y pantanos, clasificadas según su importancia²⁵.

Más tarde, este informe alumbró la redacción del *Plan de Obras Hidráulicas* de 1902, el cual aceptaba el principio de que debía de ser el Estado quien se encargara de construir los canales de riego y los pantanos; sin embargo, en la práctica, la falta de fondos públicos llevó a los gobiernos a otorgar a aquél un papel meramente subsidiario. El plan definía una relación de 296 nuevas construcciones, fundamentalmente, pantanos y canales²⁶. No era, por tanto, un plan integral de política hidráulica en el que se incluyeran todas las medidas necesarias para una buena gestión del agua, sino más bien un catálogo de obras a realizar, muchas veces contradictorias entre sí.

Durante los siguientes años, y hasta la aparición de las confederaciones, siguieron promulgándose leyes dirigidas a desarrollar la política hidráulica, como la *Ley de colonización y repoblación interior* impulsada por González Besada en 1907; pero lo cierto es que la penuria económica y la inestabilidad política hicieron que sus logros fueran mínimos²⁷.



¹⁴ Como es bien sabido, la Revolución Francesa sustituyó la doctrina política de la supremacía del poder del rey sobre la ley, por una nueva en la que se reconoce al hombre unos derechos naturales anteriores a la constitución del Estado, los que están recogidos en la ley y son los mismos para todos. De aquí se deriva que los ciudadanos son los titulares de la soberanía nacional y que sus representantes han de velar por el bien común, que es el de todos. Ver ARTOLA, Miguel, y otros (1988): *Enciclopedia de historia de España*, tomo 2, Alianza Editorial, Madrid, págs. 147-157.

¹⁵ VILLANUEVA LARRAYA, G. (1991): *La Política Hidráulica durante la Restauración (1874-1923)*. Ed. Cuadernos de la UNED, pág. 17.

¹⁶ MUÑOZ AMOR, M^a M. (2005): *La calidad de las aguas*, Ed. Eciuris, Madrid, págs. 27-29.

¹⁷ La prioridad del consumo de agua para el abastecimiento de las poblaciones está recogida expresamente en la Real Orden de 29 de Abril de 1866, pág. 28.

¹⁸ Ver, TOUCHARD, Jean (1977): *Historia de las ideas políticas*. Ed. Tecnos. Madrid, págs. 401-403.

¹⁹ Esto es lo que ocurre con el R.D. de Octubre de 1845, la R. O. de Marzo de 1846, la Ley sobre riegos de 1849, o las Reales Órdenes de 1849 y 1855, todas ellas relativas al uso del agua. Véase a este respecto VILLANUEVA LARRAYA, G. (1991): *La Política Hidráulica durante la Restauración (1874-1923)*. Ed. Cuadernos de la UNED, págs. 17-19.

²⁰ Ver, VILLANUEVA LARRAYA, Gregoria (1991). *La Política hidráulica durante la Restauración (1874-1923)*. Ed. Cuadernos de la UNED, Madrid, págs. 20-21.

²¹ ALZOLA Y MINONDO, Pablo de (2001): *Historia de las Obras Públicas en España*, Ed. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, pág. 462.

²² En los escritos de Joaquín Costa podemos encontrar multitud de llamadas acerca de la importancia que tienen el agua como motor de desarrollo agrario, más aún en un país como el nuestro dotado de buenos suelos y mejores condiciones climáticas, pero con una gran parte de su territorio sometida a un régimen pluviométrico caracterizado por la escasez de lluvias, además muy mal repartidas a lo largo del año. Valgan dos referencias: *La condición fundamental del progreso agrícola y social de España, en su estado presente, estriba en los alubramientos y depósitos de aguas corrientes y pluviales. Esos alubramientos deben ser obra de la nación, y el Congreso agrícola debe dirigirse a las Cortes y al Gobierno reclamándolos con urgencia, como el supremo desideratum de la agricultura española* ("Misión social de los riegos en España". *Obras completas*, Tomo I, pág. 179. Ed. Biblioteca Joaquín Costa, Madrid, 1911). *O El día que las aguas del Pirineo se queden prisioneras en el llano, la provincia de Huesca producirá por sí sola tanto como ahora producen diez provincias, y podrá mantener muy holgadamente millón y medio de almas, seis veces más que ahora, y habrá para todos, rentas y lujo para el rico, independencia y mesa provista para el pobre, jornales altos para el trabajador... tributos abundantes no acompañados de maldiciones para el fisco...* "Agricultura de Regadío". *Obras completas*, tomo I, pág. 207, Ed. Biblioteca Joaquín Costa, Madrid, 1911.

²³ Como Joaquín Costa, Macías Picavea fue un gran impulsor de las obras hidráulicas en España, a las que consideraba un pilar básico del desarrollo económico. En 1899 escribió lo siguiente: *Este es el gran problema geográfico nacional, vital y primario para España: buscar y obtener el medio de redistribuir la muy irregular cantidad media de humedad que anualmente recibe...* (*El problema nacional*, Madrid, 1899, págs. 82-83).

²⁴ Las siete Divisiones eran las siguientes: del Miño y vertiente cantábrica septentrional, con sede en Oviedo; del Duero, en Valladolid; del Tago, en Toledo; del Guadiana, en Ciudad Real; del Guadalquivir, en Córdoba; del Ebro, en Zaragoza; y del Júcar y el Segura, en Valencia. Ver, VILLANUEVA LARRAYA, Gregoria, obra citada, pág. 116.

²⁵ Ibidem, pág. 117-119.

²⁶ SIMPSON, James (1997): *La agricultura española (1765-1965): la larga siesta*, Alianza Editorial, Madrid, pág. 183.

²⁷ TAMAMES, Ramón (1996): *Estructura Económica de España*, Alianza Universidad, Textos, pág. 72. Madrid.



El origen **de las confederaciones**

Durante la dictadura de Primo de Rivera la política hidráulica toma un nuevo impulso desde bases primordialmente técnicas, pretendiendo con ella llevar a cabo una gestión integrada del agua que, por esa razón, pudiera ser efectiva. Para ello se conciben las Confederaciones Hidrográficas, creadas por Decreto-ley de 28 de Mayo de 1926, cuyo ámbito de actuación debería coincidir con los límites geográficos de las grandes cuencas hidrográficas, las cuales, de esta forma, se convertían en la unidad de análisis fundamental para el conocimiento de los recursos hídricos disponibles y, por supuesto, para su gestión.

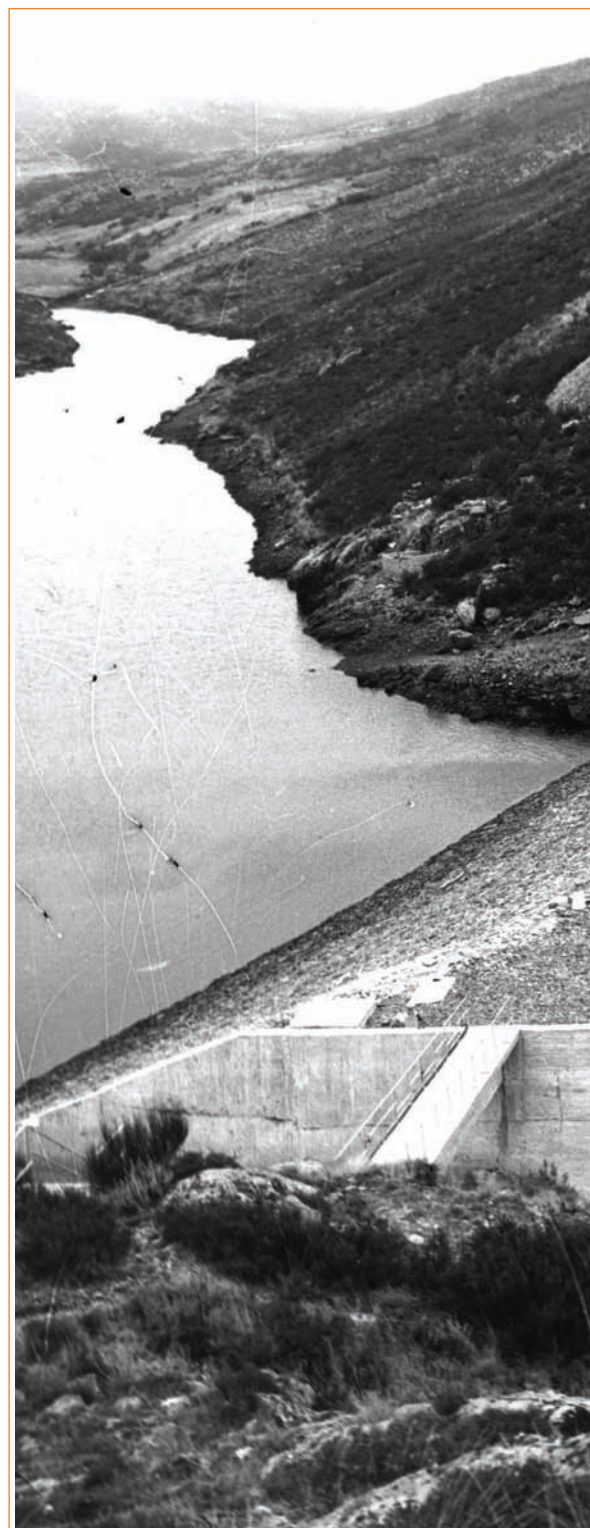
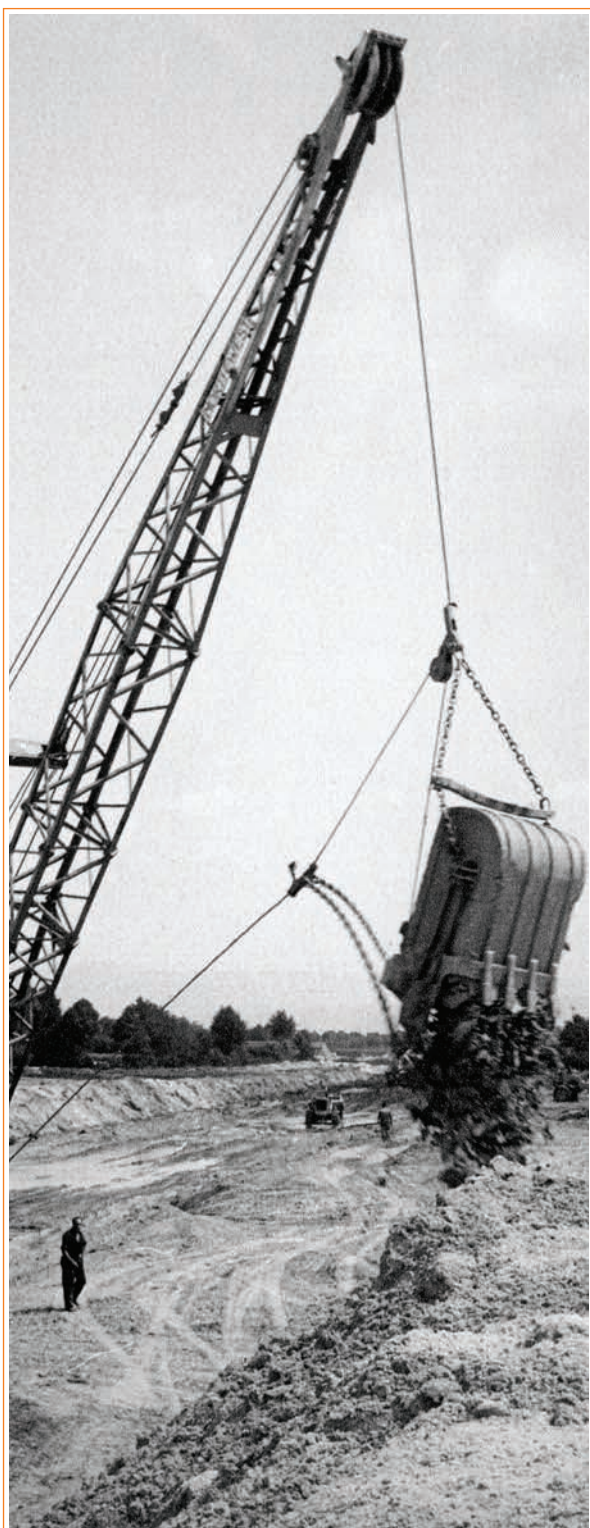
Las Confederaciones Hidrográficas han sido, desde su fundación, las instituciones encargadas de administrar los recursos hidrológicos de nuestro país, cualquiera que fuese la utilización prevista para ellos, tanto el abastecimiento de agua a la población, como la producción de electricidad o la cobertura de las necesidades agrícolas o industriales. Además, en los últimos años, se han ocupado también de las acciones necesarias para prevenir los riesgos naturales originados por las aguas corrientes y de otras relacionadas con la conservación del medio ambiente. Tal vez por ello, la Dirección General de Obras Hidráulicas, a la que se subordinan las Confederaciones, ha sido desgajada del Ministerio de Fomento (antes de Obras Públicas) para incorporarla al de Medio Ambiente.

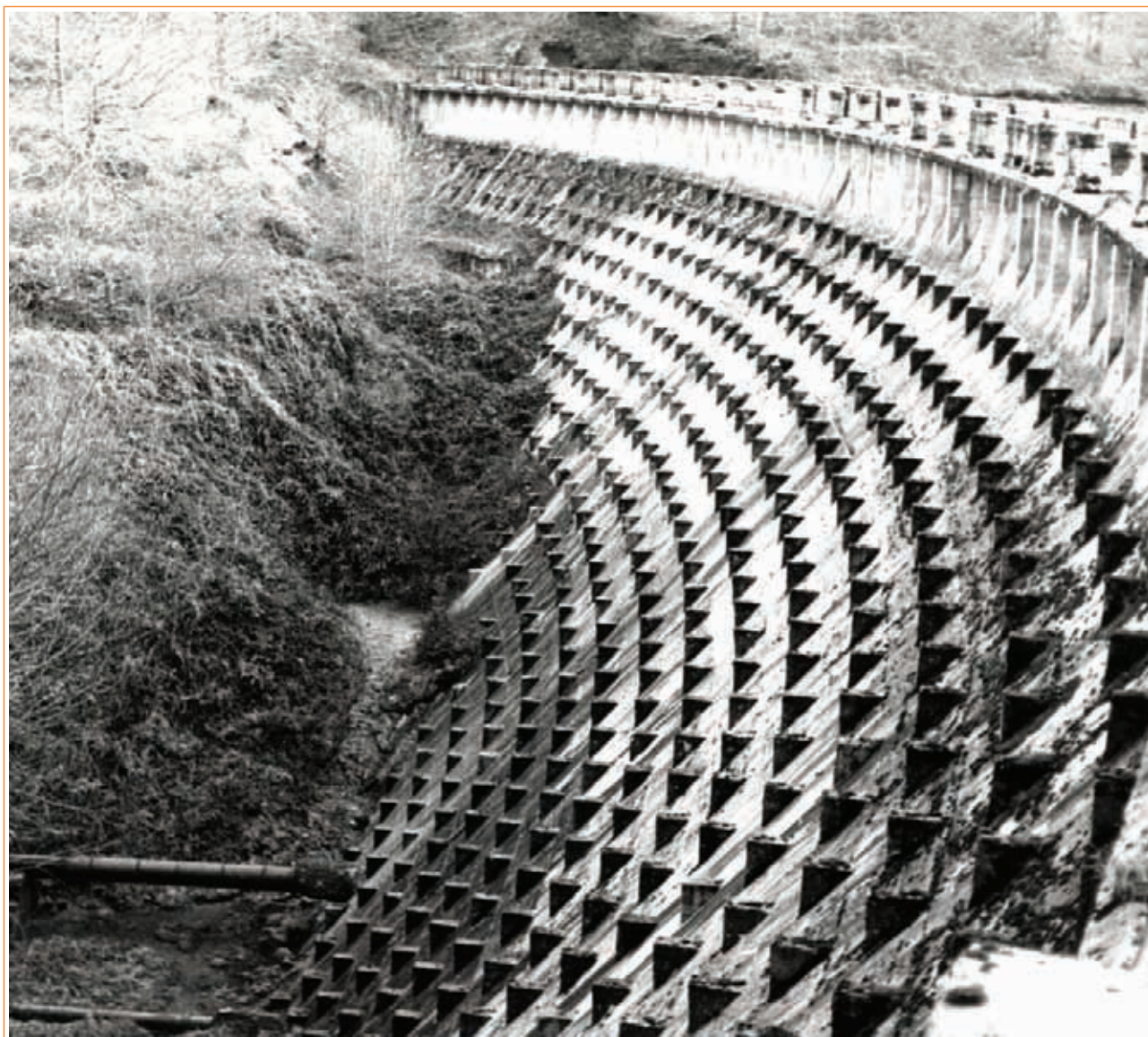
En el nacimiento de las Confederaciones Hidrográficas desempeñaron un papel muy destacado los ilustres ingenieros de caminos D. Manuel Lorenzo Pardo y, el entonces Ministro de Fomento, D. Rafael Benjumea y Burín, Conde de Guadalhorce. Lorenzo no sólo auspició la creación de la primera de las Confederaciones, la del Ebro, sino que además sentó las bases del funcionamiento de todas las demás.

Este ingeniero concibió las Confederaciones como instituciones de carácter público, pero al mismo tiempo dotadas de una gran autonomía, y definió igualmente de forma brillante el ámbito territorial sobre el que deberían de actuar: las cuencas hidrográficas.

El carácter público de las Confederaciones resultaba imperioso ya que, a pesar de lo establecido en la legislación vigente con ante-

terioridad, sólo así se podían avalar las cuantiosas inversiones necesarias para hacer frente a las expropiaciones de terreno y a la construcción de las grandes obras que debían permitir la manipulación de los recursos hídricos. El carácter público de las Confederaciones facilitaba también la existencia de un marco legislativo capaz de procurar cobertura jurídica a tuaciones de estos organismos, que a veces interferían en la propiedad privada del suelo.





La utilización de las cuencas hidrográficas como unidad de actuación de las Confederaciones suponía, por su parte, una novedosa y acertada elección. Se apoyaba en la hipótesis de que la administración de los recursos hídricos sólo podía ser abordada con ciertas garantías de éxito cuando se ponían a disposición de los gestores todas las aguas evacuadas al mar por un único colector, pues sólo de esta forma podía llevarse a cabo una gestión integral del agua. Es decir, una gestión capaz, primero, de manejar y controlar todas las fuentes de agua que inciden sobre las características de un determinado colector; segundo, de tener en cuenta los aspectos que influyen positiva o negativamente en la conservación del medio natural de cada cuenca; y, por último, de conciliar los intereses, casi siempre dependientes los unos de los otros y por esa misma razón muchas veces contradictorios, de las personas que viven sobre el territorio dependiente de cada Confederación.

Las ventajas derivadas de la utilización de las cuencas hidrográficas como unidades de actuación de las Confederaciones pronto se hicieron patentes tanto en nuestro país como fuera del mismo, de modo que otros organismos públicos de planificación territorial emplearon para sus proyectos la misma unidad de actuación. Esto es lo que ocurrió cuando el gobierno norteamericano se decidió a intervenir para contrarrestar los terribles efectos de la crisis de 1929, creando organismos, de carácter público y al mismo tiempo autónomos, que tenían la función de promover el despegue económico de determinados espacios a partir del aprovechamiento integral de sus recursos naturales, especialmente los hídricos. Éste es el origen de la *Tennessee Valley Authority*.



La Ley de Aguas de 1985 y la Directiva Marco de 2000

**la incorporación de los conceptos de
equidad, participación y ecologismo**

La vigente *Ley de Aguas* (Ley 29/1985, de 2 de agosto) era una exigencia básica para el uso y la gestión del agua en un Estado que poco o nada se parecía al de finales del S. XIX, cuando se aplicaron los proyectos políticos de la Restauración Borbónica. La anterior ley de Aguas procedía de entonces (13 de Junio de 1879). Su desfase, aunque hubiese sido modelo en su género y en su tiempo, era una obviedad: “no podía dar respuesta a los requerimientos que suscita la nueva organización territorial del Estado, nacida de la Constitución de 1978, las profundas transformaciones experimentadas por la sociedad, los adelantos tecnológicos, la presión de la demanda y la creciente conciencia ecológica y de mejora de la calidad de vida”²⁸.

Entre los nuevos requerimientos seguramente dos tuvieron mayor fuerza como condicionantes de la nueva ley: la necesidad de colaboración entre Administraciones tras la reorganización del Estado con la configuración de las Comunidades Autónomas; y el avance de los planteamientos que tenían que ver con la ordenación del territorio y el ecologismo para una mayor calidad de vida de los ciudadanos.

Todo ello a partir de la consideración del agua como “recurso natural escaso, indispensable para la vida y para el ejercicio de la inmensa mayoría de las actividades económicas; irremplazable y no ampliable por la mera voluntad del hombre, irregular en la forma de presentarse en el tiempo y en el espacio, fácilmente vulnerable y susceptible de usos sucesivos”²⁹.

Como recurso imprescindible ha de estar disponible sin degradarse ni degradar al medio ambiente. Debe lograrse un uso con el mínimo coste económico y mediante la asignación equitativa de las cargas generadas para su obtención en las mejores condiciones de cantidad y calidad. Lo que quiere decir que es necesaria una planificación hidrológica precisa, sustentada por las instituciones del Estado que, no obstante, han de permitir la participación en su gestión de todos los agentes implicados (usuarios).

En cuanto a los contenidos de la Ley sobresalen los siguientes aspectos:

1) Delimitación precisa de los bienes que integra el dominio público hidráulico del Estado incluyendo, además de las aguas continentales, los acuíferos subterráneos que la ley incorpora como novedad al suprimir el derecho a ser apropiados por quien los alumbrase.

2) Garantía de la gestión unitaria, respetando la unidad de la cuenca hidrográfica, pero consiguiendo un tratamiento integral, y atendiendo a la mayor economía posible y la participación de los usuarios. Tal gestión, por otro lado, ha de integrarse en los planteamientos generales de ordenación del territorio, la protección del medio ambiente y la valoración de la naturaleza.

3) Posibilidad de transferencia a las Comunidades Autónomas de las competencias sobre el dominio público hidráulico de las cuencas hidrográficas comprendidas íntegramente dentro de su territorio.

4) Creación del Consejo Nacional del Agua como órgano consultivo superior en la materia. En él estarán representados, al lado de la Administración estatal, las Comunidades Autónomas, los Organismos de Cuenca (Confederaciones Hidrográficas) y las organizaciones socioeconómicas más representativas relacionadas con el uso del agua.

5) Elaboración del Plan Hidrológico Nacional y de los Planes Hidrológicos de cuenca para asegurar el abastecimiento y los usos del agua en defensa preferente de los intereses generales. Es decir, consiguiendo la mejor satisfacción de las demandas de agua, conjugando el desarrollo regional y sectorial, aumentando las disponibilidades del recurso y racionalizando los usos “en armonía con el medio ambiente y los demás recursos naturales”³⁰.

6) Protección del dominio público hidráulico para mantener un adecuado nivel de calidad de las aguas superficiales y subterráneas, evitando cualquier forma de contaminación que perjudique sus usos o su función ecológica. La ley prohíbe efectuar vertidos que alteren el agua, tanto líquidos como sólidos, y hasta incluso realizar actividades que pudieran resultar dañinas para el dominio público hidráulico dentro de los perímetros de protección que fijan los Planes Hidrológicos.

La aplicación de la ley favoreció una gestión que se inclina por las inversiones para la recuperación y preservación de las aguas continentales y marinas litorales: la política de construcción de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (E.D.A.R.) para el saneamiento de los ríos, impidiendo vertidos de origen urbano e industrial, ha venido protagonizando la actuación de los Organismos de Cuenca o Confederaciones Hidrográficas a lo largo de los últimos veinte años. La planificación, aún con insuficiencias, ha empezado a cuajar con la redacción de un Plan por cada cuenca que, convenientemente unido al resto, da lugar al Plan Hidrológico Nacional.

Por otro lado, la aceptación universal del agua como recurso imprescindible y escaso ha inducido a la Unión Europea hacia la imposición de normas de carácter general que acaban dando lugar a la *Directiva 2000/60/CE por la que se establece un marco comunitario de actuación en la política de aguas*, más conocida como Directiva Marco del Agua.

Esta Directiva fue aprobada el 23 de Octubre de 2000 con el objetivo de proteger las aguas superficiales continentales, las aguas subterráneas, las aguas de transición (mezcla de las aguas dulces y saladas de la desembocadura de los ríos) y las aguas costeras. Esta norma reforzaba los planteamientos básicos de la Ley española, en especial los relativos a la calidad del agua, su gestión participada y su función ecológica.

La Unión Europea concedió un plazo de dos años (hasta finales del 2003) para que los Estados miembros la traspusieran debidamente en su ordenamiento jurídico. A tal efecto, en España, el Consejo Nacional del Agua elevó a las Cortes Generales la propuesta de modificación de distintos artículos de la ley de Aguas, y en 2004 se introdujeron las novedades de la Directiva Marco en la legislación española³¹.

La idea fundamental de la Directiva es incrementar las normas de protección, que se extienden además a las aguas costeras. Es obligado crear la demarcación hidrográfica, definida como “la zona terrestre y marina compuesta por una o varias cuencas hidrográficas vecinas, y las aguas de transición, subterráneas y costeras asociadas a dichas cuencas”³². Para cada demarcación habrá de redactarse un plan hidrológico como fórmula más apropiada para lograr la suficiente protección del agua, la satisfacción de la demanda y el equilibrio y armonización del desarrollo regional y sectorial.

Hasta ahora el órgano planificador era el Consejo del Agua de cada cuenca, que no intervenía en la protección de las aguas costeras. La Directiva apela a tener en cuenta los entes con responsabilidad en las aguas litorales (puertos, marina mercante y demarcaciones de costas), por lo que no solamente es preciso ex-

tender la planificación hidrológica a esas aguas, sino recomponer el Consejo del Agua para cada una de las nuevas demarcaciones hidrográficas, órgano cuya principal función es la de elaborar y revisar el plan hidrológico. Estas Demarcaciones son ya realidad en España, a través del RD 125/2007 por el que se fija el límite de las demarcaciones y el RD 126/2007, por el que se fija la composición, funcionamiento y atribuciones de los comités de autoridades competentes de cada demarcación.

Además, conforme a la Directiva Marco, antes de la confección de cada plan hidrológico será obligatorio, para antes de que finalice el año 2009, la preparación del programa de medidas básicas con la finalidad de cumplir los objetivos medioambientales previstos en la ley de Aguas reformada o de obtener una protección adicional de las aguas.

En resumen, la Directiva Marco ha venido a fortalecer la Ley de Aguas en lo tocante a sus exigencias de calidad ambiental, con argumentos más próximos a postulados ecologistas, a propuestas severas de ordenación del territorio y a los conceptos de desarrollo sostenible o ecodesarrollo. Sus objetivos “se centran en proteger, mejorar y regenerar todas las masas de agua y en reducir progresivamente la contaminación procedente de sustancias peligrosas, eliminando o suprimiendo gradualmente los vertidos”³³.



²⁸ Ley 29/1985 de 2 de agosto. Ley de Aguas, separata del Boletín Oficial del Estado. Gaceta de Madrid, Madrid, 1985, pág. 6.

²⁹ Ibidem, pág. 5.

³⁰ Ibidem, pág. 14.

³¹ ALFONSO, C. (2004): “Transposición de la Directiva Marco del Agua”. *Ambienta*, Revista del Ministerio de Medio Ambiente, nº 29, 2004, págs. 6-13.

³² Ibidem, pág. 9.

³³ Ibidem, pág. 10.





3

**Las grandes actuaciones y
obras públicas llevadas a cabo
por las confederaciones**



Las actuaciones de carácter general

La tarea de administrar los recursos hidrológicos, que en nuestro país está encomendada a las Confederaciones Hidrográficas, exige la realización de grandes obras a partir de las cuales poder regular el caudal de los ríos, almacenar el agua, conducirla y distribuirla. Estos objetivos han dado lugar a que todas las Confederaciones hayan elaborado y ejecutado un buen número de proyectos de construcción de infraestructuras.

El elevado número de funciones que hoy en día tienen encomendadas las Confederaciones hace que su tarea sea muy compleja, pues llevan a cabo proyectos de muy distinta índole, cada uno de los cuales implica la construcción de obras que pueden ser comunes a otros proyectos o bien específicas de cada uno de ellos. Independientemente del tipo de obra que lleven implícita, los proyectos pueden clasificarse por sus objetivos en los siguientes tipos, que llevan asociada una actuación representativa en este libro:

Obras de regulación. Se trata siempre de grandes actuaciones que pueden tener distintas finalidades, como el abastecimiento a las poblaciones, la construcción de sistemas de riego, el aprovechamiento hidroeléctrico de la energía potencial de las corrientes de agua, o la prevención de inundaciones.

Desecaciones de marismas y terrenos pantanosos. Este tipo de actuaciones incluyen obras que responden a objetivos muy diversos, como son la eliminación de focos de insalubridad o la obtención de nuevas tierras para cultivos.

Riegos. Tienen como objetivo aportar los recursos hídricos necesarios para mejorar las condiciones de producción agraria de ciertas tierras cuyos rendimientos potenciales están muy disminuidos por la insuficiencia de agua. Las tareas necesarias para cumplir con este objetivo pueden diferenciarse en obras de regulación (embalses), de derivación (canales) y de distribución (acequias).

Actuaciones de ingeniería sanitaria: abastecimientos y saneamientos. Los grandes proyectos de abastecimiento (regulación, derivación, tratamiento, depósito y distribución de aguas) y saneamiento (recogida, canalización, tratamiento y vertido) han desempeñado un papel fundamental en la modernización experimentada por las ciudades españolas desde fines del siglo XIX, corriendo parejos a los proyectos de mejora y reforma interior de los núcleos urbanos. Pero las mayores obras se han realizado a lo largo del siglo XX, sobre todo desde la etapa del desarrollismo, momento a partir del cual las Confederaciones Hidrográficas han dado preferencia a este tipo de actuaciones, hasta el punto de que han llegado a consumir de forma constante, década tras década, más de la mitad de sus presupuestos.

Tradicionalmente, las Confederaciones han tratado abastecimientos y saneamientos como integrantes de un mismo tipo de actuaciones; sin embargo, ambos tipos de obras po-

seen características estructurales bien distintas, al tiempo que cada una de ellas ha pasado por un proceso de evolución diferente. Mientras que los abastecimientos adquirieron su mayor protagonismo durante el desarrollismo, los saneamientos han hecho lo propio en las últimas décadas.

Aprovechamientos hidroeléctricos. Su objetivo es aprovechar la energía potencial de las corrientes de agua para obtener energía eléctrica. Necesitan de diversas instalaciones, como las presas, que permiten almacenar el agua; los canales de derivación, por donde se transporta el agua hasta la central; la cámara de carga; la conducción forzada; la central, en la que se transforma, mediante una turbina, la energía potencial en energía eléctrica; o el canal de restitución.

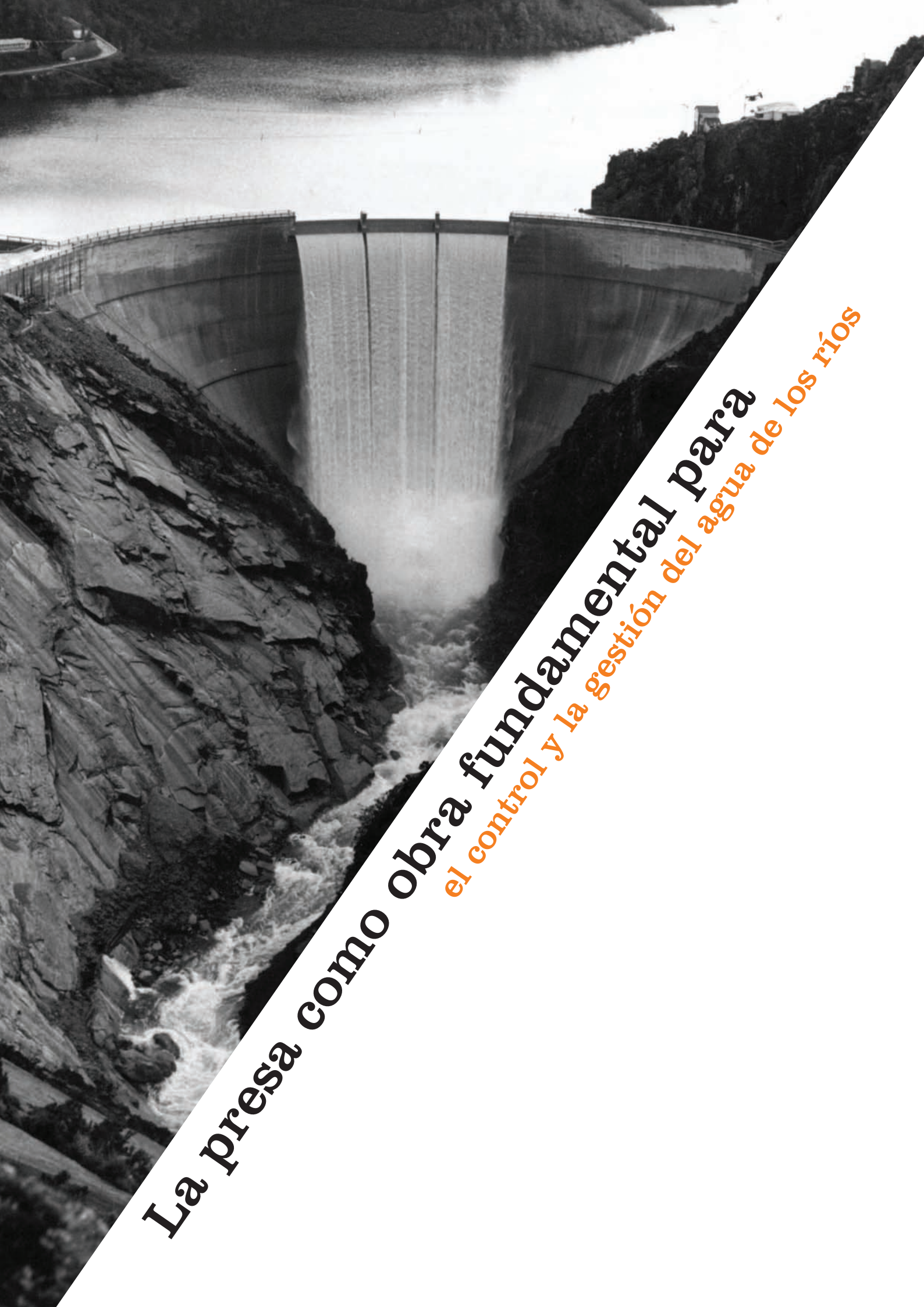
Trasvases. Forman parte de los trasvases el conjunto de obras que tienen como finalidad transferir agua desde unas cuencas a otras. Los motivos por los que se llevan a cabo estas actuaciones son muy variados. Por ejemplo, cuando una cuenca es deficitaria y otra excedentaria; cuando una cuenca presenta problemas para regular sus caudales y almacenar sus excedentes hídricos, mientras que otra, situada en sus proximidades, cuenta con infraestructuras de este tipo lo suficientemente grandes como para albergar dichos caudales además de los suyos propios; o cuando uno de los ríos o ambos, sufren importantes ascensos en el nivel de las aguas en épocas de deshielos o lluvias torrenciales, y el trasvase posibilita el desvío de parte de los caudales crecidos a la otra cuenca, impidiendo con ello que se desaten avenidas. hielos o lluvias torrenciales, y el trasvase posibilita el desvío de parte de los caudales crecidos a la otra cuenca, impidiendo con ello que se desaten avenidas.

Acciones integradas para la prevención de inundaciones. Se trata de obras o medidas administrativas estructurales y no estructurales que pretenden prevenir o reducir los daños causados por inundaciones, avenidas



o crecidas asociadas a un aumento considerable del caudal de un río. Incluye obras como el dragado de los cauces, rectificaciones del trazado de los ríos, defensas y asentamientos de márgenes, drenajes y encauzamientos... Pero además, medidas como la instalación de sistemas de previsión y alarma, o la restricción del uso de algunas zonas por su peligrosidad, etc.

Tratamiento de cauces. Se inscriben dentro de las acciones integradas de prevención de las inundaciones, aunque también pueden tener como objetivo la consecución de la navegabilidad de un río o la obtención de suelo para diferentes usos. Su logro está ligado a la construcción de obras muy diversas, entre las que se incluyen los muros de defensa, el dragado de los ríos, las rectificaciones de cursos, la limpieza de los cauces, las canalizaciones y otros sistemas de encauzamiento.



La presa como obra fundamental para
el control y la gestión del agua de los ríos

La mayor parte de los usos actuales del agua requieren de la construcción de presas, razón por la que se han constituido en el elemento más destacado de la gestión del agua.

Las presas tienen como objetivo embalsar el agua corriente de los ríos, dando lugar a la creación de lagos artificiales. Su construcción lleva implícita, por tanto, la irrupción en el paisaje de dos elementos nuevos, muchas veces de gran envergadura y superficie (la estructura de la presa y el pantano), los cuales generan siempre un enorme impacto visual, al tiempo que provocan profundas transformaciones paisajísticas.

Las Presas

Características generales

Las presas se definen como obstáculos artificiales empleados para la detención y el remanso de una corriente de agua³⁴. El primer material utilizado en su construcción fue la tierra. Más adelante fue reemplazada por la piedra. Actualmente, los nuevos materiales nacidos de la revolución industrial, sobre todo el hormigón en masa y el hormigón armado, permiten adaptar mejor las formas de las presas a la configuración de los valles y de los lechos fluviales, al tiempo que posibilitan que su altura sea muy superior a la que tuvieron en época preindustrial. A partir del descubrimiento del hormigón armado, el levantamiento de presas se multiplicó tanto en número como en tamaño, lo que permitió incrementar la cantidad de agua almacenada.

El tamaño de la presa es una variable supeditada a las características del medio físico, tales como la forma del valle en la que se pretende construir o el caudal del río. Pero además también depende del uso previsto para el agua embalsada.

En los valles anchos con una pendiente moderada la presa suele presentar gran anchura y una altura limitada, puesto que el agua se almacena en cantidad suficiente; en los valles estrechos y con una pendiente acusada, por su parte, la presa ofrece un ancho reducido y una gran altura con el fin de obtener una capacidad de embalse apropiada. Si la pendiente es demasiado pronunciada se desaconseja la construcción del embalse.



Cuando el caudal del río es abundante y regular, construir una presa de gran altura no es tan importante como cuando se construye sobre el lecho de un río de caudal limitado e irregular. En este caso, sólo una presa alta permitiría almacenar el agua de las épocas en las que se concentran las precipitaciones, y hacerlo en cantidad suficiente para hacer frente a las épocas de estiaje.

El uso de las aguas, por su parte, determina igualmente el tamaño de la presa. Cuando el objetivo es abastecer a las poblaciones lo importante es garantizar la reserva de agua necesaria para el suministro, y la decisión sobre el tamaño de la presa ha de adaptarse para cumplir ese propósito. En cambio, si lo que se busca es obtener electricidad, la presa debe ser de gran altura, ya que sólo en este caso se puede obtener la energía potencial necesaria para mover las turbinas de la central. En ocasiones, la fuerza de las aguas no la imprime la altura del salto sino un caudal abundante y constante, lo que constituye otra alternativa válida.

La construcción de una presa precisa dejar en seco una porción del lecho del río a través de diques provisionales y estacados. Debido a las graves consecuencias que podría desencadenar la ruptura de una presa, el cálculo de la estructura que debe sostenerla se realiza con amplios márgenes de seguridad. Su puesta en funcionamiento ha de llevarse a cabo con mucha prudencia, al tiempo que debe estar sometida a un minucioso proceso de mantenimiento durante toda su vida útil.

La supervisión de una presa se inicia en el momento en que concluye su construcción,



o incluso antes, cuando comienzan a efectuarse estudios de deformaciones y desplazamientos del muro y de sus apoyos. Pero además, se realizan evaluaciones de las cargas de hormigón y de las presiones hidrostáticas, así como valoraciones de las filtraciones a través de la presa y de la evolución de las eventuales fisuras. Al mismo tiempo, la infraestructura cuenta con numerosos órganos de seguridad, tales como aliviaderos para compensar las grandes crecidas; zanjales de desagüe en el fondo; canales de rebo-sadero; o diferentes dispositivos de drenaje capaces de interceptar fugas y filtraciones.

Los tipos de presas

Las presas se agrupan en distintos tipos según su estructura, materiales y morfología. Primeramente podemos clasificarlas en dos grandes grupos: las presas de nivel constante y las grandes presas o presas de embalse.

Las **presas de nivel constante** son utilizadas generalmente para posibilitar la navegabilidad de un curso de agua. Comprenden una parte de obra fija y otra fluctuante, llamada seto móvil, cuya desaparición progresiva mantiene constante el nivel aguas arriba de la presa, cuando el caudal del río aumenta y a la inversa. Este grupo se subdivide a su vez en:

1.- Presas de elementos pequeños, formadas por unidades menudas yuxtapuestas. Entre ellas hallamos las presas de alzas, las de agujas y armaduras y las de tambor. En la actualidad, salvo las de alzas, ya no se construyen presas de elementos pequeños.

2.- Presas de elementos de gran tamaño o compuertas. Obviamente, la parte móvil se corresponde en ellas con la compuerta. Hay diferentes modalidades de compuerta, como las levadizas, las cilíndricas, las de segmentos, las de sectores, las compuertas-válvula y las compuertas-techo.



Presa de gravedad. Casio (Ourense).



Presas de gravedad. Cecebre (A Coruña)



Presas de contrafuertes. Chandrexa de Queixa (Ourense).

Las **presas de embalse o grandes presas** se levantan transversalmente a los valles con el fin de acumular un volumen de agua concreto cuyo destino final puede ser el riego, la producción de energía hidroeléctrica o el abastecimiento a las ciudades. También puede acumularse agua para evitar los daños que podría provocar una brusca subida del caudal del río, en cuyo caso cumpliría una función protectora de las tierras situadas aguas abajo de la presa.

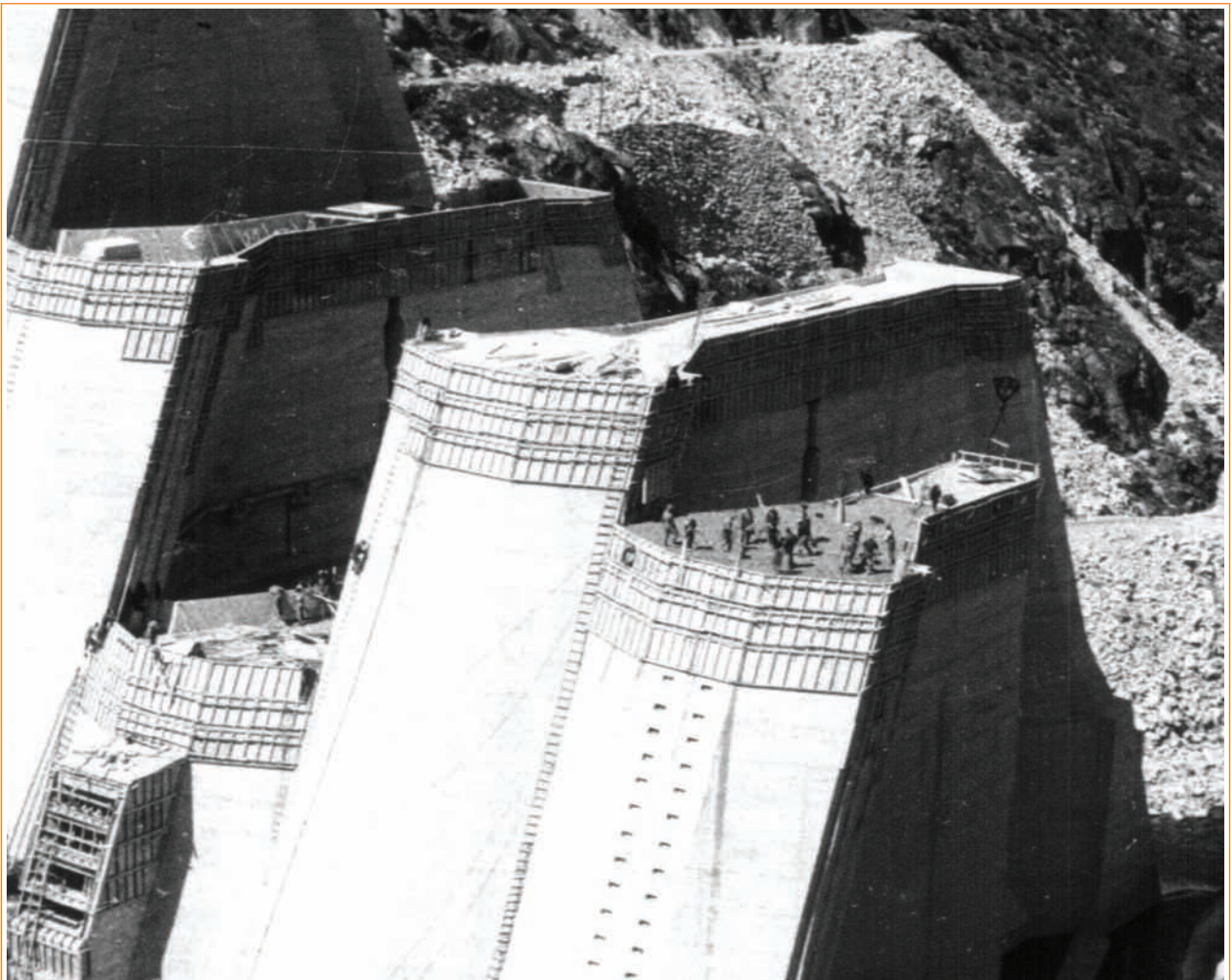
En función de los materiales constructivos usados en su alzamiento, las grandes presas se distribuyen en dos categorías: las presas de hormigón y las presas de elementos sin trabar.

1.- Las presas de fábrica o de hormigón se dividen, a su vez, en presas de gravedad, de bóveda, mixtas y de contrafuertes.

-Las presas de gravedad tienen un perfil triangular; se muestran sensibles a sobrecargas accidentales y subpresiones, que pueden ocasionar la destrucción de las mismas, motivo por el cual están dotadas de un sistema de estanqueidad y drenaje; a menudo, son consolidadas mediante tirantes metálicos.

-Las presas de bóveda presentan una curvatura con la convexidad dirigida hacia el agua, lo cual origina el efecto de bóveda; son cilíndricas o de doble curvatura; y sus costes de construcción son menores que en las de gravedad, a pesar de lo cual sólo pueden levantarse en valles de cierta angostura o en terrenos rocosos.

-Las presas mixtas comparten características de los dos tipos anteriores, y se aprovechan, por tanto, de las ventajas que entraña cada una de ellas.



Contrafuertes de la presa de Prada (Ourense)

-Las presas de contrafuertes están constituidas por un sistema de estribos de perfil apropiado, que soportan el muro de aguas arriba o cortina de estanqueidad, formada por losas planas o bovedillas. Su construcción supone un ahorro de materiales del 80% con relación a las presas de gravedad. Esta clase de presas, sin embargo, se utiliza para cerrar, a poca altura, valles anchos y para remansar ríos caudalosos. En algunas presas de arcos múltiples, la separación de los contrafuertes alcanza los 50 metros.

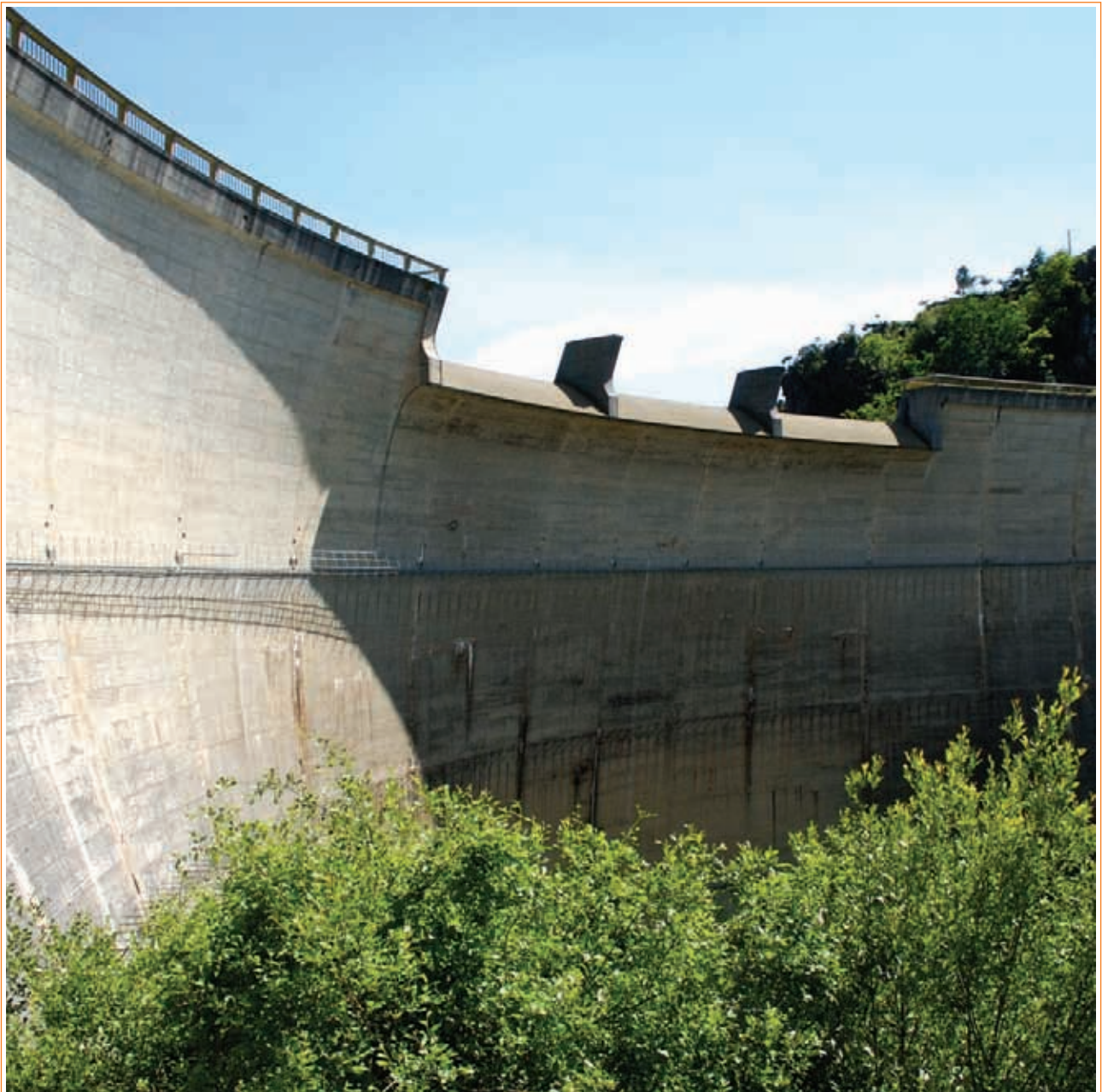
2.- Las presas de elementos sin trabar. Se emplean cada vez más debido a su construcción particularmente económica y a las facilidades que proporcionan las máquinas

excavadoras. Representan el único tipo de presas que admiten su construcción cuando el valle tiene un importante espesor de aluviones. Se edifican con materiales extraídos en las proximidades y son de forma y composición muy variables, en virtud de la calidad de dichos materiales.

-Las presas de piedra o de escollera consisten en un macizo trapezoidal formado por mampostería concertada o por empedramiento a granel; la estanqueidad se logra mediante una cortina o pantalla impermeable, flexible, hecha de hormigón o de otros materiales impermeables, colocada sobre el talud de aguas arriba o en el interior del macizo portador.



Presa de escollera. Los Alfílorios (Asturias)



Presa de bóveda. Eume (A Coruña)

-Las presas de tierra homogéneas están construidas con tierra compactada impermeable que tiene suficientes características de estanqueidad.

-Las presas de tierra heterogéneas o por zonas se erigen cuando no se dispone de cantidad suficiente de tierra impermeable. La tierra conforma entonces un núcleo central impermeable, vertical o inclinado, comprendido entre los macizos de apoyo (aguas abajo) y de protección (aguas arriba) llamados recargas e integrados por materiales muy diversos -en general tierras más o menos arenosas o rocosas-. Entre el núcleo y las recargas se interponen filtros para evitar la migración de tierras desde las segundas. Los materiales se compactan cuidadosamente para mejorar sus cualidades mecánicas, disminuir los huecos y evitar las deformaciones de la obra. Este tipo de presas es muy vulnerable a la erosión causada por el agua; por ello debe prevenirse todo riesgo de inmersión y arrastre de tierras por la circulación del agua en el interior de la presa a través de fisuras.

-Las presas mixtas de piedra y tierra combinan los tipos anteriormente explicados.

Los embalses

Características generales

La presa es, como ya hemos explicado, un obstáculo artificial edificado por el hombre para retener parcialmente una corriente de agua y almacenar sus caudales. Al cerrar la boca del valle mediante esta construcción, se forma un gran depósito de agua, que ocupa el vaso del curso fluvial y que inunda su valle. Tal depósito de agua, semejante a un lago³⁵, aunque no natural, recibe el nombre de embalse. Esta similitud no debe, sin embargo, llevar a confusiones. Los embalses poseen ciertas peculiaridades que los diferencian claramente de los lagos. En ellos, el agua presenta un movimiento longitudinal desde la cola hacia la presa, que no se da generalmente en los lagos; el volumen de agua de los embalses oscila sustancialmente, no solo en función de los aportes fluviales, sino también de la extracción de agua con fines diversos, cuestión ésta que repercute en el equilibrio de la cubierta vegetal de las orillas; por otro lado, los embalses reciben del río gran cantidad de áridos, o sólidos, que se decantan en su fondo al producirse una brusca reducción de la velocidad de las aguas, por lo que, a diferencia de lo que ocurre en los lagos, los procesos de sedimentación y colmatación son muy activos.

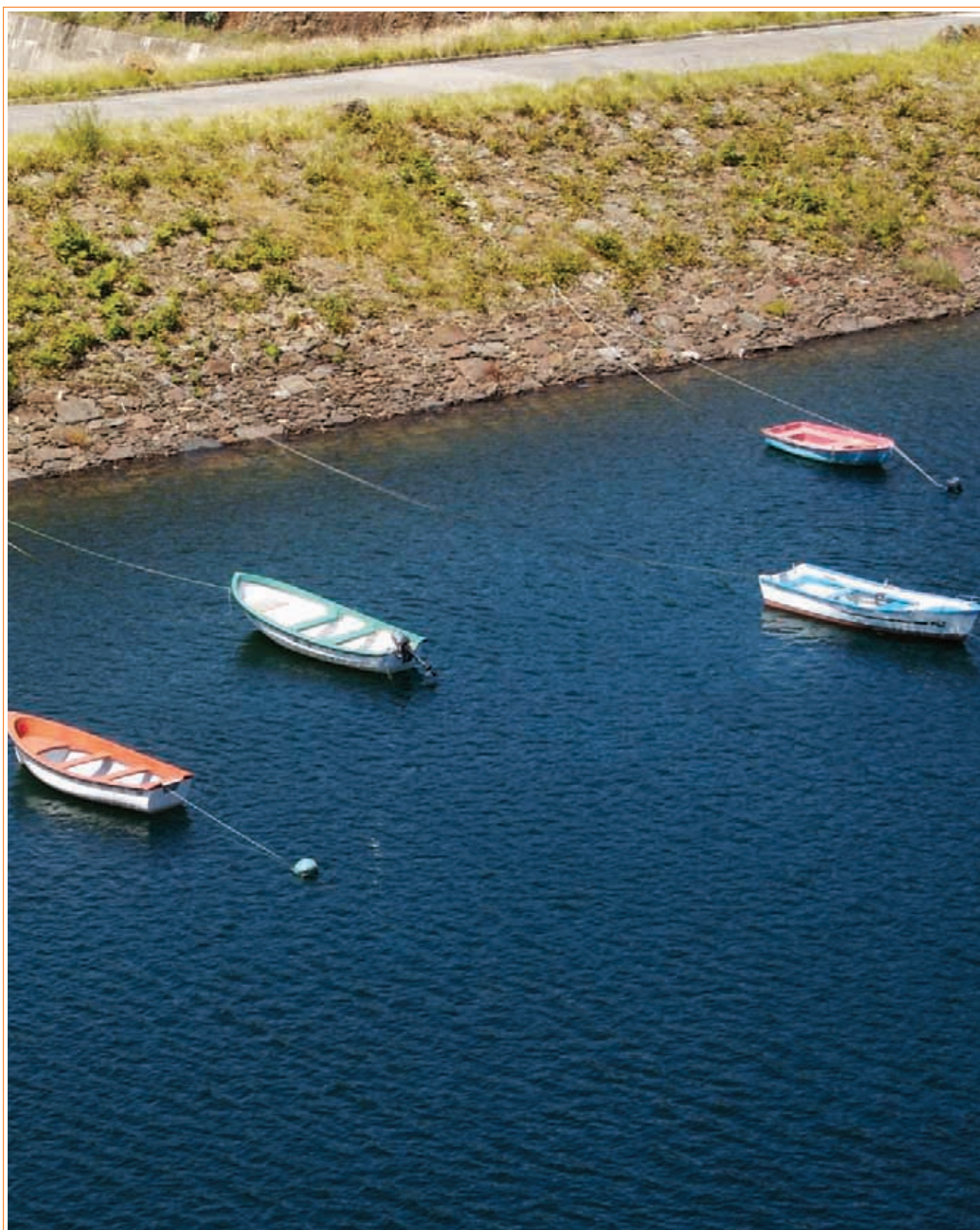
La construcción de una presa no obedece siempre a la necesidad de regularizar el caudal del río, puesto que muchos cursos fluviales, por razones climáticas, no tienen ese problema y sus caudales son amplios y uniformes (al menos relativamente) a lo largo del año. La razón entonces hay que buscarla en los múltiples usos encontrados por el hombre al agua embalsada.

Los embalses permiten almacenar grandes cantidades de agua para corregir los desequilibrios hídricos naturales heredados de las condiciones climáticas. Estas disimetrías pueden estar generadas, bien por un régimen irregular de las precipitaciones, bien porque el régimen del río resulte de un fenómeno como el deshielo, también sometido a una fuerte estacionalidad. El embalse, pues, permite acopiar el agua en épocas de abundancia, y distribuirla en épocas de escasez, asegurando, así, el abastecimiento de agua a la población, a la industria o las tierras de regadío.

Además sirve también al objetivo de regular los cursos de agua con el fin de reducir el riesgo de inundaciones. Una parte del caudal es retenida en episodios de avenidas y liberada paulatinamente una vez se ha normalizado la situación.

Igualmente, con los embalses se generan nuevos ecosistemas muy apropiados para la vida de aves acuáticas, peces u otros organismos, que precisan de aguas remansadas para sobrevivir. Muchas zancudas, anátidas y otras aves acuáticas migratorias o sedentarias han encontrado en los embalses un refugio sustitutivo a los humedales costeros y lagunas interiores, que han sufrido una fuerte regresión en los últimos decenios a causa de las desecaciones.

El agua embalsada también puede utilizarse para producir energía eléctrica, siempre y cuando se disponga de la central apropiada. Asimismo, en los embalses son factibles las actividades complementarias de recreo, como los deportes náuticos. Por último, determinados tipos de presas posibilitan la consecución de la navegabilidad de un río.



Determinados embalses posibilitan la navegabilidad de un río

³⁵ GARCÍA SÁNCHEZ-COLOMER, M. R. (2001): "Las comunidades de zooplancton de los embalses españoles", Ecosistemas, nº 2.



Las aves acuáticas son algunos de los pobladores de los nuevos ecosistemas lacustres surgidos con los embalses

El emplazamiento

Los embalses se emplazan en los tramos medios y altos de los ríos por diferentes razones. En estos tramos, los cursos fluviales aparecen encajados en valles, y presentan vasos y cerradas adecuados para el almacenamiento de agua, especialmente si las vertientes son estables y el sustrato rocoso está formado por rocas macizas, resistentes a la erosión e impermeables. Por su parte, los tramos inferiores de los ríos, más abiertos y llanos, no son apropiados lógicamente para embalsar, y además en ellos se asientan la mayor parte de la población y de las actividades económicas.

Además, tanto para los abastecimientos como para los regadíos, la derivación del agua a través de canalizaciones desde los embalses resulta más fácil por gravedad, desde las zonas altas a las bajas.

Por último, el aprovechamiento hidroeléctrico requiere de la existencia de saltos por donde cae el agua a gran velocidad para mover las turbinas. Por ello es importante una pendiente considerable, solo existente en los tramos altos y medios del río.

Junto a los grandes embalses, aparecen a veces contraembalses o embalses de pie de presa. Suelen ser de pequeño tamaño, y gracias a ellos se logra aminorar notablemente la colmatación del embalse principal (en épocas de abundancia de agua) y los consustanciales efectos erosivos que podrían descalzar el basamento de la presa.

La presencia de presas y embalses no es homogénea en el mundo, siendo especialmente abundantes en países y regiones geográficas con características específicas. Por ejemplo, aquéllas donde escasean los combustibles naturales, pues en ese caso se sirven del agua como fuente de energía para la producción de electricidad. También son abundantes en regiones donde la escasez o irregularidad de las precipitaciones determinan la necesidad de aprovechar al máximo las aguas de escorrentía superficial. Por último, son igualmente abundantes en los países montañosos, en los que se dan unas condiciones topográficas propicias para la construcción de presas y embalses con vistas a la producción hidroeléctrica y otros usos.

España es un país en el que se dan las tres condiciones citadas con anterioridad. Así se explica que, en el transcurso del último siglo, casi todos los gobiernos hayan favorecido la política de construcción de embalses. Por ello, la electricidad procedente de las centrales hidroeléctricas representa el 30% del total de la producida. También se ha disminuido notablemente el peligro de inundaciones y avenidas en los meses más lluviosos, y se ha reducido la carencia de agua en los meses secos, para abastecer a las ciudades, pero también a unas tierras de regadío cuya superficie no ha dejado de crecer en las últimas décadas.



Algunas zonas tienen condiciones topográficas propicias para la construcción de presas

Las presas y los embalses

Sus inconvenientes

La construcción de grandes presas comporta importantes beneficios derivados de las posibilidades de uso que posee el agua almacenada que forma los embalses, pero acarrea también numerosos inconvenientes y perjuicios.

Las presas son muy costosas. Por ello, es preceptivo un estudio riguroso sobre la pertinencia u oportunidad de su construcción. En ocasiones pueden arbitrarse medidas alternativas, más racionales y sostenibles que la construcción de presas, para tratar de solucionar el mismo tipo de problemas. Por ejemplo, la subsanación de pérdidas o la reparación de los escapes existentes en las redes de derivación y distribución, así como la concienciación de la población sobre la importancia del ahorro de agua; medidas todas ellas de nulo impacto medioambiental y, por supuesto, más baratas. Más aún si tenemos en cuenta que los embalses tienen una vida relativamente corta, puesto que van siendo rellenados con los sedimentos que transporta el río, y su colmatación puede producirse en un periodo de 50 a 200 años. Hecho este último que tiene otros efectos perniciosos, pues la retención de sedimentos supone el cese de los aportes de nutrientes contenidos en éstos a las tierras más bajas de las vegas, cuyos suelos terminan por empobrecerse. Además, algunas formaciones fluviales, como los deltas, dependen para su mantenimiento de los áridos que el río arrastra y decanta en su desembocadura.

Los embalses ejercen un efecto barrera³⁶ en el medio terrestre, de la misma forma que las presas lo hacen en el medio fluvial. Fragmentan y compartimentan de forma irreversible el territorio, como también sucede con las vías de comunicación. Son obstáculos infranqueables para muchos seres vivos que deben moverse aguas arriba y abajo del río (movimientos interiores, como los que realizan las truchas), e incluso realizar largos desplazamientos entre el mar y el río (peces anadromos, como el salmón y el esturión) o a la inversa (peces catadromos, como la anguila), para completar sus ciclos vitales. Los movimientos migratorios estacionales, bien sea por necesidades tróficas o por motivos reproductores, son fundamentales para un gran número de peces. Al ver totalmente impedidas sus necesidades de reproducción, van desapareciendo del medio. El remedio a este grave inconveniente radica en la habilitación de escalas para peces, una sucesión de pequeñas cascadas que posibilitan el ascenso de los peces y que se alternan con cuencos para que puedan reposar en la subida. La importancia ecológica de su construcción se une a los bajos costes y a la sencillez de la ejecución.

Las presas conllevan la inundación de espacios de valle de extensión variable, y que a menudo acarrear la desaparición de pueblos enteros, a veces de gran valor histórico o arquitectónico, cuyos habitantes han de ser desplazados con el consiguiente desarraigo. Además, suponen la pérdida de gran cantidad de tierras de cultivo muy fértiles situadas en las vegas, y de ecosistemas y paisajes fluviales y riparios muy valiosos. La frondosa vegetación ripícola, amparada por la humedad que proporcionaba la proximidad de la capa freática, y formada por árboles como los chopos, los alisos o los sauces, es sumergida y condenada a morir, mientras que los animales que habitaban las márgenes fluviales se ven desplazados por el ascenso de las aguas y la imposición de un hábitat totalmente diferente al precedente. Las nuevas orillas del embalse carecen de la fertilidad de las del río, puesto que no han recibido, a lo largo de los siglos, los aportes aluviales del curso fluvial, ni los nutrientes de la vegetación de ribera. Respecto a este particular, la solución de la reforestación con especies

autóctonas parece acertada para recuperar el equilibrio ecológico, recrear un ecosistema similar al preexistente, acoger a las especies que antaño moraban los sotos fluviales, favorecer la protección o la formación de suelos y evitar así la erosión del embalse. En cualquier caso, todo esto puede revelarse ineficaz si los cambios en el nivel de agua del embalse son usuales, ya sea por la irregularidad de las precipitaciones o por las detecciones súbitas de agua con fines diversos.

Las características del agua embalsada por las grandes presas son muy distintas a las que tenía el curso fluvial original. Su temperatura, el tipo y la cuantía de los gases disueltos y de las partículas en suspensión, la estratificación, la salinidad, la capacidad de renovación... cambian totalmente. El régimen fluvial es reemplazado por el lacustre y ello favorece a algunas especies y lesiona claramente a otras. La riqueza natural del curso fluvial (fondos irregulares de diferentes profundidades; corrientes



Faja de tonalidad marrón y altura variable efecto de la oscilación del nivel del agua

³⁶ HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ S. (2001): "Consideraciones ambientales en los proyectos hidráulicos", Las obras hidráulicas y el medio ambiente, Cap. 2, págs. 45-90, 768 págs.

rápidas, lentas y remansos; umbrías y solanas) da paso a la uniformidad del embalse, lo que conlleva una merma considerable de nichos ecológicos y de biodiversidad.

La evaporación del agua de los embalses en las zonas áridas es considerable, y ello significa el enriquecimiento en sales de la que permanece almacenada. A consecuencia de ello su utilidad para el riego disminuye.

Las variaciones repentinas en el nivel de agua de los embalses perjudican a la fauna y a la flora establecida en ellos. Una subida rápida del nivel de las aguas tiene consecuencias muy negativas porque los fondos de aguas someras se transforman en zonas de aguas profundas. Algunas comunidades piscícolas que viven en esos medios semiacuáticos, gracias a la protección y al refugio que les brinda la vegetación y la escasa profundidad, se retraen ante el acceso de especies de peces depredadores de mayor tamaño. Además nuevas áreas secas quedan inundadas. Las galerías y nidos de mamíferos y aves alojados en las orillas son anegados o destruidos. La vegetación adaptada a un medio húmedo, pero no subacuático o acuático, perece.

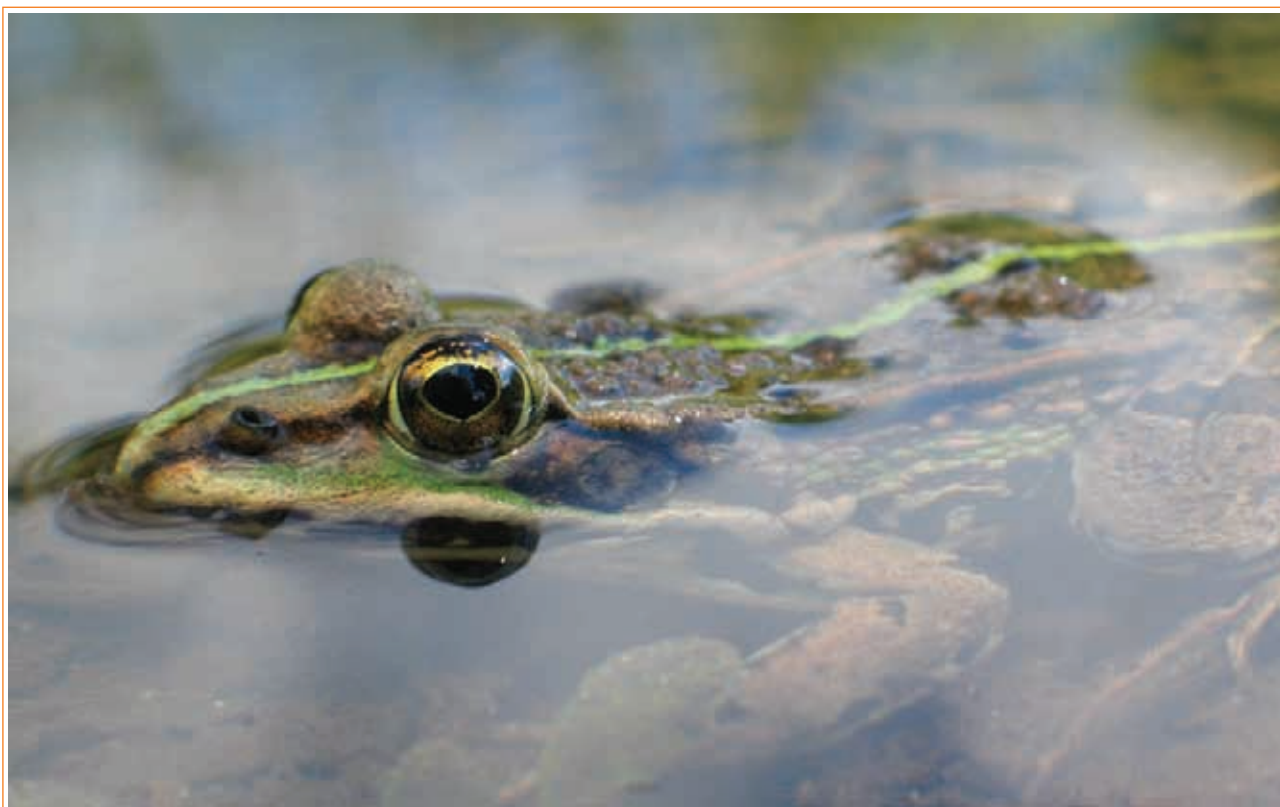
Por el contrario una bajada brusca del nivel de las aguas supone la desecación de los fondos de aguas superficiales, cuya fauna acuática sucumbe. Igualmente, las áreas palustres próximas a las orillas, en las que crían multitud de aves acuáticas, quedan en seco, lo que permite el acceso de numerosos depredadores a las puestas. Por otro lado, los animales que viven de forma permanente en el área de contacto del agua y la tierra, como los anfibios o algunos invertebrados, ven su supervivencia dificultada por estos cambios.

La oscilación del nivel del agua se observa en una faja de tonalidad marrón y de altura variable, que refleja esa variación. La alternancia entre inundación y desecación impide que las plantas puedan aclimatarse a estas condiciones, de modo que esta franja está to-

talmente desierta. A la inconsistencia y fragilidad de un suelo desprotegido con una estructura deficiente hay que sumarle la pendiente de las laderas del valle, ahora parcialmente sumergidas. Si además se forma oleaje a causa del viento y éste bate la orilla, pueden producirse deslizamientos de las partículas sueltas (los últimos elementos fértiles que ese suelo mantenía) o movimientos masivos de materiales que se precipitan al fondo del embalse. Los efectos de este proceso son nefastos, puesto que la capacidad del embalse se rebaja, no ya solo por los aportes sólidos del río, sino también a causa de esa dinámica de vertientes; además, la posibilidad de regeneración edáfica de las orillas se complica; y por último, la impresión de degradación y el impacto paisajístico que causa el embalse se agudizan.

Asimismo, la liberación de aguas del embalse influye en la oscilación del nivel de agua de los propios cursos fluviales aguas abajo de la presa. Estas riadas artificiales, si tienen lugar a menudo, pueden inestabilizar o simplificar los ecosistemas de ribera asociados al río.

La inundación de un valle acarrea no solo el anegamiento de biotopos fluviales, riparios y aluviales, sino también de otros situados en las laderas, con lo que son varios los ecosistemas afectados, algunos incluso de montaña. Del mismo modo, algunos ámbitos antes inaccesibles y perfectamente conservados (riscos, cantiles) quedan ahora al alcance de las personas, cuya circulación es facilitada por los caminos y pistas creados para la construcción y explotación del embalse y por la propia masa de agua, que puede ser surcada en canoa hasta sus orillas. De hecho, los embalses atraen una serie de actividades deportivas y recreativas (windsurf, remo, piragüismo, navegación a motor, senderismo) que, practicadas de forma masiva, son absolutamente incompatibles con el mantenimiento de una cierta naturalidad del entorno. El veto a los embalses en zonas de alto valor ecológico, la limitación de aforo, la prohi-



Los anfibios son especialmente sensibles a las variaciones de nivel de agua en los embalses

bición de prácticas que generen ruidos o molestias, la demarcación y señalización de zonas de aislamiento, o el cierre de vías de comunicación innecesarias, constituyen medidas válidas para amortiguar estos impactos.

Los embalses sufren frecuentemente problemas de eutrofización. El agua embalsada, cuya capacidad de renovación es baja pues solo se logra gracias a los aportes del río, se va enriqueciendo progresivamente en sustancias nutritivas, principalmente nitrógeno y fósforo. Según el origen de dichos nutrientes, se distinguen dos tipos de eutrofización: la natural, que es muy lenta y tiene un carácter irreversible; y la artificial o cultural, provocada por los vertidos de aguas residuales, urbanas, agrícolas e industriales, y que puede evolucionar, en virtud de

la cuantía de estos aportes, de forma más o menos acelerada³⁷. Si el volumen de nutrientes es muy notable y el caudal del río, escaso, el fenómeno alcanza dimensiones preocupantes, puesto que se forman grandes concentraciones de algas, algunas de ellas tóxicas, alimentadas con estas sustancias. Ello conlleva numerosos problemas, porque la gran cantidad de materia orgánica en suspensión reduce la transparencia del agua y cambia su coloración y olor. Además, estas especies oportunistas y agresivas desplazan a otras más sensibles y las comunidades biológicas se deterioran y simplifican.

Las algas muertas son descompuestas por microorganismos que consumen gran cantidad de oxígeno. Éste se reduce aún más debido al predominio de la respiración sobre la fotosín-

³⁷ CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS (2000): Catálogo limnológico de embalses de la cuenca del Norte de España..

tesis en las capas profundas del embalse, a donde apenas llega la luz por la presencia de un estrato de algas muy denso. Ello desemboca en situaciones de anoxia, que provocan la muerte masiva de los peces³⁸. Asimismo, la producción bacteriana se incrementa y proliferan organismos anaerobios de diversa clase, que a su vez generan sustancias venenosas para la fauna acuática.

El uso de los embalses y de sus aguas se ve obstaculizado por la sobreabundancia de algas y la alteración de la composición química del agua. Ello ocurre con la navegación a motor, con la potabilización de las aguas para el abastecimiento (puesto que los filtros son obstruidos y aumenta la demanda de cloro) o con el riego (la vegetación acuática obtura los canales de derivación y conducción del agua).

Sea natural o artificial, la eutrofización puede agravarse según determinadas características del vaso del embalse y de su entorno, como la escasa profundidad, el sustrato silíceo de la cuenca (la precipitación de fósforo con calcio es reducida), la riqueza en nutrientes de los suelos inundados, el carácter templado del clima, que favorece el desarrollo de la vida...

Según la concentración media de clorofila, los embalses pueden agruparse en varias categorías: oligotróficos, cuya concentración es inferior a 2,5 microgramos por litro; mesotróficos, entre 2,5 y 8 microgramos por litro; eutróficos, entre 8 y 25 microgramos por litro; hipereutróficos, más de 25 microgramos por litro. En la cuenca del Norte, casi el 83% de los embalses de mayor importancia son oligo o mesotróficos, aunque los porcentajes varían según



Un exceso de algas puede provocar situaciones de anoxia y otros problemas en el uso de los embalses



El agua de los embalses puede presentar diferentes coloraciones debido a los distintos grados de eutrofización

las diferentes unidades administrativas: 84% en Galicia Costa (ríos intracomunitarios gallegos), 76% en el Norte I (cuenca Miño-Sil, río Limia), 93% en el Norte II (Asturias y Cantabria), y 78% en el Norte III (País Vasco). Las cuencas españolas más afectadas son aquellas próximas a las principales áreas metropolitanas y ciudades (Tajo, Pirineo Occidental), que además reciben aportes fluviales modestos, lo que dificulta la autodepuración³⁹.

La subsanación de este problema exige actuaciones como la depuración de las aguas residuales para reducir los aportes nutritivos; la aireación, oxigenación y mezcla de la columna de agua para desestratificarla; la mejora de la renovación del agua embalsada; la inactivación del fósforo a través de diferentes técnicas, como la coagulación o la precipitación química con alúmina; el tratamiento de los sedimentos mediante su cubrición con materiales inertes; la eliminación directa de algas por medio de tóxicos; la reducción de las poblaciones de peces planctívoros para aumentar la biomasa de zooplancton herbívoro, que mantiene a raya a las algas comestibles.

³⁸ MONTEOLIVA, A.; MUÑOZ BELLIDO C. (2000): La gestión limnológica y el mantenimiento de la integridad ecológica de los embalses, Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, nº 51, Vol. 2, págs. 60-69.

³⁹ BÚRDALO, S.; DELGADO, C. (1985): "Hay fertilidades que matan: la preocupante eutrofización de nuestros embalses", Revista del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, nº 324, págs. 32-37.



Las acciones integradas **para la prevención de inundaciones**

Las avenidas

Significado, causas y consecuencias

Las avenidas aparecen cuando los aportes de agua al río superan su capacidad de almacenamiento, desagüe e infiltración⁴⁰. A causa de ello, la subida anormal del nivel de las aguas da paso a un anegamiento de las zonas contiguas al cauce habitual, denominadas llanuras de inundación. El problema deviene cuando el hombre, debido a las favorables cualidades de esos terrenos, como su planitud, fertilidad y accesibilidad, los ocupa y compite con el curso fluvial por su dominio.

El desencadenamiento de avenidas responde a diversas causas, de las que la más frecuente es la descarga atmosférica de grandes cantidades de agua en periodos cortos de tiempo. Pero también existen otras causas, como los deshielos, la rotura de morrenas que represan lagunas, los desprendimientos de ladera que taponan los cauces, etc. Estos factores naturales pueden verse reforzados por algunas actividades humanas que no suelen constituir por sí mismas factores desencadenantes de las avenidas, pero sí condicionan su severidad. Hay abundantes ejemplos de esta incidencia antrópica. La invasión urbanística de espacios susceptibles de ser inundados multiplica los riesgos asociados a una avenida fluvial. La impermeabilización de los terrenos mediante el asfaltado repercute en un aumento de los aportes de agua a las arterias fluviales. La deforestación y las prácticas agrícolas y ganaderas lesivas reducen la cohesión, la capacidad de absorción y la protección de los suelos frente a los agentes erosivos, lo cual redunda en un incremento de los aportes de agua a los ríos, con una importante carga sólida además. La acumulación en escombreras de materiales de desecho procedentes de los yacimientos mineros conlleva una serie de riesgos de desestabilización, deslizamientos y obturación de valles fluviales.

Los efectos de las avenidas cobran gran importancia en la configuración del relieve de las zonas a las que afectan. En la cabecera de los valles, las aguas crecidas del río discurren por terrenos muy pendientes y encajados, con lo que el proceso preponderante es el de la erosión y movilización de gran cantidad de materiales, incluidos los de tamaño canto e incluso bloque. Las márgenes del río y su lecho son atacados por las aguas y el río se encaja aún más. Los materiales arrancados y desplazados son sedimentados en depósitos aluviales con forma de abanico y granulometría diversa cuando la velocidad de las aguas decrece, ya sea por una reducción de la pendiente, por un ensanchamiento del cauce o por la confluencia con un río de mayor categoría. Los sólidos transportados por el río pueden tener procedencias variadas, bien del fondo y de las orillas del cauce fluvial, de los aportes de los afluentes o de materiales que se precipitan por las vertientes a causa de las fuertes pendientes y que son accionados por la energía de las lluvias. Si estos movimientos presentan un carácter masivo, comportan un riesgo adicional por la obstrucción del cauce del río.

En las vertientes de los tramos medios tienen lugar procesos erosivos del suelo por deslizamientos gravitacionales. En las laderas deforestadas la actividad erosiva es más intensa. Al mismo tiempo, el agua de escorrentía se concentra formando surcos y regueros, y dando lugar a una arroyada incipiente. En los cauces predomina el transporte de áridos. Los efectos sobre los valles dependen de la configuración de éstos. En los valles encajados no se producen importantes cambios en la forma del canal, solo la presencia de algunos bloques empujados por las aguas durante la riada. En los valles amplios el río puede desbordarse y cons-

truir acúmulos en las riberas por sedimentación; por su parte, el canal puede verse modificado. En los valles de tipo rambla, la transformación es mucho más visible y consiste en la redistribución de las estructuras sedimentarias, en la zapa de las márgenes y en el ensanchamiento del cauce. Por último, en las llanuras de inundación o vegas, donde los valles se caracterizan por su amplitud y planitud, las aguas decantan la mayor parte de su carga sólida.

En época de avenidas y desbordamientos, las zonas de vegason invadidas y encharcadas durante largos periodos de tiempo, de modo que hasta los materiales más finos (limos y arcillas) que el río transportaba en suspensión, son depositados en estos suelos. Se produce así un crecimiento de la llanura aluvial y un aumento de su fertilidad⁴¹. Si la deposición de sedimentos se concentra en las márgenes del río, éste queda encerrado dentro de diques naturales, que se sitúan a mayor altitud que la propia vega. De esta forma, si las aguas crecidas rompen uno de esos diques o los rebasan, difícilmente vuelven al cauce original. Se producen entonces encharcamientos prolongados hasta que el agua desaparece por infiltración, o incluso alteraciones completas en el trazado del cauce, en el caso de que el río encuentre una vía más fácil para proseguir su curso.

Otros procesos naturales característicos del río durante las avenidas en los tramos de vega se corresponden con las migraciones laterales del cauce, que dan lugar al ensanchamiento de la llanura de inundación; y la supresión de meandros, que son cortados en sus tramos más estrechos y abandonados por las aguas.

⁴⁰ MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO (1987): Avenidas e inundaciones, 67 págs.



Aparte de las consecuencias geomorfológicas y geológicas de las avenidas, estos fenómenos provocan un impacto sobre el hombre digno de consideración. Y la magnitud de estas interferencias depende de la virulencia de la crecida, de la proximidad de asentamientos y actividades humanas con respecto al cauce fluvial, y del tiempo disponible desde que se detecta el problema hasta que manifiesta en las áreas de riesgo. No obstante, a mayor densidad de población en áreas inundables, mayor es la probabilidad de trastornos, que pueden ir desde las pérdidas económicas a las humanas.

Un hecho indiscutible es que las vegas son terrenos muy codiciados, tanto para la agricultura, como para la industria, la función residencial y el trazado de vías de comunicación, especialmente en valles estrechos en los que los espacios llanos no abundan, lo cual es muy frecuente en la parte centro-oriental del territorio dependiente de la Confederación Hidrográfica del Norte.

⁴¹ La fertilidad está subordinada, no obstante, al contenido en materia orgánica y la granulometría de los sólidos.

El Dominio Público Hidráulico

El proyecto LINDE

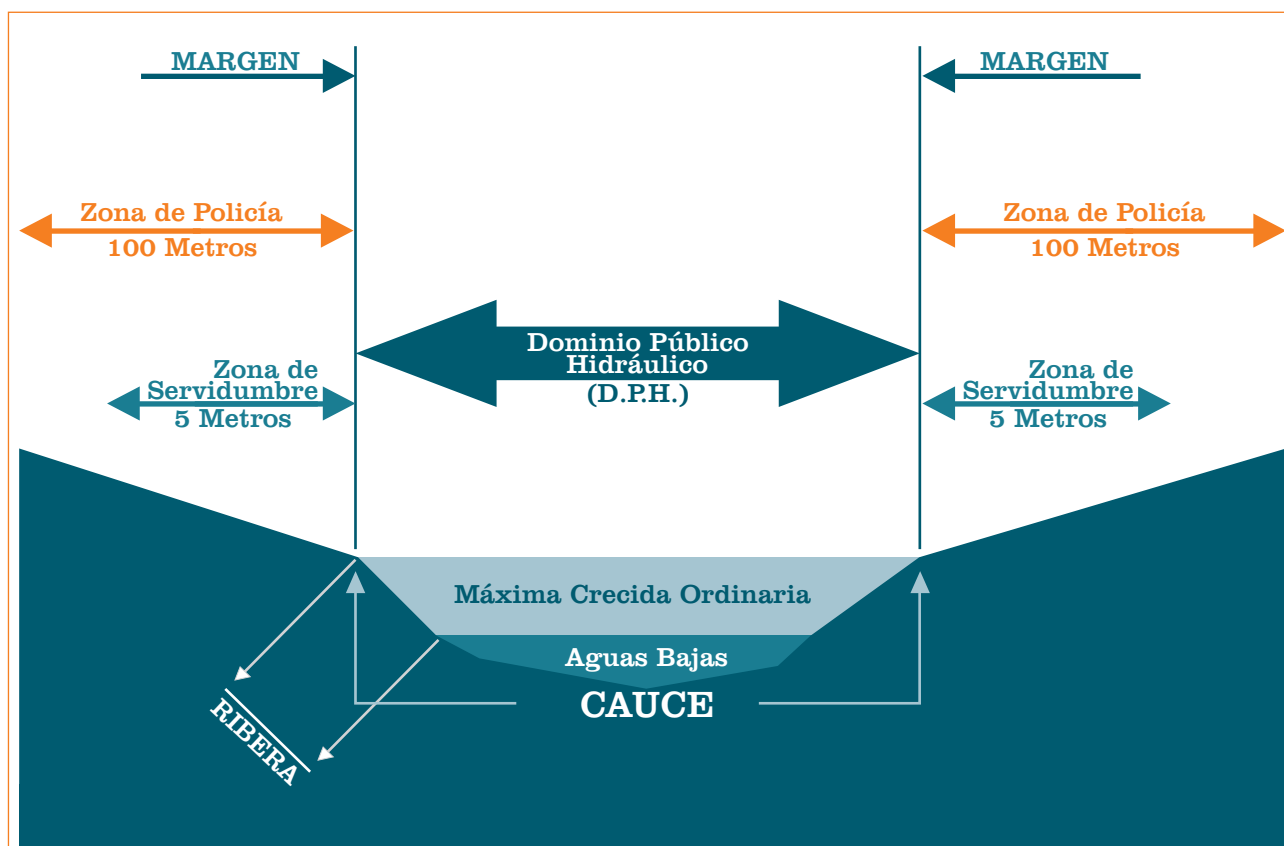
Para acometer acciones preventivas contra las inundaciones, las Administraciones proceden a una previa delimitación del dominio público hidráulico del cauce del río, que por reglamento se define como el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias, teniendo en cuenta que este parámetro se obtiene de la media de los máximos caudales anuales registrados durante diez años consecutivos.

La definición de Dominio Público Hidráulico del Estado viene recogida en el artículo 2 de la vigente Ley de Aguas y en el propio Reglamento de Dominio Público Hidráulico. Estas normativas indican que está constituido, con algunas salvedades que marca la Ley, por: las aguas continentales, tanto superficiales como subterráneas renovables; los cauces de corrientes naturales, continuas o discontinuas; los lechos de lagos y lagunas y de los embalses superficiales en cauces públicos; los acuíferos subterráneos, a los efectos de los actos de disposición o de afección de los recursos hidráulicos; y las aguas procedentes de desalación de agua de mar, una vez que fuera de la planta de producción se incorporen a alguno de los anteriores componentes.

La misma Ley en su artículo 4 define como cauce el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias. En su artículo 6 define como riberas las fajas laterales de los cauces públicos situadas por encima del nivel de aguas bajas, y como márgenes, los terrenos que lindan con los cauces. Estas márgenes están sometidas a una zona de servidumbre, exterior a la ribera, de 5 metros de anchura para uso público y a una de policía de 100 metros de anchura superpuesta a la anterior en la que se condicionan tanto el uso del suelo como las actividades que puedan en ella⁴². Los propietarios de estos terrenos deben pedir autorización para realizar cualquier actuación sobre ellos (construcciones, extracciones, excavaciones, rellenos, vallados, plantaciones) que pueda implicar la obstaculización de la corriente del río en episodios de avenidas o la alteración del dominio público hidráulico.

Un instrumento imprescindible para la gestión y tutela del dominio público hidráulico está constituido por el Proyecto LINDE, puesto en marcha en el año 1993 y cuyo objetivo es delimitar y deslindar las zonas de dominio público hidráulico sometidas a presiones de distinta índole, y que corren por tanto el riesgo de ser usurpadas o explotadas de forma abusiva, por falta de medios de control por parte de la Administración. El dominio público hidráulico es muy extenso en nuestro país⁴³, y las operaciones de deslinde, que hasta tiempos recientes se hallaban muy atrasadas, precisaban de una aceleración en determinados puntos críticos, a los que hay que proteger de usos ilegales e invasivos⁴⁴.

⁴² MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO (1986): *Construcciones en las márgenes de los ríos y en terrenos de dominio público hidráulico*.



El Proyecto LINDE responde a lo dispuesto en el artículo 87 de la Ley de Aguas, donde se establece que corresponde a la Administración del Estado el apeo y deslinde de los cauces de dominio público hidráulico, que serán efectuados por los Organismos de cuenca.

La Fase I del Proyecto LINDE, ya concluida, consiste en la identificación de las áreas sometidas a presión, habiéndose considerado siete grandes grupos de presiones (urbanísticas, económicas, medioambientales y culturales, inherentes al cauce, provocadas por vertidos, ocasionadas por infraestructuras y otras). El desarrollo de la segunda fase comprende el estudio y delimitación cartográfica del dominio público hidráulico en las zonas estudiadas. La tercera fase, de larga duración, supone el deslinde provisional y el proceso administrativo para su elevación a definitivo, desarrollando el procedimiento previsto en el Reglamento de dominio público hidráulico. La cuarta y última fase, aún por desarrollar, es la realización de actuaciones dentro de las zonas delimitadas como dominio público hidráulico y que solucionen las presiones detectadas. El Ministerio de Medio Ambiente y los organismos de cuenca se encuentran en la tercera fase de este proyecto.

⁴³ El dominio público hidráulico en España asciende a 65.559 km²., correspondientes a 1.621 ríos. Véase VILLARROYA ALDEA, C. (2004): "La delimitación del dominio público hidráulico y el proyecto LINDE", *Ambienta*, nº 36, págs. 50-58.

⁴⁴ *Ibidem*.

En el Norte, la Confederación Hidrográfica ejecutó hasta 2006 un total de 309 km. de deslindes. En ese año se puso en marcha una nueva fase dentro del proyecto LINDE para completar los estudios históricos y geomorfológicos sobre peligrosidad de inundaciones ya realizadas en una parte de la Confederación Hidrográfica del Norte. Estos trabajos se dividirán en dos partes diferenciadas, la primera consistente en el estudio geomorfológico e histórico de peligrosidad frente a

inundaciones sobre todas las llanuras aluviales en los ríos, incluyendo la generación de cartografía LIDAR, para cuantificar de forma genérica la peligrosidad por inundaciones, y la segunda, sobre determinados tramos seleccionados, se realizarán los correspondientes estudios hidrogeológicos e hidráulicos para determinar el Dominio Público Hidráulico y las zonas inundables asociadas mediante la fusión de todos los criterios utilizados.



Ocupación del Dominio Público Hidráulico del río Nalón en la cuenca minera asturiana

Medidas preventivas contra las avenidas

Estructurales y de Gestión

Una vez que se ha efectuado la delimitación del Dominio Público Hidráulico, las Administraciones y los Organismos con competencias en materia hidrológica (las Confederaciones Hidrográficas) se valen de una suerte de medidas⁴⁵ estructurales y no estructurales para prevenir los desbordamientos fluviales.

De forma habitual se recurre a las denominadas **medidas estructurales**, puesto que no requieren de grandes expropiaciones (salvo los embalses de laminación) para su ejecución. Sin embargo, al implicar la construcción de obras, exigen cuantiosas inversiones, y aunque su efecto es bastante inmediato no son necesariamente eficaces a largo plazo. Estas medidas, que se aplican para incrementar la capacidad de desagüe del cauce fluvial, regular su caudal y proteger las fincas o terrenos anejos al río, son las siguientes:

Dragado del cauce, es decir, extracción de materiales del lecho del río para ampliar su sección transversal, ya sea incrementando su calado o aumentando su anchura. En cualquier caso, supone trastocar el régimen hidráulico del río y el potencial erosivo de las aguas.

Limpieza del cauce, mediante la retirada de todo obstáculo para la libre y rápida evacuación del agua, como arbustos, árboles, depósitos, escombreras... Así se reduce la rugosidad del cauce, incrementando su capacidad de evacuación sin necesidad de alterar su calado. No obstante, al aumentar la velocidad del agua, las márgenes pueden ser erosionadas, con lo que el volumen de sedimentos crece y ello obliga a la elevación de la pendiente en un tramo del lecho, para que las aguas movilicen de nuevo esos materiales.

Rectificación del trazado o corta del río. Con este mecanismo se logra convertir un tramo sinuoso o meandriforme en otro rectilíneo, a fin de facilitar el desagüe. El nuevo cauce tiene menor longitud y mayor pendiente, por lo que la velocidad del agua aumenta, y con ella su capacidad de erosión aguas arriba de la corta. Aguas abajo, por el contrario, lo que aumenta es el volumen de los sedimentos transportados, hasta que finalmente se estabiliza la pendiente. La supresión de los meandros permite recuperar de extensos terrenos, antes atrapados por ellos.

Defensas y asentamiento de las márgenes con muros o escolleras. Sólo son precisas en puntos muy localizados en los que el proceso de zapa es muy acelerado o en aquellos que no pueden admitir erosión alguna (cimientos de puentes...). Los métodos constructivos son sofisticados y los materiales empleados suelen encontrarse en el mismo lugar de la obra. Sirven para proteger fincas, vías de comunicación o poblaciones anejas.

⁴⁵ HERRERAS ESPINO J. A.; MARÍN PACHECO G. (2000): "El tratamiento de los cauces. Protección y defensa de avenidas. Zonas de riesgo", Revista del Colegio de Caminos, Canales y Puertos, nº 51, Vol. 2, págs. 40-49.



Protección de la localidad de Arriendas frente a las crecidas del río Sella

Encauzamientos. Pretenden fijar el cauce del río para dotarlo de una sección y una pendiente que garanticen el paso de un caudal máximo. Se busca una sección profunda pero no ancha, una rugosidad muy atenuada (por el uso de materiales como el hormigón que producen menos rozamiento), y una pendiente longitudinal mayor. El tipo de encauzamiento más conocido es la canalización. Se define como el confinamiento de la sección transversal de un río por medio de muros longitudinales que se combinan con una profundización del lecho fluvial. Estas obras son llevadas a cabo frecuentemente en los tramos urbanos de los ríos, donde no hay espacio para ensanchar el cauce, bien porque ya está ocupado por la ciudad o porque resulta rentable reservarlo para usos urbanísticos, lo que en ambos casos precisa una actuación contundente que reduzca al máximo los riesgos de desbordamiento del curso de agua. El estrechamiento del cauce natural aumenta la velocidad del agua y la capacidad de transporte de sedimentos, lo que se refleja en una erosión muy leve en el tramo canalizado, que está muy protegido, y más fuerte aguas abajo,

frente la preponderancia de la sedimentación aguas arriba. Este proceso pierde importancia a medida que el cauce se va consolidando.

Los diques longitudinales constituyen la segunda variante de los encauzamientos. Tienen poca altura y se alzan alejados del cauce principal. Con ello se incrementa el calado, la anchura de la sección, y por ende, la capacidad de desagüe, de manera que la posibilidad de inundación fuera de la zona comprendida por los diques es muy remota. Las objeciones a estas actuaciones residen en los obstáculos al drenaje normal de la cuenca hacia su colector natural, lo que requiere la formulación de un sistema alternativo, como pueden ser diques en los tributarios, estaciones de bombeo, canales de desvío, etc. Además, la inmediatez de las propiedades protegidas con respecto a los diques y el hecho de que el nivel del agua en avenidas sea superior al de la llanura aluvial, representan un gran peligro en caso de que el agua rompa o rebase los diques, por lo que deben proyectarse con un margen de seguridad amplio. Por otro lado, estas actuaciones solo resultan viables en

zonas poco pobladas. Asimismo, los espacios aluviales exteriores a los diques se ven privados de los aportes sedimentarios recibidos en avenidas extraordinarias. Frente a estos reparos hallamos numerosas ventajas: no afectan al régimen hidráulico del río, los terrenos interiores pueden utilizarse para determinadas actividades temporales fuera de la época de inundaciones, y la franja riparia es preservada.

Cauces de emergencia. Estas intervenciones corresponden a una desviación del río en un tramo fluvial que se halla en exceso estreñado debido al desarrollo urbano de su entorno y en el que resulta muy difícil la ejehabilitar un cauce nuevo que, en vez de atravesar la ciudad como el antiguo, la rodee o contornee, transportando una parte o la totalidad del caudal. Una opción consiste en desviar el caudal de las crecidas por el cauce nuevo y permitir la circulación del caudal normal por el viejo. La otra supone la desviación íntegra del caudal hacia el cauce nuevo y la reserva del cauce antiguo para otros usos. El nuevo cauce puede proyectarse en un antiguo ramal del río o en una depresión. Si ello no es posible, puede optarse por una sección de gran anchura que no requiera una excavación profunda para la consecución del cauce.

Embalses de laminación de avenidas. La represa del agua permite controlar el nivel del caudal del río aguas abajo, de forma que no se superen determinados límites y no se produzca el desbordamiento. El agua de la avenida será posterior y progresivamente liberada en plazos dilatados, muy superiores a los de la avenida natural. Por tanto, con esta operación se logra atajar la propagación de grandes caudales

en las zonas objeto de protección. Los inconvenientes que comporta la construcción de estas infraestructuras ya han sido analizados en el capítulo de embalses.

Obras de drenaje. Las llanuras aluviales, en los tramos medios y bajos de los ríos, son áreas, que por sus múltiples virtudes, acogen el grueso de la población y de las actividades económicas. Pero su escasa pendiente transversal las hace vulnerables a las inundaciones, puesto que este factor reduce su capacidad de drenaje sustancialmente. La situación suele verse agravada por la impermeabilidad de los suelos en las zonas urbanas. Cuando se producen lluvias intensas o continuas, éstas pueden por sí mismas provocar el anegamiento de estos espacios, lo que puede acentuarse si además el río se desborda. La inmersión causa daños muy cuantiosos. Por ello resulta imprescindible la instalación de una red de drenaje para evacuar esas aguas y desaguarlas posteriormente a la red hidrográfica natural.

Por su parte, las llamadas **medidas no estructurales o de gestiones o de gestión**⁴⁶, no requieren grandes inversiones, pero sí un gran esfuerzo de organización. Las disposiciones enmarcadas en este apartado, referidas en su mayoría al empleo de técnicas de ordenación del territorio, son ideales desde el punto de vista medioambiental. Su eficacia, no obstante, depende de la presencia de un organismo que coordine todas las actuaciones hidráulicas que se acometen en la cuenca hidrográfica.

A continuación se expondrán las medidas de carácter no estructural.

⁴⁶ CABRERA CABRERA, M.; SANZ MARTÍN, M.; DE ANDRÉS RODRÍGUEZ-TRELLES, M. (1996): "La actuación denominada acondicionamiento del río", *Revista de Obras Públicas*, nº 3357, págs. 25-40



La protección de suelos y el descabezamiento de arroyos. La mayor parte de los áridos que transporta un río, sobre todo durante los periodos de avenidas, provienen de la cuenca de cabecera. Atendiendo a su repercusión en el aumento del nivel del caudal de un río y en la destructividad de la riada o también en la colmatación de los embalses, se entiende la necesidad de limitar estas pérdidas de suelo.

Los terrenos de las inclinadas vertientes de cabecera de los valles fluviales están especialmente expuestos a la acción denudadora de las aguas superficiales, debido a la mala estructura de los suelos y la insuficiente cobertura vegetal. Estos suelos no solo no retienen ni absorben adecuadamente el agua, sino que su falta de compactación conlleva un riesgo de arrastre. Este problema se agudiza si el hombre, al aprovechar los pastos o los bosques, ha desprovisto a las laderas de sus estratos de vegetación.

Por todo ello, una labor de reforestación y de restitución de suelos resulta conveniente para paliar los efectos de la erosión durante las crecidas fluviales. No obstante, puede darse la circunstancia de que los suelos, aún estando en buenas condiciones, se encuentren saturados por las lluvias precedentes, de manera que el agua de las nuevas lluvias no se infiltra y se incorpora, por esa razón, al río.

Cuando las aguas de escorrentía comienzan a concentrarse y a encajarse en la vertiente, for-





mando arroyos, las anteriores actuaciones se revelan ineficaces para limitar la carga sólida de esta agua de arroyada. En ese caso, puede surtir gran efecto una operación de descabezamiento, en virtud de la cual se construyen azudes de retención a pie de ladera para que, al reducirse súbitamente la velocidad de las aguas y al levantarse una barrera de represa, todos estos materiales sean decantados o depositados en el cuenco artificial y no lleguen a la arteria fluvial principal

La zonificación. Consiste en una restricción gradual de uso (con relación a la proximidad a la corriente de agua) en áreas susceptibles de ser inundadas, como vegas fluviales y conos de deyección.

En primer lugar debe determinarse, por medio de estudios geomorfológicos y métodos estratigráficos, la probabilidad de que estos espacios sean escenario de avenidas, y la peligrosidad o virulencia que pueden entrañar semejantes fenómenos. La información obtenida se plasma en los mapas de riesgo, que se tienen muy en cuenta en la posterior asignación de usos al suelo en las áreas estudiadas, por encima de otros criterios de carácter económico, medioambiental y social, que son atendidos en segundo lugar. Las medidas relativas al uso del cauce del río pueden clasificarse en:

Prohibitivas, lo que significa vedar el cauce de avenidas ordinarias, definido por la Ley de Aguas de 1985 como el álveo o cauce natural de una corriente continua o discontinua, a la implantación de determinados usos.

Restrictivas, lo que entraña la obligación de cumplir ciertos requisitos (protecciones, coeficientes de seguridad, ajuste a las normas de construcción de edificios), para obtener el permiso de asentamiento en la denominada zona de restricción. Ésta se corresponde con el cauce de avenidas extraordinarias sujeto por la citada Ley de Aguas a servidumbre en los cinco primeros metros y a una limitación de usos en una franja de cien metros. En ella se excluyen aquellas actividades que supongan un obstáculo para la circulación de las aguas durante hipotéticas avenidas.

Cautelares, tan solo comportan una serie de recomendaciones y la advertencia a los propietarios de la cota a la que puede llegar el nivel de las aguas en sus fincas, si estos pretenden desarrollar alguna actividad en ellas. Estas medidas se aplican en la llamada zona de precaución, la más alejada del cauce, que podría verse afectada en avenidas excepcionales. Esta zona puede ser delimitada por las Comunidades Autónomas o por los Organismos de cuenca competentes, que tienen la potestad para planificar y regular los usos del suelo en estas superficies.

Sistemas de seguros. Esta medida impone la obligatoriedad de asegurar contra inundaciones los edificios y actividades establecidos en áreas inundables. Las primas varían conforme al nivel de riesgo de su ubicación concreta y al seguimiento por parte del propietario de las recomendaciones oficiales respecto a tipologías constructivas, materiales, cotas... De esta manera, las indemnizaciones públicas son limitadas en caso de inundación y el coste derivado del riesgo de un emplazamiento ventajoso, pero inadecuado, es asumido por el beneficiario.

Sistemas de Alarma y Previsión. Son mecanismos que permiten avisar con antelación de la inminencia de una inundación y arbitrar las medidas de protección civil pertinentes (evacuaciones, preparación de equipos de salvamento). Para la detección del fenómeno y la activación de la alerta se dispone de una red para el registro de datos sobre caudales, pluviometría, etc. integrada por herramientas diversas, como sensores, pluviómetros, radares instalados en satélites artificiales, aforos⁴⁷.

A escala estatal funciona el Sistema Automático de Información Hidrológica o S.A.I.H. en diversas cuencas. Se compone de equipos para el registro de datos y de un sis-

tema para la transmisión de los mismos a los centros de decisión, así como de simuladores de avenidas para escenificación de hipótesis. En otras cuencas, existen sistemas similares.

Planes de Protección Civil. Agrupan dispositivos que se ponen en marcha de forma coordinada desde el momento en que salta la alarma hasta el periodo inmediatamente posterior al paso de la avenida. La Directriz Básica de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones (1995) sentó las bases sobre las que se han redactado los Planes de Emergencia estatales, autonómicos y locales. El Plan Base de Protección Civil contra Inundaciones está compuesto por una serie de órganos ejecutivos cuya misión consiste en el rescate, salvamento o evacuación de personas y bienes de singular importancia; en la organización del dispositivo médico-sanitario para la atención de personas heridas; en la identificación de las personas fallecidas; en la cobertura de las necesidades esenciales de la población afectada, como el suministro de agua potable, alimentos y ropa de abrigo; en la reposición de las infraestructuras indispensables para el desarrollo de las acciones recogidas en el Plan y para el desenvolvimiento básico de la población local⁴⁸.



⁴⁷ Las estaciones de aforos, dispositivos empleados tradicionalmente, consisten en instalaciones en puntos idóneos de un curso fluvial donde se llevan a cabo mediciones y se registran datos sobre diferentes parámetros del río, particularmente su caudal.

⁴⁸ COMISIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL: *Estudio de Plan Base de Protección Civil contra Inundaciones*, 1983

La incorporación de criterios medioambientales a los tratamientos fluviales

La conservación de un río exige el mantenimiento de un caudal mínimo, una calidad aceptable de las aguas y una dinámica geomorfológica “natural”.

En primer lugar, toda actuación en el ámbito fluvial debe acomodarse a una premisa como es la de preservar la disposición natural del cauce del río, en el que se pueden distinguir tres bandas⁴⁹: el cauce mayor, ocupado por el agua y los sólidos que transporta; el corredor ripario, o área de transición entre el medio acuático y el terrestre, poblado por el bosque de ribera, y que puede ser afectado por avenidas o crecidas ordinarias del río, al que pertenece geomorfológica y ecológicamente; y las llanuras de inundación, que incluyen los espacios anteriores más la superficie que puede ser anegada durante las crecidas extraordinarias.

Lamentablemente ocurre que en muchos casos, las riberas fluviales ya han sido urbanizadas y las actuaciones ejecutadas previamente con carácter irreversible no dejan apenas margen para tareas de recuperación, que se reducen, por falta de espacio, a una mejora de la vegetación de ribera, a la depuración de las aguas del río, al desvío del río a la afueras de la ciudad, donde se dispone de una mayor superficie, y a la transformación del antiguo cauce en cinturón verde; o en último caso, a tratamientos paisajísticos del cauce, como la realización de paseos urbanos o el mantenimiento artificial de una lámina de agua.

No obstante, en los tramos urbanos de los ríos cuyos cauces aún no han sido depredados por la ciudad, debe llevarse a cabo una labor de integración del río y del espacio urbano, manteniendo unas franjas de transición seminaturales para garantizar una cierta continuidad en la dinámica hidráulica, geomorfológica y biológica de los ecosistemas fluvial y ripario; la preservación del ecosistema de ribera⁵⁰; el respeto al terreno abarcado por el dominio público hidráulico y al perímetro inundable del río; el disfrute por parte de los ciudadanos de estos corredores verdes⁵¹; y un mayor desahogo en la trama urbana.

Las actuaciones de tratamiento de cauces han de cumplir una serie de condiciones para no interferir en el proceso de integración territorial y paisajística del río y la ciudad. El problema radica en que tradicionalmente no se han tenido en cuenta consideraciones medioambientales.

Una de las acciones más polémicas consiste en el abovedamiento de cauces para transformar los ríos en colectores, bien sea porque están muy polucionados o porque se quiere ganar suelo edificable. Esta actuación es discutible porque lapida el ecosistema fluvial e impide la recreación de los ciudadanos en estos espacios. La preservación a cielo abierto y la depuración de las aguas o el control de los efluentes vertidos al curso parece más recomendable.

⁴⁹ DE UREÑA FRANCÉS, J. M^a. Y OTROS (1999): “Ordenación de las áreas fluviales en las ciudades: un enfoque metodológico”, Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, nº 46, págs. 4-15.

⁵⁰ La vegetación ripícola cumple una función esencial pues filtra la escorrentía lateral, aminora la velocidad de llegada al cauce, estabiliza las riberas, acoge, refugia y alimenta a la fauna, regula la insolación del río en el estío y proporciona materia orgánica al cauce.

⁵¹ Una parte de este espacio de transición puede reservarse para usos recreativos y lúdicos de baja intensidad, tales como paseos fluviales, merenderos y otros equipamientos, siempre que no impliquen la afluencia masiva de visitantes ni la hipotética obstaculización de las aguas del río en avenidas extraordinarias.



Dragado de río en Ourense tras unas inundaciones

Otro posible error en el que se ha incurrido es el de sobredimensionar el cauce del río para incrementar su capacidad de desagüe, considerando periodos de retorno muy dilatados. El descenso acusado de la lámina de agua en caudales de estiaje perjudica la vida acuática y en especial la piscícola.

Ocurre también que las obras de defensa de las márgenes, para evitar la zapa de las orillas por parte del río, no suelen separarse de las de defensa contra inundaciones. Si ambas se superponen, el río es canalizado con dureza y aislado de su entorno, con lo que el ecosistema fluvio-ripario se fragmenta. Por el contrario, si los diques contra las inundaciones se retiran de las riberas, ello posibilita la existencia de la interfase ripícola entre la obra de contención y el río⁵². En lo que se refiere a las obras de defensa, es conveniente recurrir a plantaciones, piqueteados y otros sistemas que se integren en el paisaje y que no entorpezcan los intercambios orgánicos entre el río y su ribera. Si esto no es posible y la obra de fábrica se hace

indispensable, deben evitarse los muros verticales de hormigón. Una alternativa a ellos es la de los diques inclinados de escollera, que resisten mejor la erosión de pie, son menos costosos y más sencillos de reparar, pueden albergar vegetación de ribera y facilitan los flujos biológicos entre el ámbito acuático y terrestre. En cualquier caso, parece razonable erigir estas defensas longitudinales allí donde sea imprescindible y evitar la construcción de largos tramos defensivos. Si la actuación requiere de una longitud considerable es recomendable inclinarse por la alternancia de tramos duros de espigón y tramos blandos con plantaciones.

En los últimos tiempos se han diseñado actuaciones estructurales, que si bien no resultan válidas para cauces fluviales ya urbanizados, son más respetuosas que las tradicionales, como la creación de cauces adicionales o la sobreelevación de márgenes⁵³. La creación de cauces adicionales se presenta como una eficaz alternativa a los ensanchamientos y dragados, pues aprovecha aquellos “lechos” que el río ha utili-

⁵² REDONDO FERNÁNDEZ, F. y VARA ESCUDERO, M. (1999): “Encauzamientos en zonas urbanas”, *Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (C.I.C.C.P.)*, n° 46, págs. 18-27.

⁵³ CABRERA CABRERA, M.; SANZ MARTÍN, M.; DE ANDRÉS RODRÍGUEZ-TRELLES, M. (1996): “La actuación denominada acondicionamiento del río”, *Revista de Obras Públicas*, n° 3357, págs. 25-40.

zados en épocas anteriores (paleocauces) o superficies deprimidas que han sido inundadas periódicamente. Con ello se consigue reducir la fuerza del río, al dividir su caudal en diferentes brazos. Esta solución implica, por otro lado, el surgimiento de “isletas” entre los antiguos y los nuevos cauces, que proporcionan un hábitat adecuado a diferentes especies de la fauna y la flora. Un aumento del calado del río sin necesidad de dragar su fondo, se consigue con la sobreelevación de márgenes. Ésta se lleva a cabo siempre por fuera de las orlas de vegetación rípicola alineadas junto al curso fluvial. Consiste en el recrecimiento de las riberas, que son rellenadas con suelo-roca al que se incorpora una parte de tierra vegetal. Ello posibilita la revegetación *a posteriori* con las especies apropiadas. De esta forma el riesgo de desbordamientos se rebaja, sin que ello haya conllevado el arrasamiento del ecosistema ribereño. En ambos casos se realiza una labor de revegetación del bosque de galería.

En este procedimiento deben tenerse en cuenta dos aspectos: por un lado, la ocupación de las márgenes comporta a menudo la expropiación, lo que significa un encarecimiento de la obra. Por otra parte, la asignación de usos a las riberas, ya sobreelevadas, debe hacerse teniendo muy presente que no deben interponerse obstáculos que dificulten la evacuación de las aguas en hipotéticas avenidas de gran alcance.

En segundo lugar, la consideración de las características geomorfológicas del río es vital, pues tanto el trazado del cauce como el sustrato, la irregularidad y la rugosidad del lecho condicionan la diversidad paisajística y ecológica. La fauna y la flora, por ejemplo, cambian según estos parámetros. Sobre este particular, numerosas medidas estructurales para la prevención de inundaciones, como los draga-

dos, rectificaciones de cauces y encauzamientos, pueden quebrar fácilmente esta armonía.

La realización de un dragado o de un encauzamiento desata una serie de procesos erosivos, con el consiguiente arrastre de partículas finas, que aguas abajo se depositan en el fondo del cauce. Estos depósitos uniformizan las superficies del fondo, puesto que los espacios intersticiales originados por cuevas, piedras, ramas, troncos etc., esenciales para muchos animales acuáticos, son rellenados por estos sedimentos. Pero además, dicha capa sedimentaria fangosa y arenosa es muy inestable y móvil, con lo que el reequilibrio biológico no se logra⁵⁴.

Por su parte, las canalizaciones homogenizan el régimen hidráulico del río, porque suprimen la sucesión de remansos y rápidos (aguas lénticas y lólicas) a los que se encuentran adaptados muchos seres vivos, e incrementan la velocidad del agua. Asimismo, al igualar el lecho del río, se eliminan todas sus irregularidades, como las pozas, que salvan a muchos animales acuáticos de ser arrastrados durante las crecidas; pero que también les sirven de refugio cuando se producen bajadas en el nivel del agua.

De igual manera, las rectificaciones de cauces son acciones desaconsejables, porque tienen consecuencias medioambientales muy negativas, ya que alteran el ecosistema e impactan en el paisaje. Pero además modifican la dinámica erosión-sedimentación disparando, por el aumento de la pendiente, los fenómenos erosivos en los tramos rectificadas y la sedimentación aguas abajo, con la consiguiente colmatación de los tramos donde la velocidad de las aguas disminuye y el peligro de desbordamientos inherente a este fenómeno. La corta de meandros es la intervención más característica y puede originar inconvenientes de esta

⁵⁴ MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2001): *Las obras hidráulicas y el medio ambiente*, 768 págs.