

con revestimientos superficiales para mejorar su capacidad de transporte y su impermeabilidad.

Las nuevas técnicas de regadío, de menor consumo de agua, están obligando a sustituir estas conducciones abiertas por conductos cerrados y a presión, normalmente tuberías de diversos materiales y timbrajes.

Las redes de distribución, que permiten situar el agua en cada parcela, suelen ser ramificadas y telescópicas, disminuyendo de sección hacia aguas abajo. En los regadíos de iniciativa pública las conducciones de mayor capacidad, normalmente superior a 250 l/s, fueron construidas por el antiguo Ministerio de Obras Públicas, mientras que las de menor capacidad se llevaron a cabo por el antiguo IRYDA, en el marco de los denominados Planes Coordinados.

En general, los canales principales de transporte son explotados por las Confederaciones Hidrográficas y las redes de distribución por las Comunidades de Regantes. Tanto la aportación al coste de las obras, como los gastos de explotación, conservación y mantenimiento, se incluyen, de acuerdo con la legislación de aguas, en las tarifas anuales de riego que deben satisfacer los usuarios.

La deficitaria recaudación de estas tarifas, junto con una escasa disponibilidad presupuestaria, producen un deterioro progresivo de estas infraestructuras, lo que conviene corregir, mediante programas concretos de rehabilitación, para mantenerlas en plena utilidad.

Actualmente, solo en las cuencas intercomunitarias, y de acuerdo con la Documentación Básica de los Planes Hidrológicos (MOPU-DGOH, 1990), se estima en cerca de 10.000 km la longitud de las conducciones de riego en explotación, con la distribución indicada en la tabla 103.

En la figura 341 se muestra el trazado de las principales conducciones de abastecimiento y riego, así como la localización de los puntos oficiales de control de la red de canales y conducciones.

#### **3.10.1.2.6. Redes de azarbes y drenajes**

Las redes de azarbes permiten recoger las aguas sobrantes del riego y conducir las a otros puntos de utilización situados aguas abajo. Normalmente están constituidos por zanjas trapeciales sin revestir, que forman una red ramificada de sección creciente que desagua en los arroyos de la zona. Se trata de redes de gran importancia, pues al drenar el terreno evitan su encharcamiento y la consiguiente salinización.

Su construcción, explotación y mantenimiento están sujetos a los mismos criterios y condicionantes que las redes de distribución, aunque requieren limpiezas más frecuentes por la proliferación de carrizos y enneas.

#### **3.10.1.2.7. Redes de caminos de servicio**

En las zonas de regadío transformadas con intervención del Estado se han construido caminos de servicio cuyo trazado discurre paralelo y próximo a las conducciones de riego y azarbes principales. Facilitan la construcción y explotación de la infraestructura del regadío y el acceso a las diferentes fincas. Normalmente constan de afirmados débiles (macadam o zahorra), con perfiles longitudinales prácticamente horizontales, y aunque su tránsito es de escasa intensidad y velocidad, suelen deteriorarse con facilidad. En la actualidad esta red supera los 10.000 km de longitud.

Algunos de estos caminos llegan a ser de interés local como accesos a núcleos urbanos, por lo que se excluyen de la tarificación y su gestión se transfiere a otros Organismos ajenos a la propia Administración hidráulica.

#### **3.10.1.2.8. Instalaciones de tratamiento de aguas potables**

La construcción, explotación y conservación de estas infraestructuras de potabilización corre a cargo de los municipios, bien de forma independiente o agrupados en mancomunidades, y con su gestión a veces encomendada a empresas privadas, como ya se ha indicado, o desempeñada por Organismos Públicos.

En España existen numerosas instalaciones de este tipo, en las que la línea de tratamiento generalmente utilizada es la integrada por los procesos de coagulación-floculación, sedimentación, filtración por arena y desinfección por cloro. No obstante, algunas estaciones de tratamiento de agua potable utilizan complementariamente procesos más completos de tratamiento como pueden ser la ozonización (cerca del 10% del total), y la filtración por carbón activo granular (GAC), destinados a eliminar compuestos orgánicos disueltos y a mejorar las cualidades organolépticas del agua.

La nueva Directiva Comunitaria relativa a la calidad del agua para consumo humano podría suponer en algunos casos la adopción de modificaciones en las estaciones de tratamiento existentes, especialmente para adaptarlas a los límites indicados en cuanto a los subproductos generados en la desinfección (trihalometanos).

#### **3.10.1.2.9. Instalaciones de tratamiento de aguas residuales**

Este tipo de infraestructuras también son de competencia municipal. En la actualidad no existen instalaciones suficientes para atender a toda la población, aunque el Plan Nacional de Saneamiento y Depuración en ejecución, descrito en secciones anteriores, establece los plazos para su extensión a todo el territorio nacional,

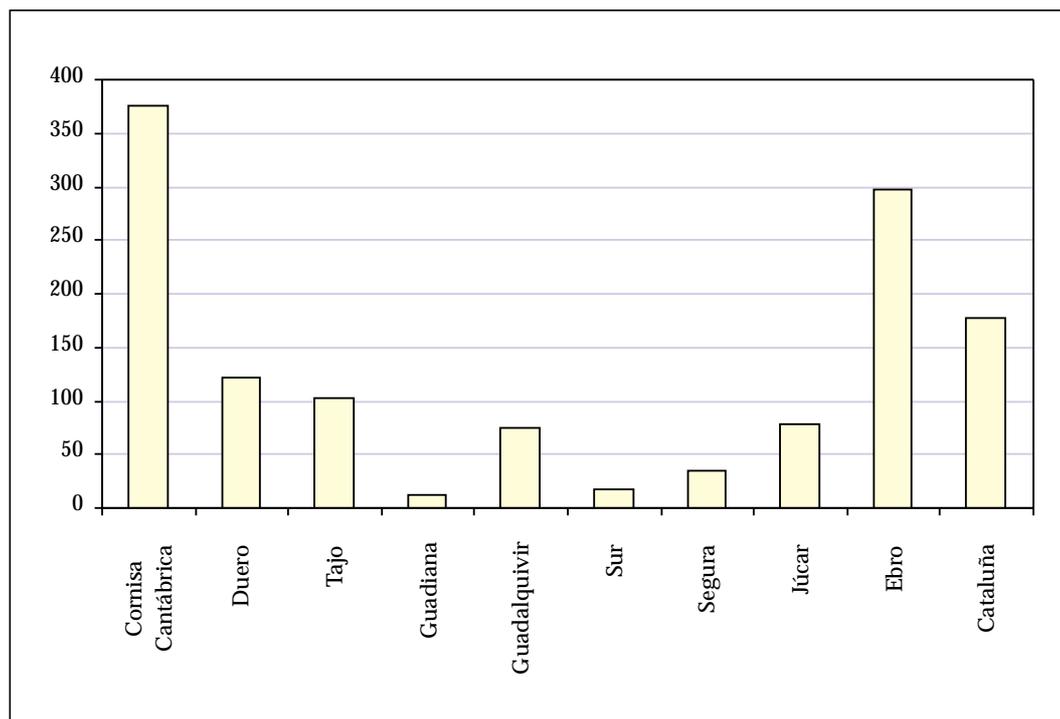


Figura 342. Número de centrales hidroeléctricas en distintas cuencas

mediante una actuación coordinada de las Administraciones Central, Autonómica y Local.

Se puede constatar que un número relativamente importante de las estaciones de depuración de aguas residuales, construidas en los años 70, han fracasado por falta de medios técnicos y económicos para afrontar su gestión, sobre todo en los pequeños municipios.

La situación actual es bien distinta ya que, sin perjuicio de que sigan existiendo instalaciones que no operan de forma óptima, y con rendimientos inferiores a los esperados, ha mejorado la gestión de los sistemas de depuración debido, por un lado, a una mejor disposición de los Servicios y Empresas municipales y, por otro, a la creación de Entes supramunicipales de Gestión y a la recaudación del canon de saneamiento en muchas Comunidades Autónomas.

Los tratamientos más comúnmente empleados son los de tipo secundario (biológico), de acuerdo con las pautas señaladas en la Directiva 91/271, reservándose los tratamientos más avanzados para aquellas aglomeraciones urbanas que afectan a zonas sensibles definidas de acuerdo con la citada Directiva.

#### 3.10.1.2.10. Instalaciones de reutilización de aguas residuales

Existen en torno a 125 actuaciones de reutilización de aguas residuales depuradas en funcionamiento, aunque solamente un 30% de ellas cuenta con algún tipo de tra-

tamiento terciario. Del orden de un 50% del volumen total reutilizado en España procede de las 10 instalaciones más importantes (Valencia-Pinedo I, Palma de Mallorca, Valencia-Quart Benager, Murcia, Almería, Benidorm, Jerez de la Frontera, Cartagena, Elche y Sur de Gran Canaria), pero tan sólo tres de ellas disponen de tratamiento de regeneración. Todo ello está impidiendo el aprovechamiento completo de este recurso.

#### 3.10.1.2.11. Instalaciones de desalación

En España existen más de 300 instalaciones de desalación de tamaños muy variables, de las cuales aproximadamente el 16% son de agua de mar y el resto de agua salobre, con una capacidad total de 222 hm<sup>3</sup>/año.

A lo largo de los últimos años se han ido sustituyendo de forma paulatina aquellas instalaciones de desalación que contaban con tecnologías más antiguas por otras más modernas de mayor eficiencia, por lo que actualmente puede considerarse que el conjunto se encuentra en condiciones operativas.

Únicamente las Palmas I (20.000 m<sup>3</sup>/día) y las Palmas II (18.000 m<sup>3</sup>/día) siguen funcionando con sus instalaciones originales, si bien no a plena producción, acometiéndose en la actualidad las obras de sustitución de la primera de las citadas.

Si en un principio estas instalaciones de desalación se limitaban a las islas y a Ceuta y Melilla, las últimas sequías han ampliado su ámbito de utilización a la costa peninsular mediterránea.

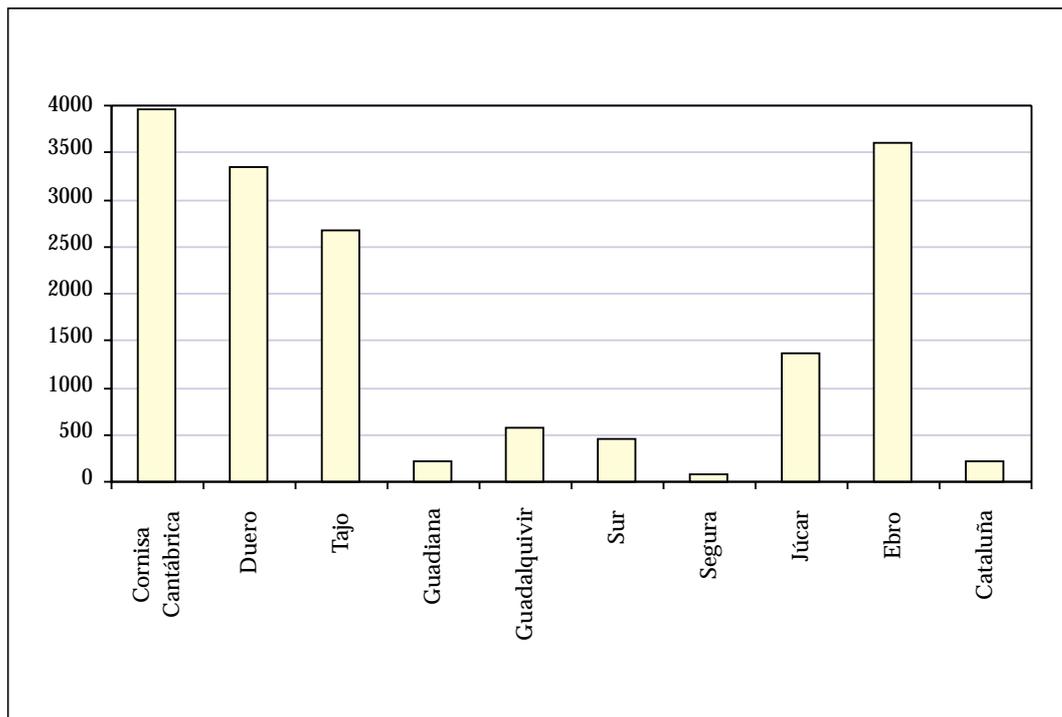


Figura 343. Potencia instalada en distintas cuencas (Mw)

### 3.10.1.2.12. Aprovechamientos hidroeléctricos

España, con cerca de 17.000 MW de potencia instalada, cuenta en la actualidad con uno de los parques hidroeléctricos más desarrollados del mundo. Sólo países de grandes dimensiones como Estados Unidos, Canadá o Rusia, o países con grandes recursos hidráulicos y muy montañosos como Suecia y Noruega, cuentan con un parque hidroeléctrico mayor que el español.

Existe una gran diversidad de centrales, tanto en lo que a potencia se refiere como en alturas de salto, capacidades de embalse, etc.

En la actualidad existen veintidós centrales con una potencia superior a 200 MW que suman 8.637 MW, esto es, el 52% de la potencia instalada. Otras quince instalaciones tienen una potencia instalada entre 100 y 200 MW y suponen el 12% de la potencia total. El resto de las centrales, hasta sumar el total de 1.300 existentes, tienen una potencia unitaria menor de 100 MW.

Gran parte de la potencia instalada en los últimos años lo ha sido en instalaciones de bombeo, tanto puro como mixto. En efecto, de los 6.200 MW hidroeléctricos instalados desde 1969, 4.300 MW corresponden a centrales de bombeo. Actualmente la potencia de estas

centrales asciende a 4.900 MW de las cuales 2.400 MW son centrales de bombeo puro, esto es, centrales cuyo embalse superior no recibe aportaciones naturales significativas.

En cuanto a la distribución de la potencia instalada por cuencas hidrográficas, existen grandes diferencias, como se aprecia en las figuras 342 y 343 (Fuente: MOPU 1990). Mientras que la Cornisa Cantábrica cuenta con una potencia de 3.960 MW, distribuida en 376 centrales, y la cuenca del Ebro tiene 3.610 MW en 297 centrales, la cuenca del Guadiana alberga únicamente 12 centrales, con 211 MW y la del Segura tiene 34 centrales con 75 MW.

La evolución histórica registrada en las diferentes cuencas hasta alcanzar el nivel de equipamiento actual puede apreciarse en la figura 344.

Desde el punto de vista de la regulación, la distribución de la potencia hidroeléctrica instalada entre los diferentes tipos de centrales es la mostrada en la tabla 104 (datos de UNESA).

Estos aprovechamientos, que siempre quedan sometidos al régimen establecido por la Comisión de Desembalses si aprovechan infraestructuras construi-

Tabla 104. Distribución de la potencia hidroeléctrica instalada según tipos de centrales

Tipo de central	Porcentaje de la potencia instalada
Caudal fluyente	18
Caudal regulado	67
Bombeo puro	15

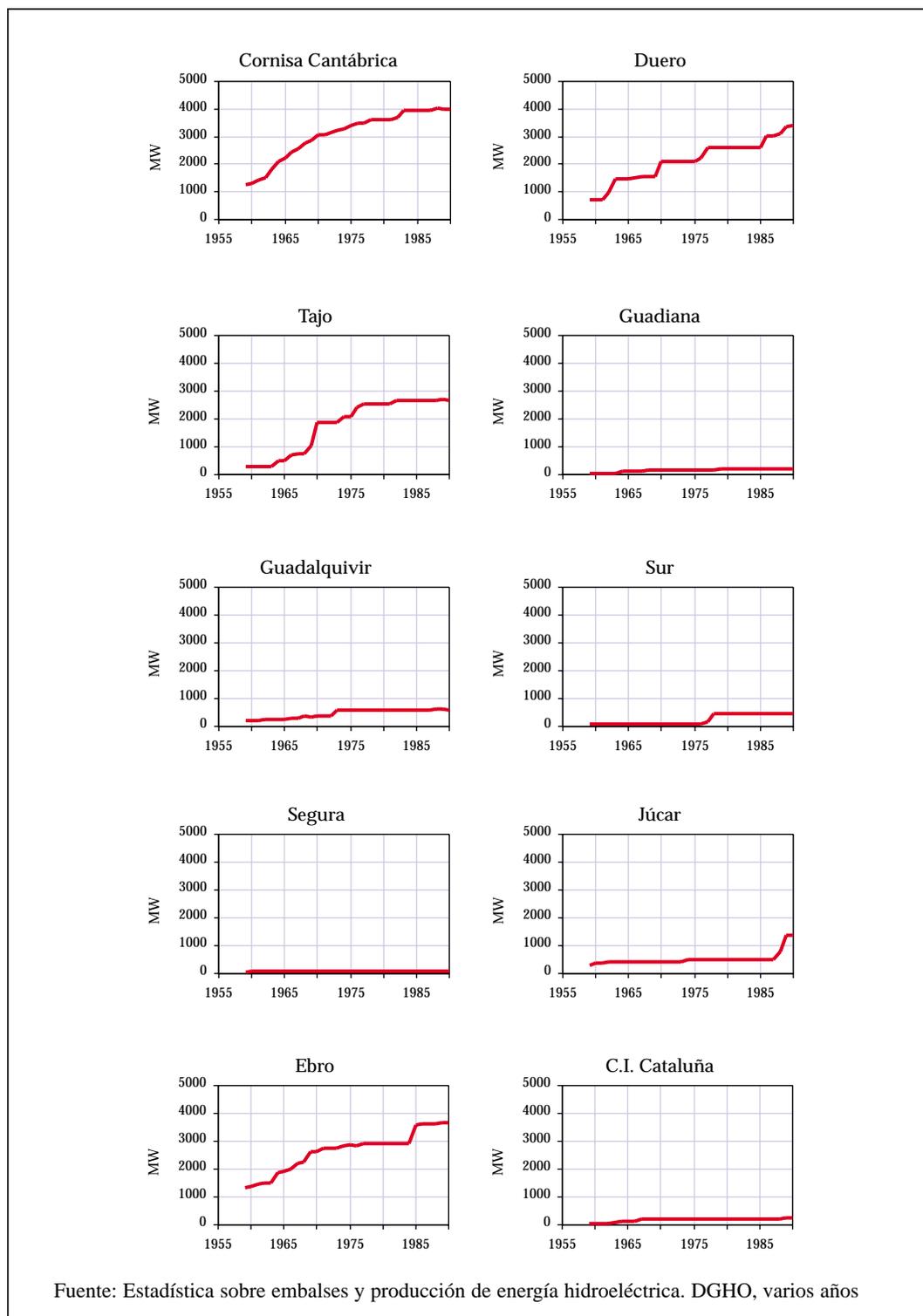


Figura 344. Evolución de la potencia hidráulica instalada en las diferentes cuencas

das para otros fines, condicionan su funcionamiento a la atención de las demandas de otros usos de mayor prioridad, por lo que algunas presas de regulación disponen aguas abajo de un contraembalse que posibilita la modulación necesaria para compatibilizar el suministro de los usos prioritarios y la producción de energía hidroeléctrica.

Abonan, en su caso, el canon de producción, o el de la regulación si se benefician de ella.

### 3.10.1.2.13. Instalaciones de navegación y transporte

Desde tiempos muy remotos, la navegación fluvial se consideró una fuente importante de riqueza para las ciudades ribereñas que podrían disfrutarla. Son muy numerosos los ejemplos de iniciativas tomadas para favorecer este uso, sobre todo desde el siglo XVI, y, singularmente, durante el Reformismo Ilustrado, obsesionado por las comunicaciones y, en consecuencia, por las

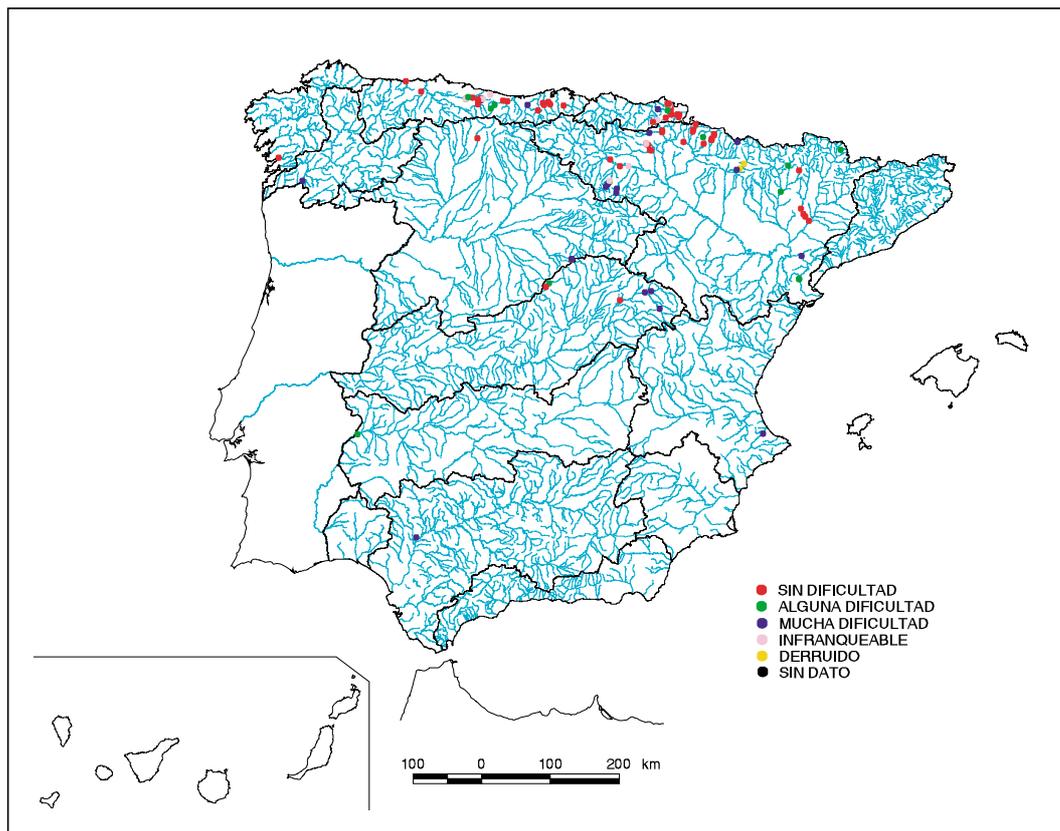


Figura 345. Mapa de pasos para peces identificados y grado de dificultad

vías navegables (v. p.e., López Gómez, 1998; o el singular Razonamiento de Pérez de Oliva, 1524).

Sin embargo, y salvo destacadas excepciones, esta preocupación no cristalizó en realizaciones prácticas, y la navegación y transporte fluvial no alcanzó el importante desarrollo de otros países como Francia o Inglaterra.

Hace ya tiempo que desaparecieron las antiguas actividades de transporte de maderas que se realizaban en algunos ríos españoles, como el Segre, el Sorbe, el alto Segura o el Tajo, o el transporte de carbón mediante barcazas en el Ebro. Una descripción de distintos proyectos de navegación llevados a cabo en este último río, y de cómo se concebía la navegación fluvial a comienzos de siglo puede verse en Lorenzo Pardo (1920).

La navegación en canales tampoco ha prosperado en nuestro país. Algunos canales que tuvieron la navegación como uno de sus fines primordiales, como el Canal Imperial o el Canal de Castilla, que se utilizó para el transporte de cereales en barcazas arrastradas por caballerías, han acabado por atender exclusivamente usos de riego y abastecimiento de población.

Actualmente, la navegación comercial se limita prácticamente al tramo bajo del Guadalquivir, que permite el tránsito de barcos de pequeño y mediano tonelaje, contando con las esclusas situadas junto a la dársena del puerto de Sevilla.

Por contra, en las últimas décadas se ha incrementado la navegación de carácter deportivo tanto en embalses como en los tramos de algunos ríos acondicionados para ello, pero es claro que con unas características completamente distintas que las que inicialmente tuvo esta actividad. Los casos del Guadiana y el bajo Ebro son bien ilustrativos al respecto.

#### 3.10.1.2.14. Sistemas de corrección hidrológico-forestal

La DGOHCA y las Confederaciones Hidrográficas han contado tradicionalmente con Servicios de Aplicaciones Forestales dedicados, fundamentalmente, a la corrección de torrentes y a la repoblación forestal, actuando en coordinación con otros Organismos del Estado y de las Comunidades Autónomas para reducir la erosión y evitar el arrastre de sólidos por los ríos, con el consiguiente aterramiento y pérdida de capacidad de los embalses.

Las actuaciones realizadas han sido numerosísimas, y sus resultados pueden calificarse, en general, como excelentes.

Sin embargo, con el paso del tiempo este importante Servicio ha venido sufriendo un paulatino proceso de abandono, habiéndolo incluso desaparecido en algunas Confederaciones. La reciente unificación en el Ministerio de Medio Ambiente de los servicios del

antiguo ICONA, hoy Dirección General de Conservación de la Naturaleza, y de la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas, a la que se adscriben las Confederaciones, podría propiciar una reconsideración organizativa y un nuevo impulso a esta importante cuestión.

#### 3.10.1.2.15. Pasos para peces

De acuerdo con un inventario realizado en 1995 (Elvira et al., 1995) se han catalogado 108 pasos para peces, de los que aproximadamente el 30% es de reciente construcción (posterior a 1990). La mayoría de los pasos están situados en ríos salmonícolas, encontrándose muy pocos que faciliten el movimiento de otros peces migradores.

El tipo de dispositivo más utilizado es el de estanques sucesivos, también denominado escala, cuya utilización sólo resulta aconsejable cuando el obstáculo no sobrepasa los 10 m, aunque en algún caso se han instalado en obstáculos de mayor altura. Algo más de la mitad de los pasos estudiados se consideran útiles, es decir, resultan franqueables y se conservan en buen estado, mientras que el resto de los pasos estudiados requeriría algún tipo de mejora. Las cuencas del Norte y el Ebro destacan por el estado de conservación de sus pasos.

Además de las escalas existen otros sistemas para remontar obstáculos, tales como ríos artificiales, esclusas o ascensores para peces. Para facilitar la migración de bajada se utilizan barreras físicas, de comportamiento y sistemas de derivación. Aunque es obligatoria la instalación de rejillas en las tomas y canales de derivación para impedir el paso de los peces, existen muchos casos en los que no se dispone de ellas. Una reciente monografía sobre estos dispositivos es la de Elvira et al. (1998).

En la figura 345 se han señalado los pasos para peces identificados en el año 1995, indicando su grado de dificultad. Posteriormente se han realizado otras actuaciones en distintas zonas, como Asturias.

Un problema existente es el de la financiación de las escalas o pasos que se consideren convenientes, y que afecten a aprovechamientos con concesiones antiguas, sin clausulado al respecto. De no ser repercutible al concesionario, la incorporación de este coste a las actuaciones de protección ambiental, saneamiento, depuración o mejora de riberas podría ser el camino para su solución.

#### 3.10.1.2.16. Encauzamientos y defensas de márgenes

Los encauzamientos se diseñan para dotar al río de una mayor capacidad de transporte, lo que se consigue

aumentando su sección, disminuyendo su rugosidad mediante limpiezas de cauce y revestimientos, o aumentando su pendiente acortando y rectificando su traza.

Algunos ejemplos de este tipo de actuaciones son las cortas y los encauzamientos ejecutados en el río Guadalquivir a su paso por Córdoba y Sevilla, los de los ríos Rubí y Besós en Cataluña, el del río Segura, desde Contraparada hasta su desembocadura, o la solución sur de Valencia, consistente en un desvío fuera de la ciudad de las aguas del Turia mediante un nuevo cauce de unos 12 km de longitud.

Se estima que la longitud de los tramos de ríos tratados con este tipo de actuaciones alcanza unos 2.500 km y los problemas que plantean ya han sido comentados en epígrafes anteriores.

### 3.10.2. Valoración del patrimonio hidráulico

El ingente conjunto de infraestructuras brevemente comentado en secciones anteriores constituye un patrimonio tanto histórico como actual de enorme importancia en términos de utilidad pública y de economía.

Si ceñimos el concepto de patrimonio hidráulico al conjunto de infraestructuras hidráulicas propiedad del Estado, una reciente estimación (MOPT, 1993b) de su valor económico de reposición arroja las cifras de 2 billones de pesetas para las presas de embalse, otros dos billones para las conducciones de abastecimiento y riego, y 0,7 billones para las obras de defensa contra inundaciones.

En consecuencia, el total del valor de reposición del patrimonio hidráulico estatal español puede estimarse en casi 5 billones de pesetas.

Si se comparan estas estimaciones con los resultados de aplicación del régimen económico-financiero, expuestos en epígrafes previos, puede concluirse que el cobro anual de la Administración Hidráulica por el concepto de la regulación fluvial no alcanza ni el 0,2% del coste de reposición de las infraestructuras públicas de regulación, mientras que el cobro anual de la tarifa de utilización del agua supone el 0,5% del valor de reposición de las conducciones, porcentaje que se reduce a la mitad si se excluye el trasvase Tajo-Segura.

Por otra parte, existe un importante patrimonio hidráulico de concesionarios que, para las empresas integradas en UNESA, se estimó en 1997 en unos 2,4 billones de pesetas en términos de valor de reposición.

### 3.10.3. Conservación, mantenimiento, reposición y modernización de infraestructuras

Las Confederaciones Hidrográficas, en cumplimiento de las funciones asignadas en la Ley de Aguas (art.

21), explotan aquellas infraestructuras hidráulicas realizadas con fondos propios o que les hayan sido encomendadas por el Estado. En el desarrollo de estas funciones son responsables de mantener la operatividad de dichas infraestructuras, lo que implica su conservación y mantenimiento durante el periodo de vida útil, así como su reposición una vez concluida ésta.

La gran magnitud del patrimonio constituido por las infraestructuras hidráulicas implica unas labores de conservación muy elevadas y costosas. En el caso de infraestructuras de regulación se estima que el coste anual de estas labores podría suponer del orden del 0,5% del valor de la inversión; para otros tipos de infraestructuras este valor puede oscilar entre el 1 y el 2% de la inversión.

Contrastando tales porcentajes con la valoración del patrimonio anteriormente expuesta, y con las cifras de cobro de la Administración hidráulica por estos conceptos, se concluye que sería necesario, en grandes números, multiplicar por tres el cobro del canon de regulación, y por cuatro la tarifa de utilización del agua (excluido el trasvase Tajo-Segura), y ello únicamente para cubrir el coste anual de conservación de las obras.

Parte de las labores de conservación y mantenimiento pueden llevarse a cabo con los equipos que efectúan la propia explotación de las infraestructuras. Sin embargo, en otros casos es necesario recurrir a prestaciones de origen externo.

La experiencia demuestra que, en general, la vida útil real de las infraestructuras hidráulicas es superior a la contemplada en la normativa para su amortización (cincuenta años en las de regulación y veinticinco años para las restantes). En otras palabras, terminado el periodo fijado para la amortización de las infraestructuras, éstas se hallan aún en condiciones de prestar servicio. Por ello, no se considera la reposición en las tarifas de amortización. Sin embargo, en algunos casos singulares (elementos electromecánicos, plantas de tratamiento, desaladoras, etc.) su vida útil está determinada por la aparición de nuevas tecnologías más complejas y costosas, lo que plantea dificultades adicionales para su renovación. En estas condiciones, podría plantearse que la amortización prevista en la ley para estas infraestructuras incluyese el coste de su reposición, de acuerdo con los progresos tecnológicos.

La modernización de las infraestructuras hidráulicas constituye una orientación básica para alcanzar los objetivos de racionalidad y eficiencia en la gestión de los recursos hídricos.

Uno de los principales problemas que presenta la modernización de infraestructuras es su repercusión

económica entre los distintos agentes implicados. Como es evidente, las ventajas inherentes a la modernización deben superar a sus inconvenientes, entre los que cabe destacar la normalmente elevada cuantía de la inversión requerida. La legislación hidráulica, salvo lo previsto en la Ley de 1911, que sólo se aplica a la mejora de regadíos, dedica escasa atención a la modernización de infraestructuras, por lo que las previsiones relativas a su financiación son mínimas.

Es previsible que en el futuro se multipliquen las actuaciones de mejora y modernización de infraestructuras hidráulicas, especialmente en el sector del regadío, por lo que sería necesario colmar el vacío legal que parece existir en este campo concreto.

#### **3.10.4. Seguridad de infraestructuras, el Reglamento técnico**

Las infraestructuras hidráulicas, especialmente las presas de embalse, pueden reducir de forma considerable los daños producidos en las áreas situadas aguas abajo de las mismas. En sentido contrario, en el caso de un fallo estructural de las mismas, improbable pero no imposible, se podrían producir importantes daños en esas mismas áreas, que, en algunos casos, podrían llegar a alcanzar proporciones catastróficas.

Para minimizar la posibilidad de fallo de las presas se han elaborado diversas normas. La Instrucción para el proyecto, construcción y explotación de grandes presas persigue, en sus distintos apartados, proporcionar la máxima seguridad para estas infraestructuras. Por su parte, el reciente Reglamento técnico sobre seguridad de presas y embalses, que, aprobado por Orden Ministerial de 12 de marzo de 1996, incorpora nuevos criterios y restricciones, de acuerdo con el actual estado de la tecnología.

##### **3.10.4.1. Antecedentes**

Desde la aprobación, por O. M. de 31 de marzo de 1967, de la *Instrucción para el Proyecto, Construcción y Explotación de Grandes Presas*, se había sentido la necesidad de actualizarla y, a tal efecto, la *Comisión Permanente de Normas para Grandes Presas*, creada por O. M. de 15 de enero de 1959, celebró diversos coloquios entre especialistas en presas, a partir de 1979. La rotura de la presa de Tous incrementó esta necesidad de renovación de la Instrucción, pero los citados coloquios entre técnicos pusieron de manifiesto que, con el tiempo transcurrido desde su puesta en vigor, su actualización requeriría cambios tan sustanciales, de acuerdo con la evolución de la seguridad de presas en el mundo, que resultaba prefe-

rible redactar una nueva Norma que se encargó a la citada Comisión Permanente de Normas.

Esta Comisión redactó un documento que, con algunas modificaciones realizadas por la Dirección General de Obras Hidráulicas, dio lugar al vigente Reglamento Técnico, aprobado finalmente, como se indicó, en 1996.

### 3.10.4.2. Conceptos básicos

El Reglamento se distingue conceptualmente de la Instrucción por ser una norma de carácter abierto, de acuerdo con la tendencia mundial actual en la materia. Es decir, mientras la Instrucción es un conjunto de soluciones técnicas concretas de aplicación en cada una de las fases de la vida de una presa, el Reglamento contiene criterios de seguridad de carácter general que deben tenerse en cuenta para prevenir y limitar los riesgos sociales y medioambientales que las presas pueden representar.

Cuando se aprobó el Reglamento se consideró aconsejable, dada su complejidad e implicaciones, que su aplicación fuera progresiva. En este sentido, se limitó su aplicación, en una primera etapa, a las presas y embalses cuya titularidad corresponde al Ministerio de Medio Ambiente así como a aquéllas, independientemente de su titularidad, que sean objeto de concesión administrativa por parte de dicho Departamento Ministerial o de sus Organismos Autónomos, a partir de la entrada en vigor de la Orden. Para el resto de presas y embalses continua siendo de aplicación la Instrucción.

El criterio esencial del Reglamento Técnico es la clasificación de las presas en tres categorías A, B ó C, en función del riesgo potencial que pueda derivarse de su posible rotura o de su funcionamiento incorrecto, aplicando exigencias de seguridad distintas a cada presa según su clasificación. El Reglamento se distingue, asimismo, por otros aspectos como poner gran énfasis en la seguridad, prestar atención especial a la explotación de las presas, exigir revisiones periódicas de las presas de carácter preventivo, exigir Planes de Emergencia para las presas de categoría A ó B (las de mayor riesgo), exigir la Programación de la puesta en carga de las presas y, para todo ello, que se mantenga permanentemente actualizado un Archivo Técnico de la presa.

Hay que señalar que los plazos para cumplir los nuevos requisitos exigidos a las presas, tales como su clasificación según el riesgo potencial, la actualización del Archivo Técnico, los Planes de Emergencia y las revisiones periódicas, han sido formulados de forma bastante estricta.

### 3.10.4.3. La situación actual

A la luz de lo expuesto, la situación actual de la seguridad de presas se caracteriza por los siguientes rasgos básicos:

- Heterogeneidad normativa. Se aplican simultáneamente el Reglamento y la Instrucción, lo que es incoherente porque la seguridad es un concepto global.
- Bajo rango legal del Reglamento. Una Orden Ministerial resulta insuficiente en la actualidad para regular un tema de esta trascendencia.
- Financiación insuficiente para atender las exigencias del Reglamento en los plazos previstos. Esto hace que en la actualidad el grado de cumplimiento del Reglamento aún no sea el de su pleno desarrollo.
- Dotación de medios escasa para controlar la seguridad de forma óptima.

Para mejorar las condiciones de seguridad se podrían requerir, entre otras, las siguientes medidas:

1. Elaboración de una Ley de Seguridad de Presas. Aunque no resulta una medida absolutamente necesaria, ofrecería algunas ventajas importantes, pues evitaría el vacío competencial actualmente existente, tendría mayor capacidad coactiva que el Reglamento, y eliminaría la actual heterogeneidad normativa. En el período de tiempo hasta que se promulgase la Ley, sería conveniente ampliar la aplicación del Reglamento a todas las presas.
2. Creación de una organización específica para gestionar la seguridad, con personal y medios suficientes para desarrollar su labor.
3. Disponibilidad financiera para que se puedan cumplir en un plazo razonable las exigencias de seguridad recogidas por la normativa.

### 3.10.5. Régimen jurídico de las obras hidráulicas

Examinados los aspectos tecnológicos de las infraestructuras hidráulicas, es conveniente considerar, con alguna extensión, su actual régimen jurídico. La importancia del asunto es grande pues, como se verá, incide de forma directa sobre los procesos de decisión, programación y financiación de estas actuaciones, y presenta unas complejidades y deficiencias que será necesario resolver a corto plazo. Una exposición de la situación actual puede verse en Embid Irujo (1995).

#### 3.10.5.1. Antecedentes históricos

Los antecedentes histórico-jurídicos relativos a las obras hidráulicas como parte de las obras públicas

se pueden establecer en dos etapas o fases, la primera la relativa al Antiguo Régimen -en la que básicamente se produce la patrimonialización de las aguas, reservadas por los reyes como regalías- y la segunda a partir de la Constitución de 1812, fecha en la que, como se apunta en otros epígrafes, surgen los conceptos básicos del ordenamiento jurídico de las aguas en España.

En esta segunda etapa, que empieza a partir del año 1812 y se afirma con carácter propio a partir de 1836, se formulan los nuevos principios del Estado, dando lugar al nacimiento del derecho público y administrativo especial, y organizándose con legislación propia los Ayuntamientos; la Administración de Justicia, en la que se crea una jurisdicción especial la contencioso-administrativa, independiente de la ordinaria; las obras públicas, regulando los canales de navegación, de riego, los caminos vecinales, los ferrocarriles, las minas, etc.

De la variada normativa que antecede a la Ley de Obras Públicas vigente, se puede citar la Instrucción para promover y ejecutar las Obras Públicas, aprobada por RD de 10 de octubre de 1845, que determina por primera vez como obras públicas "los canales de navegación de riego y desagüe, ..., el desecamiento de lagunas y terrenos pantanosos... y cualesquiera otras construcciones que se ejecuten para satisfacer objetos de necesidad o conveniencia general", lo que permitía al Estado reclamar su competencia sobre los particulares. Las obras públicas, se clasificaban por vez primera en estatales, provinciales y municipales, y se podían ejecutar por contrata o por administración, debiendo preferirse las contratas siempre que existan partidas presupuestarias.

El Estado se preocupó de la relación existente entre la regulación de la obra pública y la forma de ejecutarla a través de la expropiación forzosa. Así, la Ley de Expropiación Forzosa de 1836 establecía que las obras públicas declaradas por el Estado se consideraban de utilidad pública a efectos expropiatorios. La Ley de 2 de abril de 1845, se atribuía la competencia de los Consejos Provinciales como Tribunales especiales administrativos y al Consejo Real por medio de la Ley de 6 de julio del mismo año, sobre aquellas materias destinadas al uso y distribución de los bienes y aprovechamientos provinciales y comunales y el curso, navegación y flote de los ríos, canales y a las obras realizadas en los márgenes y cauces de las corrientes. La Instrucción de Gobernadores aprobada por RD de 28 de diciembre de 1849, regulada en tres secciones, atribuye la tercera a los caminos, canales, puertos y demás Obras Públicas, otorgando plenas competencias a estas autoridades para la gestión de estos asuntos. La RO de 12 de junio de 1859 crea una nueva

Sección de Fomento, encargada de la gestión de las obras públicas, haciendo expresa mención, en su Exposición de Motivos, de la preparación de la Ley de Aguas de 3 de agosto de 1866.

El primer proyecto de Código Civil de 1851, recogía tres conceptos diferenciados agrupados en un solo art., el 33, en donde la Ley de Aguas de 1866, la Ley Hipotecaria de 1864, la de Minas de 1868 y la Ley de Obras Públicas de 1877, quedaban reflejadas en el proyecto del primer cuerpo jurídico. Se consideraban de dominio público los bienes destinados al uso público, como los caminos, canales, vías, torrentes, las riberas y los destinados a algún servicio público o al fomento de la riqueza nacional, como las murallas y demás obras destinadas a la defensa del territorio. El art. 384 distinguía los de dominio público y los de naturaleza privada y el art. 385 considera entre los primeros los que pertenecían al Estado, al Patrimonio Real o estaban adscritos a las provincias o a los municipios.

Dos rasgos, pues, esenciales, definitorios del dominio público, y que conviene retener: uso o servicio público; y junto a ello, un conjunto de normas - variadas y relativamente dispersas - que no avanzan en la caracterización de las obras hidráulicas más allá de su consideración como instrumentos para satisfacer necesidades o conveniencias generales.

### 3.10.5.2. Legislación de obras públicas.

#### Antecedentes planificadores y situación actual. La conjunción de leyes

Partiendo de los antecedentes históricos anteriormente expuestos se puede establecer que el concepto de obra pública viene referido al concepto de dominio público y al de servicio y uso público, comprendiéndose las obras, los suministros, los servicios y las actuaciones administrativas relacionadas con el fomento y la utilidad pública. El art. 1º de la Ley de Obras Públicas de 1877 entiende por obras públicas las que sean de general uso y aprovechamiento y las construcciones destinadas a servicios que se hallen a cargo del Estado, la Provincia y el Municipio. Les corresponde elaborar los proyectos y ejecutar las obras públicas, su explotación y conservación al Estado, la provincia o el Ayuntamiento, dentro de sus respectivas competencias. Corresponden al Estado las obras que figuren en los Planes Generales que deben de costearse con los fondos presupuestarios aprobados por Ley, las obras de encauzamiento, el desagüe de los pantanos, lagunas y albuferas de propiedad del Estado, los canales de riego y los trabajos relativos al régimen de aprovechamiento y policía de las aguas, encauzamiento de los ríos, desecación de lagunas y saneamiento de terrenos. Los particulares o Empresas pueden realizar obras -sin otras

limitaciones que las que se impongan en Reglamentos-destinadas al uso general y la desecación de lagunas y pantanos mediante concesión administrativa.

La gestión económica de las obras públicas del Estado se ejecutará con cargo a los Presupuestos que deberán ser aprobados por la Ley de Presupuestos o mediante Ley especial. La ejecución de una obra pública lleva implícita la declaración de utilidad pública. La legislación de la contratación de obras públicas está contenida en el RD de 13 de marzo de 1903, estableciendo tres procedimientos (subasta, concurso y destajos) para llevarse a cabo.

Como se aprecia, existe una estrecha relación entre obra pública, interés público y Plan General costeados con fondos presupuestarios aprobados por Ley.

Los Planes de Obras Públicas se impusieron por primera vez en la Ley de Obras Públicas como consecuencia del establecimiento de una nueva política hidráulica renovadora que impulsó el pensamiento regeneracionista de 1898, representado por Macías Picavea y Joaquín Costa. Promulgada la Ley de OP se exigía que la planificación de las obras tenía que figurar en Ley y que no podían ejecutarse si no existían aprobadas las partidas correspondientes en otra Ley, la de Presupuestos del Estado. Debía darse pues la conjunción de dos leyes distintas: la declaratoria de planes o actuaciones fundadas en el interés general, y la de presupuestos del Estado, que debía dotar económicamente estas obras previstas. La realidad es que esta conjunción raramente se daba con armonía, y era frecuente que se declarasen actuaciones hidráulicas de interés general que permanecían años o décadas -algunas incluso persisten hasta hoy- esperando dotación presupuestaria. Cuando ésta llegaba -si es que lo hacía- el contexto podía ser bien diferente de aquél en el que se concibió y propuso la actuación.

Abundando en esta idea, correspondería a la legislación de Obras Públicas la determinación del concepto de planificación, estableciendo que las Obras Públicas y el Plan de las mismas son elementos unidos que forman parte de un todo. En este sentido el art. 20 de la Ley de OP determina que el Ministerio de Fomento formará oportunamente los Planes Generales de Obras Públicas, en donde se establecerá la clasificación de las mismas por su orden de preferencia. Este artículo constituye el antecedente jurídico más inmediato de lo que debía de considerarse como la planificación (estudio de opciones y prioridades) y, dentro de ésta, de la planificación hidrológica, al regular los términos referenciales para poder llevar a cabo las obras, como los de la situación geográfica, consideraciones técnicas, clasificación de las obras y sus aprovechamientos, preferencias, y elementos esenciales para poder ejecutarlas. La realidad es que tal planificación y priorización no se llevó a efecto, sustituyéndola por una serie

de Leyes o Decretos, inconexos en la mayoría de los casos, que reflejaban las distintas situaciones coyunturales que atravesaba el país, y que movidos con frecuencia por presiones, sesgos personales, e intereses políticos de corto alcance, estaban ausentes de verdaderos criterios coordinadores y racionalizadores.

La Ley de Obras Públicas sólo puede recibir un comentario benévolo respecto a que la técnica jurídica no ha variado desde la fecha de su promulgación en 1877, y a que reciba el unánime criterio favorable de la doctrina, al considerar que la mencionada exigencia de las dos Leyes es la que recogen diversos países de Europa y América. De ahí que se reconozca la legitimidad de las obras públicas por el cumplimiento del procedimiento establecido en su propio ordenamiento y la que se deduce del efecto económico que se aprueba en la norma legal presupuestaria. Por esta razón ha servido de ejemplo a las nuevas planificaciones que se han establecido después de la Constitución, como las de Ordenación del Territorio y en especial las económicas, que se han inspirado en los principios de la Ley de Obras Públicas, distinguiendo la relación de obras y el contenido y plazos para poder realizarlas, así como la clasificación de las mismas, a raíz de la nueva organización del Estado, distribuyendo las competencias del Estado y de las Comunidades Autónomas. La pertinencia de estas ideas en nuestro contexto de la planificación hidrológica resulta evidente.

Establecida la valoración de la obra pública regulada en la Constitución en el art. 149 y, específicamente para las obras hidráulicas, en la Ley de Aguas en el art. 44 que, sin mayor detalle y de forma asistemática, las define como aquellas de interés general o cuya realización afecte a más de una Comunidad Autónoma, y la que determina la Ley de Obras Públicas que considera a éstas como las de general uso y aprovechamiento y las construcciones destinadas a los servicios que se hallen a cargo del Estado, provincia o Municipio, fácilmente se llega a la conclusión de que la materia exige una urgente reconsideración y revisión.

Ha de indicarse que tal revisión ya se ha llevado a efecto en alguna medida, pues la Ley de OP ha dejado de aplicarse por la aparición de nuevas Leyes, alguna como las de Bases y el texto articulado de la legislación de Régimen Local, y otras que afectan a materias que regulan el dominio público, como carreteras, minas, ferrocarriles, etc. Puede afirmarse, pues, que, en estos momentos, gran parte del texto articulado de la Ley y Reglamento de Obras Públicas no es de aplicación (p.e. la clasificación de las obras en provinciales o municipales, la elaboración de los Anteproyectos como práctica administrativa, la ejecución de determinadas obras y la regulación de varios capítulos de la Ley, etc.).

Como consecuencia de lo expuesto, resulta evidente la conveniencia de revisar la regulación de las obras

públicas de forma que clarifique conceptos y regule de manera integrada las cuestiones mencionadas, y recoja la forma y procedimiento para ejecutarlas, modificarlas y extinguirlas, a partir de las legislaciones específicas, como las de carreteras, puertos, aguas, minas, etc., y regule con carácter general las Obras Públicas del Estado, tal como se configuran en la Constitución y en los Estatutos Orgánicos de las Comunidades Autónomas.

### 3.10.5.3. Legislación de aguas

Al referirse a las obras hidráulicas debemos relacionarlas directamente con una parte del dominio público, la que regula la Ley de Aguas, de tal forma que ambas legislaciones, la de Obras Públicas y la de Aguas, han seguido una trayectoria paralela con la elaboración de sus respectivas normativas. Ambas legislaciones tienen que actuar conjuntamente y las modificaciones de una de ellas obligan a variar los supuestos y procedimientos de uno o de los dos ordenamientos.

Una diferencia básica de la ordenación actual con respecto a la anterior reside en la organización del Estado, completamente distinta a la que existía en el momento de la promulgación de la Ley de Obras Públicas, diferenciando las competencias del Estado de las de las Comunidades Autónomas, y atribuyéndose a uno y a otras el ejercicio de las mismas, que anteriormente se realizaban con carácter unitario por una sola autoridad. De la misma forma, la Ley de Aguas establece un nuevo concepto de dominio público, al extender su regulación no sólo a las aguas superficiales sino a las subterráneas, considerando la distinción entre aprovechamiento y recurso, y consagrando la Planificación Hidrológica como elemento básico para determinar y distribuir los usos del agua, a fin de conseguir la mejor satisfacción de las demandas y equilibrar y armonizar el desarrollo regional y sectorial.

En esta planificación se debe distinguir si su elaboración corresponde al Estado o a las Comunidades Autónomas, de acuerdo con la clasificación que la Constitución ha hecho de las corrientes inter o intracomunitarias, aparte de la competencia que para su aprobación le corresponde al Estado. Por otra parte, de acuerdo con la Ley de Aguas, refiriéndonos a las obras públicas de carácter hidráulico que sean de interés general o cuya realización afecte a más de una Comunidad Autónoma, habrán de ser aprobadas por Ley e incorporadas también por Ley al Plan Hidrológico Nacional. Es éste un principio jurídico básico que recoge la nueva normativa, pero que, en la anterior, la dualidad de los dos ordenamientos (los de obras públicas y el de aguas), daba lugar a una aplicación desordenada de una y otra legislación, en donde

eran las obras las primeras en establecerse conforme a su regulación, y luego la regulación de aguas, una vez terminada la obra pública, tenía que aprobar y autorizar los usos y aprovechamientos del agua de acuerdo con su Ley, sin que necesariamente se hubiesen determinado previamente la clase, cantidad, calidad, caudal, usos y región donde se iban a aprovechar los nuevos caudales.

La desvinculación práctica que con frecuencia se produjo entre ambas actuaciones - construcción de obras y administración de recursos, o dicho de otra forma, Confederaciones Hidrográficas y Comisaría de Aguas - dio lugar, por ejemplo, a la existencia de numerosos sistemas de riego públicos en los que, ejecutadas las correspondientes obras por las Confederaciones y el IRYDA, no se concluyeron los trámites previstos en la Ley de Reforma y Desarrollo Agrario y en la Ley de Aguas para regularizar la situación de estos aprovechamientos que, aún hoy, continúan sin completar los cambios en las estructuras agrarias y sin concesión administrativa.

El art. 149.24 CE considera de competencia del Estado las obras anteriormente citadas y, partiendo del concepto de obras públicas de la Ley de OP, la Constitución y las leyes específicas, como la Ley de Aguas, establecen nuevos conceptos y clasificaciones de las obras públicas, que resultan completamente diferentes a los tradicionalmente existentes. Así, la Ley de Aguas considera obras públicas las mismas que define la Constitución, y además las infraestructuras básicas de interés general del Estado, y ello con independencia del lugar o sitio en donde se establecen y de las corrientes inter o intracomunitarias. Es el art. 148.10 CE el diferenciador para atribuir competencias a las Comunidades Autónomas en la realización de proyectos, construcción y explotación de aprovechamientos hidráulicos, canales y regadíos de interés de la Comunidad Autónoma.

La legislación de aguas ha introducido un mayor rigor en la elaboración de la Planificación, cubriendo los silencios que en esta materia adolecía la Ley de Obras Públicas. En este sentido el contenido de sus Planes, expresados en el art. 40 de la Ley de Aguas, así como las instrucciones, recomendaciones técnicas, las reservas de aguas y terrenos, la coordinación de las diferentes Planificaciones de cuencas en el Plan Hidrológico Nacional, las transferencias de recursos,... constituyen en sí mismas una regulación positiva eficaz para lograr que las obras que se incorporen al Plan de Obras Públicas mediante Ley, estén debidamente justificadas.

En definitiva, los cambios operados en la organización de las Administraciones Públicas a partir de la

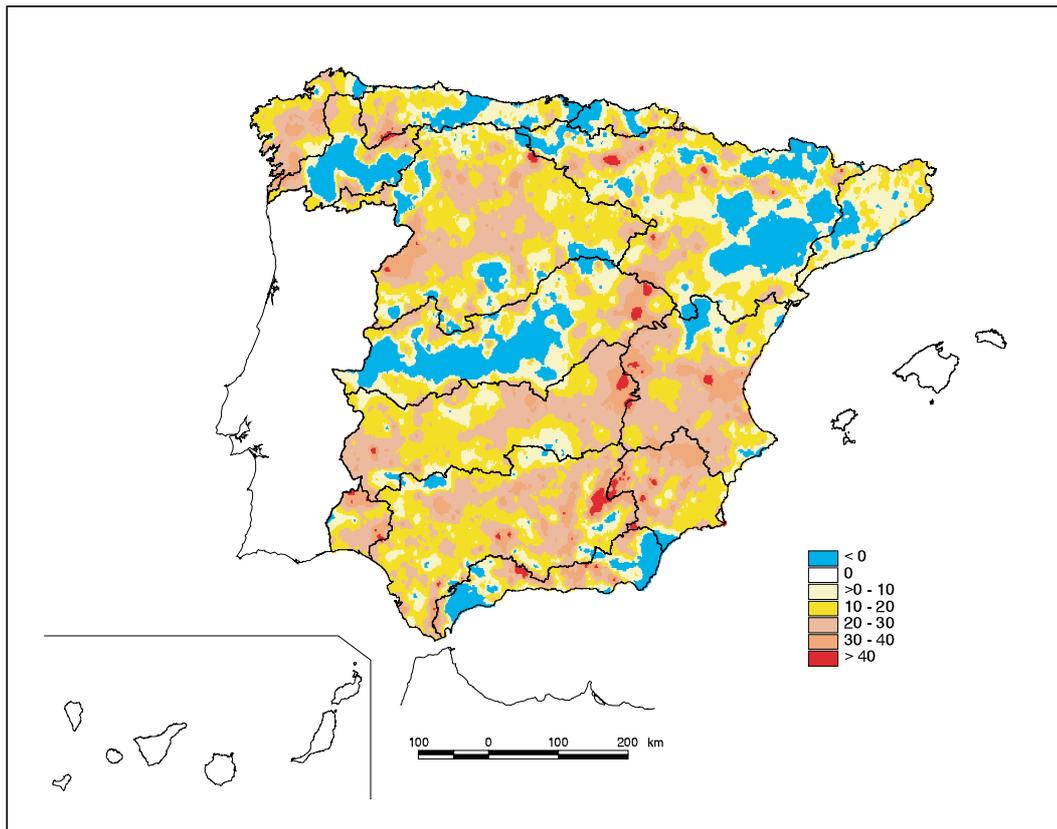


Figura 346. Mapa de disminución porcentual de la precipitación media en el periodo 1941/42-1944/45 respecto a la media del periodo 1940/41-1995/96.

Constitución, la parcial derogación de la vieja Ley de Obras Públicas, y la escasa regulación en la Ley de Aguas de la obra hidráulica, aconsejan hacer una regulación específica de este tipo de obra pública en la propia Ley de Aguas, para así poder contar con un cuerpo normativo homogéneo y específico que evite la subsistencia de ámbitos de inseguridad jurídica.

También merece la pena resaltar que el mecanismo de la Declaración de Interés General es utilizado con frecuencia, con escaso rigor y falta de criterios homogéneos, para atribuir al Estado la responsabilidad de soportar el coste financiero de obras que, conforme al ordenamiento vigente, serían competencia de las Entidades Locales, Las Comunidades Autónomas o las Comunidades de Regantes. Una clarificación legislativa en esta materia se estima procedente.

### 3.11. EL PROBLEMA DE LAS SEQUÍAS

#### 3.11.1. Introducción

Aunque aparentemente fácil de interpretar, la sequía constituye un fenómeno hidrológico para cuya definición no existe un acuerdo generalizado entre los diversos especialistas. Suele caracterizarse en términos de precipitación o de aportación fluvial en determinados periodos de tiempo, o en función de las reservas almacenadas en embalses, con las evidentes limitaciones de todas estas interpretaciones.

Por otra parte, en muchas ocasiones el fenómeno de la sequía se sustituye y confunde con otros conceptos con los que presenta una cierta relación, como son la aridez o la escasez de agua. Si se considera la sequía simplemente como un fenómeno que produce una falta de agua, se estaría olvidando uno de sus aspectos más característicos: su anormalidad, es decir, su carácter de hecho no acostumbrado. En efecto, si esta falta de agua es considerada habitual en una región, se produce una situación de aridez y no de sequía.

Por otra parte, caben caracterizaciones no estrictamente hidrológicas, tales como la sequía sociológica (percepción social, propagada por los medios de comunicación, de que no hay agua), o económica. Incluso en términos de disponibilidad de agua, caben distintas interpretaciones del concepto, lo que ha dado lugar en ocasiones a errores interpretativos en relación con la información histórica.

Estas dificultades terminológicas se manifiestan claramente en los propios Planes Hidrológicos de cuenca, donde se utilizan distintos criterios basados en las experiencias locales, no siempre concordantes entre sí.

El Plan Hidrológico del Ebro, por ejemplo, considera que comienza un periodo seco "cuando en dos meses consecutivos de la serie, la precipitación registrada es inferior al 60% de la media de dicho mes y este periodo finaliza cuando la precipitación registrada en un mes sea igual o superior a la media de la

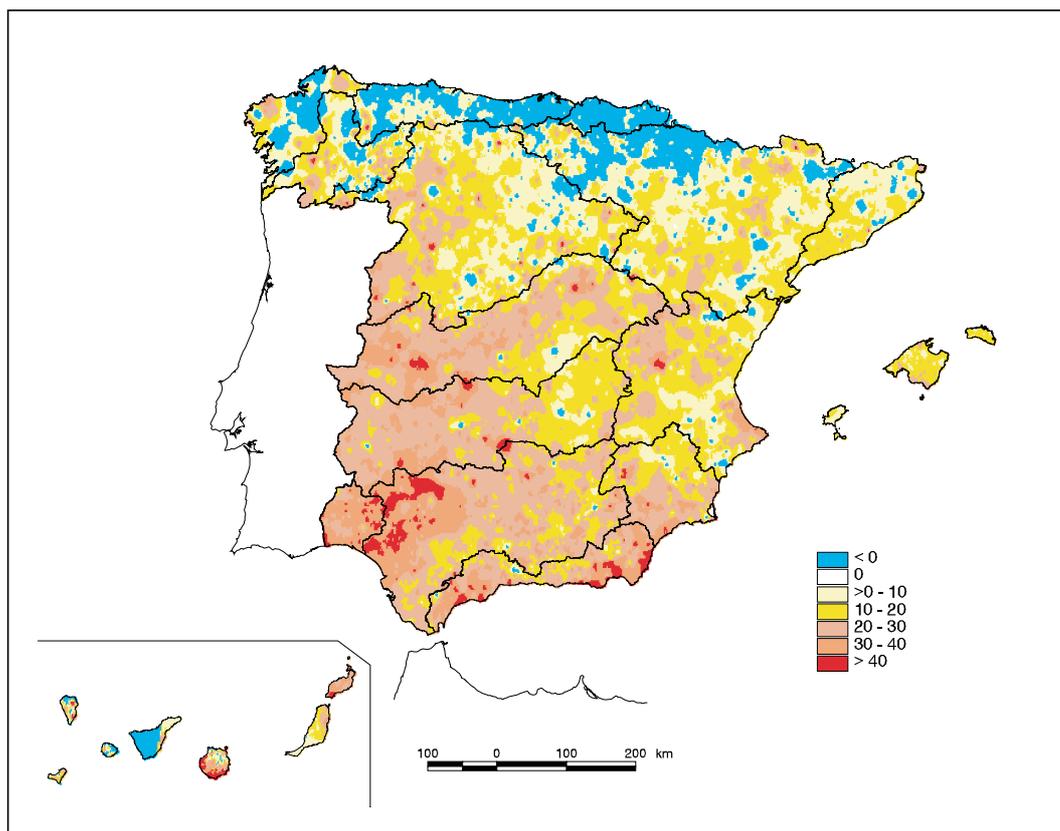


Figura 347. Mapa de disminución porcentual de la precipitación media en el periodo 1979/80-1982/83 respecto a la media del periodo 1940/41-1995/96

serie utilizada, es decir, hasta que recupera un comportamiento que se considera normal". En el Plan del Guadiana se establece que "se considerará situación de sequía cuando la suma de las precipitaciones ocurridas en los doce meses anteriores se halle por debajo de las registradas en el 75% de los casos del periodo analizado, el cual deberá contar con una serie de datos pluviométricos no inferior a 30 años, elegida entre los más recientes y para un conjunto de estaciones representativas de la cuenca vertiente al embalse o sistema".

Otros Planes, sin embargo, acuden a la relación entre oferta y demanda y, así, el del Guadalquivir define la sequía como "una situación en la que los recursos acumulados no son suficientes para atender a las demandas". Este es también el caso del Plan Hidrológico Norte III donde, además, se relaciona la definición de sequía con el periodo de datos considerado en la planificación, indicándose en las líneas de actuación que "deben proyectarse las obras de atención a las demandas en base a las sequías de los años 1941-43 y 1989-90, sin admitir fallos y tenien-

Tabla 105. Porcentaje de disminución de la precipitación en las sequías consideradas respecto a la media (los valores negativos suponen un aumento de precipitación en el periodo de sequía).

Plan	1990-94	1979-82	1941-44
Norte I	12	10	1
Norte II	4	0	-6
Norte III	4	-6	-4
Duero	16	13	15
Tajo	21	23	8
Guadiana I	27	24	19
Guadiana II	30	35	24
Guadalquivir	28	27	20
Sur	23	28	10
Segura	15	21	24
Júcar	13	18	18
Ebro	11	7	7
C.I. Cataluña	-7	9	8
Galicia Costa	1	6	24
Baleares	7	16	-30
Canarias	12	22	15
Total	15	15	11

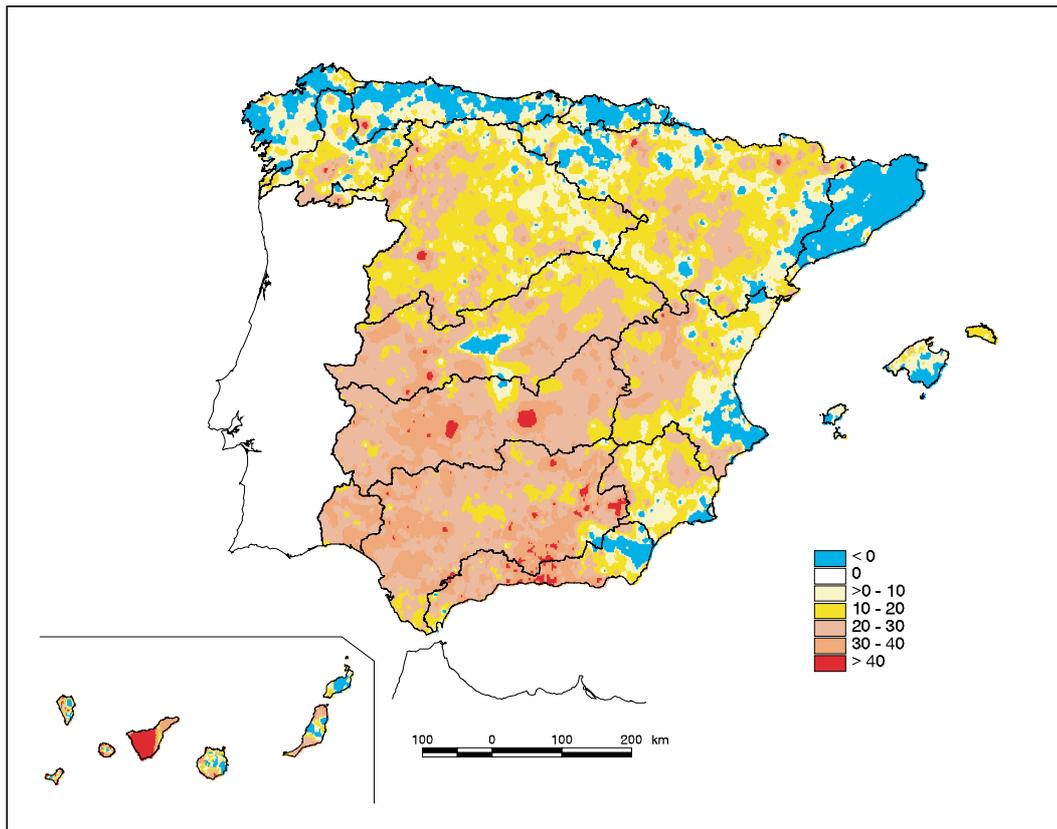


Figura 348. Mapa de disminución porcentual de la precipitación media en el periodo 1990/91-1994/95 respecto a la media del periodo 1940/41-1995/96

do en cuenta que en el ámbito del Plan hay recursos suficientes para ello". En este mismo Plan se define un año seco como el que tiene una aportación anual mitad de la aportación media y un año muy seco como el que tiene una aportación de un 75% de un año seco, es decir, algo más del 35% de la aportación media anual. Como puede observarse, en los criterios utilizados en los distintos Planes de cuenca para definir una situación de sequía no suelen tenerse en cuenta indicadores sobre el estado de las aguas subterráneas.

Esta variedad de definiciones y tratamiento pone de relieve el problema conceptual que subyace en estos análisis, y que quizá haya sido una de las causas por las que, a diferencia de las inundaciones, el estudio de las sequías no se ha abordado con la profundidad necesaria y no se dispone de una caracterización suficientemente precisa de las principales sequías históricas acaecidas en España (Menéndez 1997).

En las figuras 346, 347 y 348 se muestran algunos ejemplos de la disminución de precipitación respecto a la media en las tres sequías más graves del periodo 1940/41 a 1995/96: la de octubre de 1941 a septiembre de 1945, la de octubre de 1979 a septiembre 1983 y la de octubre de 1990 a septiembre de 1995.

En la tabla 105 se cuantifica, por ámbitos de planificación, el valor medio de disminución porcentual de la precipitación en las tres sequías consideradas.

Estas tres sequías fueron muy generalizadas, afectando a la mayor parte del territorio español y dando lugar, en cuencas como el Guadiana, el Guadalquivir o el Sur, a porcentajes de disminución de la precipitación cercanos al 30%. Observando la distribución espacial de estos porcentajes se aprecia que las mayores disminuciones se producen en aquellas zonas más influidas por la entrada de frentes húmedos procedentes del Atlántico, lo que parece sugerir que la ocurrencia de una sequía generalizada podría estar condicionada por la variabilidad de este tipo de frentes.

Si se realiza un análisis basado en la elección de dos umbrales distintos, uno de comienzo de sequía basado en la disminución de la precipitación sobre un percentil de la media de la serie, y otro de recuperación en cada sequía a partir de alcanzarse una determinada disminución de los déficit acumulados (EWRA, 1995), se confirma que la sequía más severa del periodo fue la de 1990/91-1994/95. Además, de acuerdo con este criterio, esta sequía podría englobarse en la que comienza en 1979, lo que daría lugar a un periodo continuado de sequía de unos 15 años, ya puesto de manifiesto cuando se analizó la variabilidad de las series hidrológicas.

Es importante tener presente que lo antedicho en relación a las precipitaciones no es directamente traducible a escorrentías, y ello por diversos motivos. En primer y fundamental lugar, porque la relación lluvia-

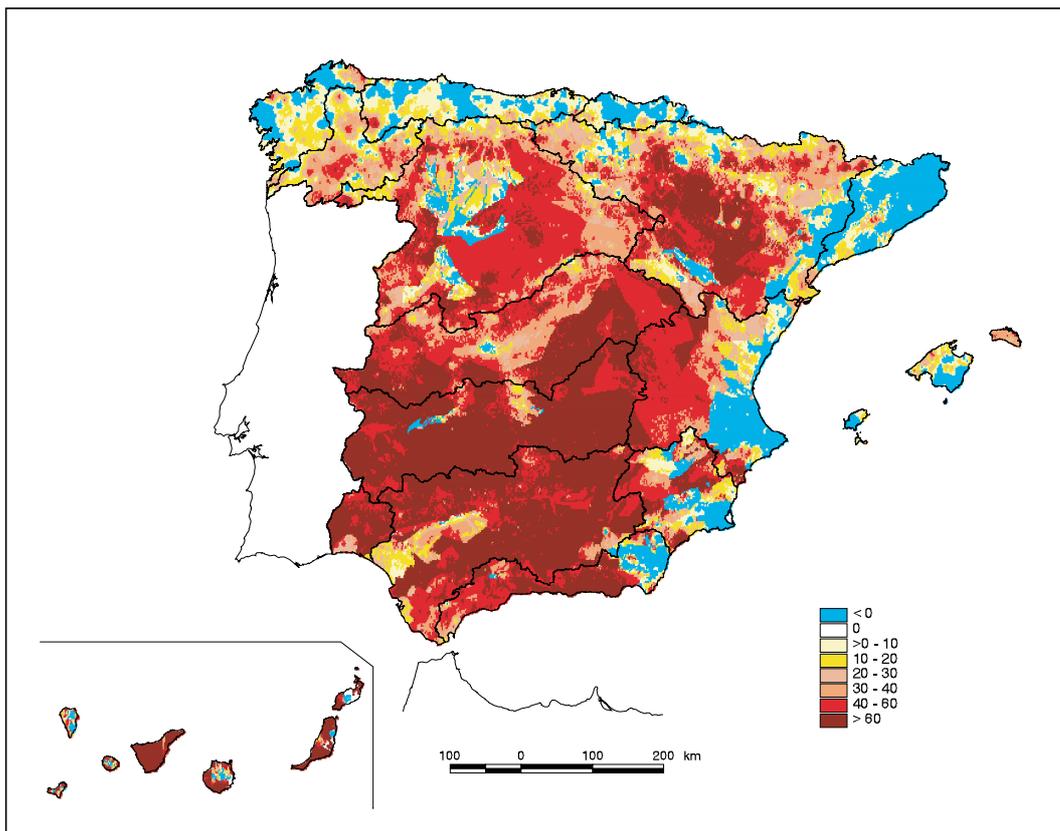


Figura 349. Mapa de disminución porcentual de la aportación media en el periodo 1990/91-1994/95 respecto a la media del periodo 1940/41-1995/96

escorrentía no es lineal, y reducciones de precipitación suelen producir reducciones más acentuadas de las aportaciones; además, los coeficientes medios resultantes son, como se vio, muy variables espacialmente; también, porque tanto o más que la cantidad anual de lluvia influye su distribución temporal, que puede ser muy variable (distintos efectos sobre la recarga de acuíferos); por último, porque no es igual el efecto de la misma reducción porcentual de precipitaciones dependiendo de su valor absoluto.

Como se puede apreciar en la figura 349, durante la última sequía se produjeron reducciones muy importantes, superiores al 40%, en la escorrentía generada en la mayor parte del territorio español. Estas reducciones supusieron más de un 70% de la aportación media interanual de las cuencas del Guadiana y Guadalquivir (ver tabla 106). Las del Sur y Tajo tuvieron una disminución del 60% y 50%, respectivamente, mientras que las cuencas del Duero, Segura, Norte I, y Ebro sufrieron disminuciones comprendidas entre un 20% y un 40%. En el resto de cuencas la variación

Plan	1990-94
Norte I	24
Norte II	10
Norte III	9
Duero	36
Tajo	49
Guadiana I	74
Guadiana II	74
Guadalquivir	72
Sur	59
Segura	32
Júcar	9
Ebro	22
C.I. Cataluña	-15
Galicia Costa	4
Baleares	17
Canarias	25
Total	28

Tabla 106. Porcentaje de disminución de la aportación total respecto a la media en la sequía de 1990/91 a 1994/95 (los valores negativos suponen un aumento de la aportación en el periodo considerado).

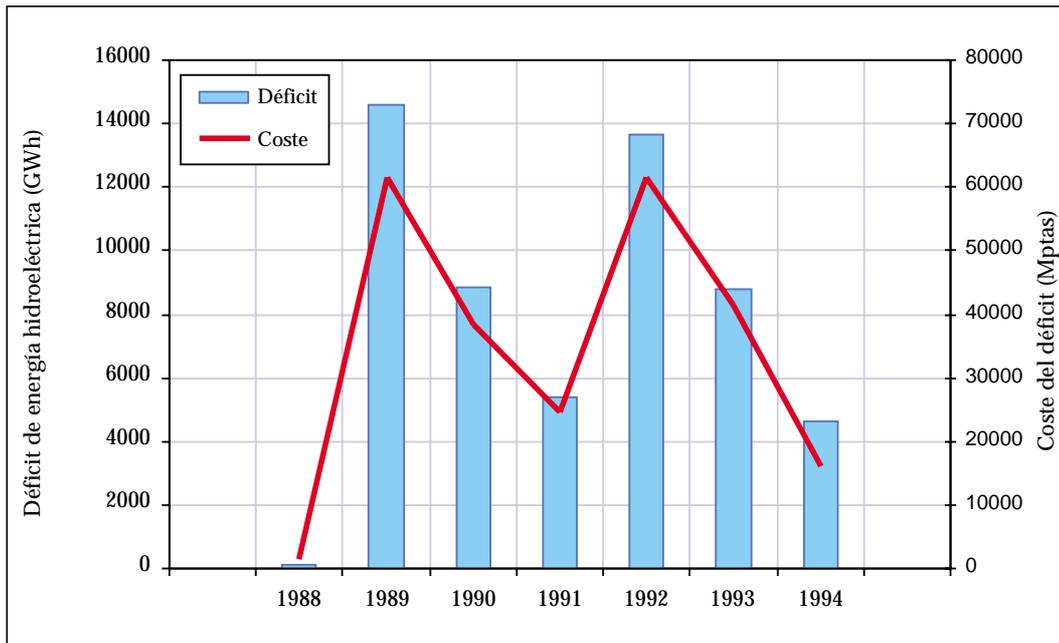


Figura 350. Evolución del déficit de producción de energía hidroeléctrica, y su coste asociado, en el periodo 1988-1994.

fue pequeña, y sólo en las C. I. de Cataluña se produjo un aumento respecto a la media (del orden del 15%), por lo que allí no se presentó una sequía, sino un periodo húmedo.

Además del impacto sobre los ecosistemas hídricos, el efecto directo de estas reducciones, desde el punto de vista del sistema de utilización, es la contención de los suministros de agua para abastecimiento -llegando a la imposición de restricciones-, la disminución de las producciones agrarias tanto en secano como en regadío, y la disminución de la producción hidroeléctrica.

La figura 350, elaborada con datos de Villalba Sánchez (1995), muestra la evolución del déficit de

producción de energía hidroeléctrica, y su coste asociado, en el periodo seco 1988-1994. En estos años, la producción hidroeléctrica real resultó ser inferior al producible hidráulico definido a efectos del expediente de tarifas, por lo que se requirió suplir este déficit con otras fuentes (carbón o fuel-oil), generándose un coste económico debido al déficit hidráulico que puede evaluarse, en una cuantía media para el periodo indicado, en unos 35.000 Mptas/año.

Asimismo, la figura 351 (elaborada con datos de MAPA [1998] p.122), muestra la evolución de las producciones agrarias en secano y regadío, expresadas en billones de pesetas constantes de 1996, a la que se superponen las series de suministro (adimensionales,

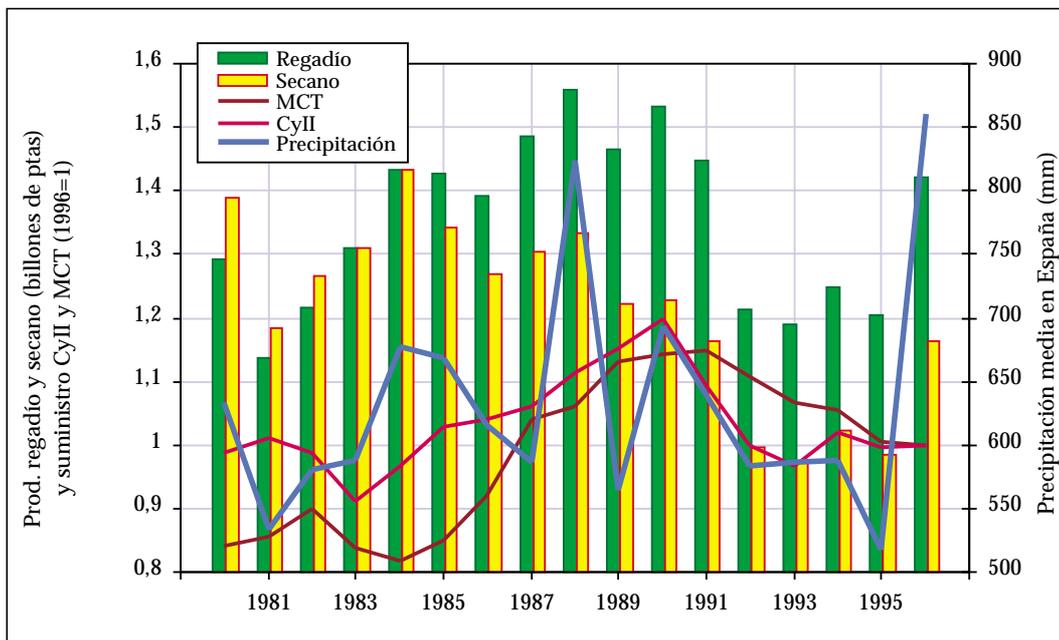


Figura 351. Evolución desde 1980 de la producción total agrícola del regadío y del secano, y del volumen suministrado para abastecimiento urbano por algunos sistemas importantes

con 1996=1) de dos grandes sistemas de abastecimiento urbano, ya ofrecidas anteriormente. Junto a estas series, todas del lado de la demanda, se representa también la serie de precipitaciones medias areales para toda España, por años hidrológicos, también ofrecida anteriormente (con el criterio de representar el valor del año hidrológico en el segundo año: p.e. el dato de 1980-81 se representa en 1981).

Es interesante constatar como las producciones tanto de regadío como de secano son ascendientes desde el año 1980 hasta el 84, en que acusan una bajada hasta el 86, a la que sigue una recuperación y estabilización mantenida hasta el 90. Prácticamente desde entonces hasta el 95 se registra un importante descenso de producciones que solo en el 96 llega a recuperarse.

El comentario anterior sobre la evolución observada, realizado para las producciones agrícolas, puede repetirse casi idénticamente para los abastecimientos urbanos ofrecidos, y, con excelente concordancia, también para la precipitación media.

Ello muestra que, como ya avanzamos para las demandas entre sí, parecen observarse también relaciones significativas de correlación cruzada entre recursos y demandas. La producción económica agrícola, el volumen de suministro urbano, y los milímetros de lluvia, series claramente distintas, procedentes de fuentes independientes, y medidas en unidades no comparables (ptas, hm<sup>3</sup> y mm), muestran sin embargo rasgos comunes de comportamiento. La investigación de estas estructuras latentes, aquí simplemente esbozadas, presenta un gran interés desde el punto de vista del análisis de los sistemas de recursos hídricos, y debe desarrollarse en los futuros trabajos para la planificación hidrológica.

### 3.11.2. Las experiencias recientes

Como hemos visto, en los últimos años se produjo una importante racha seca, relativamente generalizada, y que acarreó diversas consecuencias sobre los sistemas de suministro. La experiencia de esta sequía de 1990-95 debe servir para extraer las oportunas enseñanzas sin dejar transcurrir demasiado tiempo, estableciendo, a partir de ella, las bases para los futuros planes de gestión de sequías.

Entre los efectos concretos observados, cabe indicar los siguientes.

- Durante estos años fueron especialmente severas las restricciones en el suministro que padecieron las ciudades de Granada, Jaén, Sevilla, Málaga, Toledo, Ciudad Real y Puertollano, y las zonas de la Bahía de Cádiz y la Costa del Sol, con restricciones hasta del 30% en algunos casos y cortes de agua de 9 y 10

horas diarias. La Confederación Hidrográfica del Guadalquivir se vio obligada a adoptar una serie de medidas que incluyeron la prohibición de riegos desde 1993 a 1995. En la zona oriental de la cuenca del Guadiana no fue posible atender las demandas de riego desde 1992, situación que se agravó al no poder atenderse tampoco en 1995 las de abastecimiento a poblaciones.

En otras épocas también se han presentado problemas de abastecimiento en ciudades en las que, en principio, parecía difícil suponer que se presentarían problemas derivados de la falta de agua, como Oviedo, Gijón, Santander o, en 1990-91, Bilbao y Vitoria.

- Las medidas más comunes, además de la imposición anticipada de restricciones y los procedimientos especiales de intercambio entre usuarios, consistieron en la realización de obras de conexión entre cuencas, la localización y explotación de nuevos recursos subterráneos y el aprovechamiento de recursos no convencionales.
- El primer tipo comprendió la realización de gran número de conducciones que trasvasaron recursos de otras cuencas, aumentando la flexibilidad de los sistemas dedicados al suministro de poblaciones. Ejemplos de este tipo de obras fueron la conexión entre el Bajo Guadalquivir y Arcos-Bornos, los túneles de trasvase al embalse de la Concepción, en el río Verde, desde los ríos Guadalmina, Guadalmanza y Guadaiza, o el desdoblamiento de la conducción del Alberche para el abastecimiento a Madrid.
- La búsqueda de nuevos recursos subterráneos se realizó a gran escala. La ciudad de Granada, por ejemplo, con una población de 300.000 habitantes y una demanda de unos 34 hm<sup>3</sup> anuales, pasó a abastecerse por completo de aguas subterráneas. En el área metropolitana de Madrid, que cuenta con una capacidad de bombeo instalada de unos 4 m<sup>3</sup>/s (lo que supone un 20% de la demanda anual), también se llevó a cabo una mayor utilización de recursos subterráneos. En Santander, Pamplona, Burgos, Segovia, Avila, Alcoy y Benidorm llegaron a producirse situaciones de emergencia en el suministro a la población que se resolvieron con la utilización de aguas subterráneas. También en Jaén y Málaga se recurrió a las aguas subterráneas, lográndose mejoras sustanciales en los abastecimientos de Cádiz, Campo de Gibraltar y Costa del Sol. En Toledo y en Sevilla, sin embargo, esta solución no fue factible, por lo que hubo de recurrirse a tomas directas del Tajo y del Guadalquivir, respectivamente.
- Con la utilización de aguas subterráneas también se suavizaron los efectos de la sequía en los regadíos de la margen izquierda del Ebro, vegas del Guadiana, valle del Guadalquivir y cuenca del Júcar. En la

Ribera del Júcar se creó por la Confederación y la Generalitat Valenciana una importante capacidad de bombeo de aguas subterráneas en la margen derecha de la Ribera Alta y en la Acequia Real del Júcar (caudal instalado total de 6.500 l/s), aunque no llegó a utilizarse a su máximo aforo (máximo previsto de 100 hm<sup>3</sup>/año), mientras que en las vegas del Segura se procedió a construir o acondicionar por la Confederación unos 50 sondeos, y a autorizar a los usuarios la apertura - a su cargo - de pozos para salvar el arbolado. Para realizar estas autorizaciones se elaboró en esta cuenca una normativa específica sobre pozos de sequía, cuyo desarrollo permitió salvar una situación de extrema escasez y conflictividad social (Cabezas, 1995).

En la tabla 107 se muestran -según el ITGE- las principales acciones estatales en materia de aguas subterráneas realizadas en el bienio 1994-95.

Como puede verse, se ejecutaron unos 270 sondeos y se movilizó algo más de 16 m<sup>3</sup>/s. A estas cifras habría que añadir las correspondientes a lo desarrollado por iniciativa de los particulares, sin auxilios públicos (sólo en la cuenca del Segura se tramitaron casi 2.000 solicitudes de pozos, y se incrementó la sobreexplotación de fondo en unos 166 hm<sup>3</sup>/año).

Una completa síntesis de las actuaciones de emergencia relativas a aguas subterráneas en algunas cuencas es la ofrecida por MIMAM (1999).

- Durante esta sequía también se recurrió a métodos no convencionales, como la mezcla de recursos de calidad insuficiente con otros de mayor calidad. Esta práctica se llevó a cabo en el verano de 1995 en el abastecimiento a Málaga y la Costa del Sol, donde se utilizaron las reservas de los embalses del Conde de Guadalhorce y Guadalteba, de alta salinidad, mezcladas con las del embalse de la Viñuela y agua procedente de acuíferos. Se incrementó la reutilización de aguas residuales depuradas procedentes de núcleos del litoral, como en el caso de Almería, Murcia, Cartagena o Alicante, y se realizaron incluso transportes de agua

por barco a Mallorca y Cádiz. Se proyectaron también diversas estaciones desaladoras, aunque en la mayoría de los casos no llegaron a construirse.

Un interesante ejemplo de la situación vivida y las medidas adoptadas es el proporcionado por EMASE-SA (1997a, 1997b).

Todas estas medidas antedichas en los diferentes lugares se pusieron en práctica al amparo de una amplísima normativa (recogida en la tabla 108 para el periodo 1990-95), elaborada al amparo del artículo 56 de la Ley de Aguas. Este artículo faculta al Gobierno, mediante Decreto acordado en Consejo de Ministros y oído el Organismo de cuenca, para adoptar, en circunstancias de sequías extraordinarias, *las medidas que sean precisas en relación con la utilización del dominio público hidráulico, aún cuando hubiese sido objeto de concesión. La aprobación de dichas medidas llevará implícita la declaración de utilidad pública de las obras, sondeos y estudios necesarios para desarrollarlos, a efectos de la ocupación temporal y expropiación forzosa de bienes y derechos, así como la urgente necesidad de la ocupación.*

Los Reales Decretos 531/1992 de 22 de mayo, con vigencia hasta el 31 de diciembre de 1993, y 134/1994 de 4 de febrero, con vigencia hasta el 31 de diciembre de 1995, establecieron un conjunto de medidas especiales para la gestión de los recursos hídricos, facultando a las Confederaciones, a través de sus Juntas de Gobierno, para que constituyeran las denominadas Comisiones Permanentes de Sequía que, entre otras atribuciones, podían reducir o suspender cualquier aprovechamiento de agua y obligar a los usuarios a instalar dispositivos de regulación, modulación y medición en los canales de riego, tanto públicos como privados, pudiendo construir pequeñas obras de captación o transporte de agua con la consideración de obras de emergencia.

A la vista de lo expuesto, una conclusión que cabe extraer es que, desde el punto de vista jurídico, no existe en nuestro ordenamiento una precisa caracteri-

Zona de actuación	Sondeos de explotación	Caudal alumbrado (l/s)	Destino del agua
Jaén	4	350	abastecimiento
Granada	10	1.300	abastecimiento
Bahía de Cádiz	22	1.600	abastecimiento
Málaga	69	3.440	abastecimiento
Costa del Sol	20	750	abastecimiento
Campo de Gibraltar	79	2.900	abastec. y riego
Ribera del Júcar	50	4.600	riego
Huerta de Valencia	6	500	riego
Margen izquierda del Ebro	13	920	riego
Total:	273	16.360	

Tabla 107. Principales acciones estatales en materia de aguas subterráneas realizadas en el bienio 1994-95

Disposición	BOE
Real Decreto Ley 3/1992 de 22 de mayo por el que se adoptan medidas urgentes para reparar los efectos producidos por la sequía.	27-05-92
Real Decreto 531/1992 de 22 de mayo por el que se adoptan medidas administrativas especiales para la gestión de los recursos hidráulicos.	27-05-92
Real Decreto 995/1992 de 31 de julio por el que se desarrolla el Real Decreto Ley 3/1992.	01-08-92
Real Decreto Ley 5/1993 de 16 de abril por el que se autorizan determinadas actuaciones en relación con las cuencas del Tajo y el Segura.	27-04-93
Real Decreto Ley 8/1993 de 21 de mayo por el que se adoptan medidas urgentes para reparar los efectos producidos por la sequía.	27-05-93
Resolución de 12 de julio de 1993 de la Secretaría de Estado para las Políticas del Agua y Medio Ambiente por la que se determinan los ámbitos territoriales de los regadíos afectados por la sequía.	23-07-93
Real Decreto 134/1994 de 4 de febrero por el que se adoptan medidas administrativas especiales para la gestión de los recursos hidráulicos al amparo del artículo 56 de la Ley de Aguas, corrección de errores.(10-03-94).	18-02-94
Real Decreto Ley 6/1994 de 27 de mayo por el que se adoptan medidas urgentes para reparar los efectos producidos por la sequía.	28-05-94
Orden de 30 de junio de 1995 por la que se determinan los ámbitos territoriales afectados por la sequía, en secano y regadío, y se establecen criterios para la aplicación de las ayudas previstas en el Real Decreto-Ley 4/1995 de 12 de mayo.	05-07-94
Orden de 29 de junio de 1994 del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación por la que se desarrolla el artículo 2 del Real Decreto Ley 6/1994 de 27 de mayo.	06-07-94
Orden de 7 de julio de 1994 del Ministerio de la Presidencia por la que se determinan los ámbitos territoriales afectados por la sequía en secano y regadío.	08-07-94
Real Decreto Ley 1/1995 de 10 de febrero por el que se arbitran medidas de carácter urgente en materia de abastecimientos hidráulicos.	13-02-05
Real Decreto 615/1995 de 21 de abril por el que se aprueban medidas complementarias tendentes a paliar los problemas de abastecimiento de agua a la comarca de Puertollano (C. Real).	11-05-95
Real Decreto Ley 4/1995 de 12 de mayo por el que se adoptan medidas urgentes para reparar los efectos producidos por la sequía.	18-05-95
Orden de 30-6-95 del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación por la que se desarrolla el artículo 2 del Real Decreto-Ley 4/1995, de 12 de mayo, por el que se adoptan medidas urgentes para reparar los efectos producidos por la sequía.	01-07-95
Real Decreto Ley 6/1995 de 14 de julio por el que se adoptan medidas extraordinarias, excepcionales y urgentes en materia de abastecimientos hidráulicos como consecuencia de la persistencia de la sequía.	22-07-95
Orden de 27-7-95 del Ministerio de Economía y Hacienda por la que se desarrolla el Real Decreto Ley 4/1995 de 12 de mayo en relación con la compensación de los beneficios fiscales en el Impuesto sobre Bienes Inmuebles de naturaleza rústica a los Ayuntamientos afectados por la sequía.	01-08-95
Real Decreto Ley 7/1995 de 4 de agosto por el que se autoriza el trasvase de 55 hm <sup>3</sup> a la cuenca del Segura.	08-08-95
Real Decreto Ley 8/1995 de 4 de agosto por el que se adoptan medidas urgentes de mejora del aprovechamiento del trasvase Tajo-Segura.	08-08-95
Orden de 13-10-1995 por la que se amplía la relación de municipios que se incluían en los anexos I y II de la Orden de 30 de junio por la que se determinan los ámbitos territoriales afectados por la sequía, en secano y regadío, y se establecen criterios para la aplicación de las ayudas previstas en el Real Decreto Ley 4/1995 de 12 de mayo.	14-10-95
Resolución de 18-10-95 de la Secretaría de Estado de Política Territorial y Obras Públicas por la que se hace público el Acuerdo del Consejo de Ministros relativo a obras de emergencia.	25-10-95

Tabla 108. Legislación estatal en materia de sequías (años 1990 a 1995)

zación jurídica de la sequía (v. Moreu Ballonga [1996] pp.561-563), y los distintos preceptos relacionados no parecen suficientes para regular la cuestión.

Asimismo, cabe concluir que, en la mayoría de los casos, durante la sequía 1990-95 no se llevaron a cabo planes previos específicamente diseñados para este tipo de

situaciones de emergencia, sino que las distintas actuaciones se fueron ideando y ejecutando - por cada una de las Confederaciones - a medida que la sequía se prolongaba y sus efectos se manifestaban más severamente.

Esta situación tuvo, además de los problemas ya descritos, derivados de la escasez, efectos negativos desde

el punto de vista de la Administración hidráulica, tal y como se verá en su momento. Por otra parte, tuvo también efectos positivos desde el punto de vista de la concienciación pública, la percepción social de la escasez, y la moderación y ajuste de las demandas de agua.

### 3.11.3. Las líneas de actuación

De forma muy sintética puede avanzarse que la última sequía fue, en general, detectada demasiado tarde, lo que llevó a la adopción de medidas de emergencia que frecuentemente solucionaron problemas puntuales, no siempre de forma planeada y rigurosa. De hecho, la normativa que permitió la realización de las obras de emergencia citadas comenzó a publicarse a partir de 1992, con un retraso de dos años respecto al inicio de la fase más intensa de la sequía.

A la luz de esta experiencia, se considera muy recomendable el establecimiento de un sistema eficaz de detección de situaciones de sequía que permita activar, con suficiente antelación, los planes de explotación prefijados para estas situaciones de emergencia. Esta identificación anticipada de las sequías lleva consigo la necesidad de desarrollar indicadores de alerta basados en la información habitualmente disponible (precipitación de los últimos periodos, reservas almacenadas en los embalses y niveles en los acuíferos, por ejemplo) de forma que pudieran ser periódicamente calculados con el fin de señalar el posible comienzo de una sequía o identificar su fase de desarrollo. Los recientes avances en el conocimiento sobre la posible correlación entre las sequías y otros fenómenos, como las oscilaciones de nivel en el Atlántico Norte o la ocurrencia del Niño en el Pacífico, podrían acaso mejorar en el futuro la fiabilidad de este tipo de indicadores, aunque en estos momentos tal posible mejora no pasa de ser una mera hipótesis.

Dichos Planes de actuación en sequías, como el desarrollado por el Canal de Isabel II (CYII [1996]) o el elaborado por EMASESA (EMASESA, 1998), deberían establecer con claridad las reglas de explotación de los sistemas en estas situaciones, incluyendo los criterios para la aplicación de restricciones, las condiciones para la adopción de procedimientos especiales de flexibilización e intercambio de derechos entre usuarios y su regulación económica -pudiendo incluirse los bancos del agua-, las condiciones para el aumento temporal de la explotación de los acuíferos, la movilización de áreas hidrogeológicas de reserva, etc.

Con carácter general, en situaciones de emergencia las aguas subterráneas pueden contribuir a paliar los déficit bombeando por encima de la explotación habitual, o incluso superando ampliamente la recarga media del

acuífero. En muchos sistemas de explotación de recursos hídricos basados fundamentalmente en las aguas superficiales, existen acuíferos donde el agua bombeada puede incorporarse fácilmente a un canal, depósito, embalse, o incluso utilizarse directamente. En otros casos es necesaria la realización de alguna obra o conducción complementaria.

En las áreas costeras los acuíferos son una fuente económica, interesante y segura de abastecimiento de agua potable, pero son aún más interesantes como almacén de agua dulce para atender puntas y salvar situaciones de emergencia, como las sequías. El papel de los acuíferos costeros cobra una gran importancia al ser el movimiento del frente salino lo suficientemente lento como para tolerar incrementos en la explotación en situaciones de emergencia (v., p.e., Bocanegra y Custodio [1994]; Custodio [1996]).

Como ya se ha mencionado en algunos ejemplos las aguas subterráneas han proporcionado soluciones eficaces y económicas para paliar los efectos de las sequías en situaciones de emergencia. Pero a pesar de ello la solución más eficaz no es la de esperar a que se produzca una situación de emergencia para utilizarlas, sino planificar y gestionar los sistemas de explotación de recursos hídricos de forma óptima, teniendo en cuenta la disponibilidad de recursos superficiales y subterráneos, y prestando una atención especial a los periodos más secos.

Por último, una cuestión de extrema importancia en las situaciones de sequía es el seguimiento y participación continua de los interesados en las decisiones, mediante las correspondientes comisiones de desembalse. La vinculación de los usuarios con el diseño y desarrollo de las medidas que se vayan arbitrando resulta esencial para superar estas situaciones adversas.

## 3.12. AVENIDAS E INUNDACIONES

### 3.12.1. Introducción

A pesar de que, como se vio, la pluviometría media en España no es muy abundante, en ocasiones se presentan precipitaciones que, en pocas horas, alcanzan valores superiores al promedio de todo el año, tal y como puede verse en el mapa de la figura 352, indicativo de la relación porcentual entre la precipitación máxima diaria registrada y la precipitación media anual del periodo 1940/41-1995/96.

Estas lluvias extraordinarias provocan caudales extremos, habitualmente denominados crecidas, avenidas o riadas, que al desbordar su cauce habitual provocan la inundación de terrenos, afectando a personas y bienes.

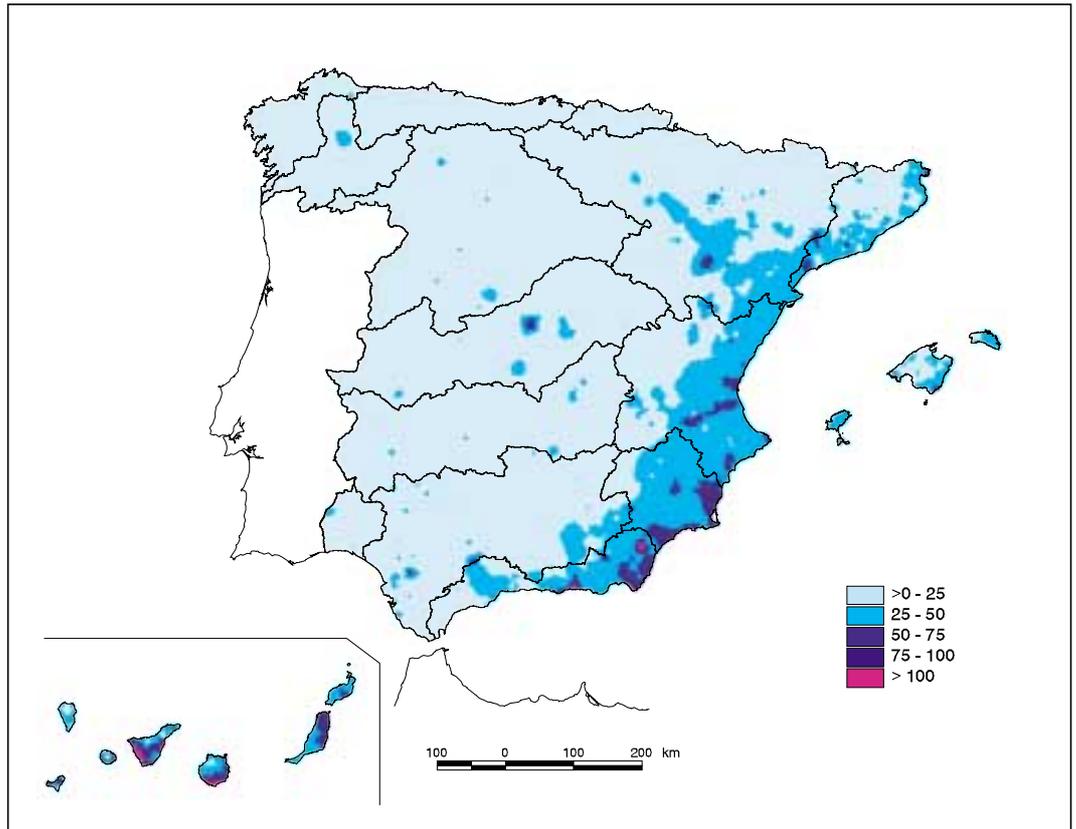


Figura 352. Mapa de relación porcentual entre la precipitación máxima diaria registrada y la precipitación media anual del periodo 1940/41-1995/96

La gran desproporción entre los caudales ordinarios y extraordinarios de algunos ríos hace que el problema de las inundaciones revista en España una especial gravedad.

Como puede verse en el mapa de lluvias máximas diarias en la España peninsular para un periodo de retorno de 100 años de la figura 353, la pluviometría más torrencial se desarrolla a lo largo de los litorales mediterráneo y cantábrico, Pirineos, y divisorias del Guadiana y Tajo, produciéndose en las dos mesetas una lluvia en general más uniforme (CEDEX, 1994; Ferrer y Ardiles, 1994).

Aunque las crecidas son, en su origen, un fenómeno natural eminentemente físico e hidrológico (respuesta de caudales altos a las fuertes tormentas), en su desarrollo sobre zonas donde hay actividades humanas se convierten en un problema territorial, con amplias repercusiones socioeconómicas.

En los apartados que siguen se revisan las ideas básicas sobre el problema, ofreciéndose un marco conceptual global que permite encajar y valorar las distintas y complejas opciones y soluciones posibles de forma coordinada, dentro de un plan general y unitario de actuación.

### 3.12.1.1. Génesis de las avenidas

Las crecidas en España se pueden producir por fenómenos meteorológicos muy diferentes.

Un caso relativamente frecuente es aquel en el que se ocasionan por temporales invernales de lluvias frontales, de varios días de duración, que afectan a grandes cuencas y que suelen producir daños materiales y, más infrecuentemente, personales. La razón por la que no es frecuente que se produzcan daños personales en estos casos es que existe un tiempo suficiente de anticipación del fenómeno en el río, que suele permitir alertar a la población y establecer los oportunos mecanismos de protección. Diferente es el caso de cauces secundarios y afluentes, cuyo tiempo de respuesta es insuficiente para esta alerta, como se indicará más adelante.

Otro caso, también frecuente, es aquel en que las inundaciones se originan por lluvias de tipo convectivo a media o gran escala. Son las a veces denominadas gotas frías, cuyo desarrollo temporal no supera las 24 horas y cuya extensión puede llegar a cubrir hasta unos 8000 km<sup>2</sup>. Se producen fundamentalmente en otoño y afectan sobre todo a las cuencas mediterráneas de tamaño medio, provocando daños materiales y, en ocasiones, víctimas mortales.

Ejemplos de las dos situaciones descritas pueden verse en el gráfico de la figura 354, en el que se muestran conjuntamente, como ejemplo de situación de temporal invernal la evolución de caudales del río Guadiana en Mérida en enero de 1970, con punta próxima a los 4.500 m<sup>3</sup>/s alcanzada en varios días, y como ejemplo de lluvias convectivas mediterráneas a media-gran

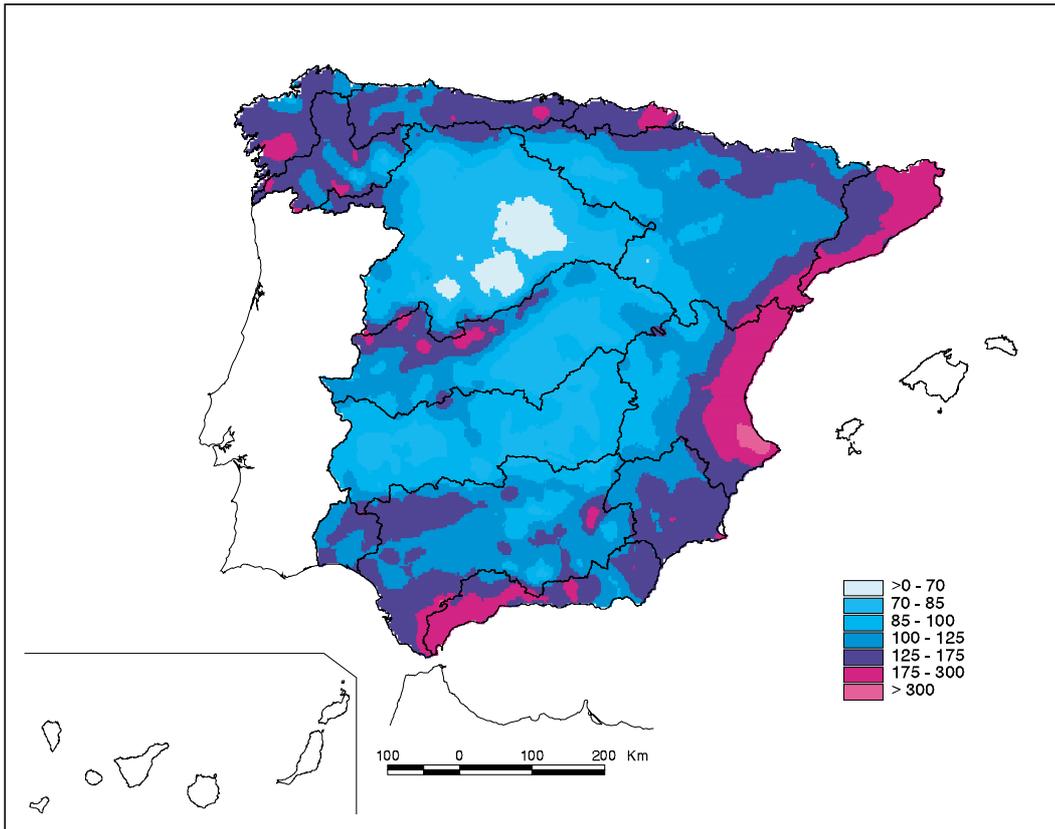


Figura 353. Mapa de lluvias máximas diarias (mm) en la España peninsular para un periodo de retorno de 100 años

escala la crecida del Almanzora en Cantoria el 19 de octubre de 1973, con punta superior a los 3000 m<sup>3</sup>/s producida en apenas 3 horas, y en un cauce que, usualmente está seco todo el año.

Las diferencias de comportamiento son evidentes, e ilustran perfectamente lo antedicho en cuanto a la diversidad de regímenes y la posible capacidad de anticipación y respuesta.

Finalmente, las crecidas pueden ser debidas a lluvias de tipo convectivo a pequeña escala, las clásicas tormentas de verano, de alta intensidad pero corta duración (unas 2 ó 3 horas) y extensión reducida. Se producen fundamentalmente en verano y provocan crecidas relámpago (flash floods) en pequeñas cuencas de montaña o en las cabeceras de los ríos.

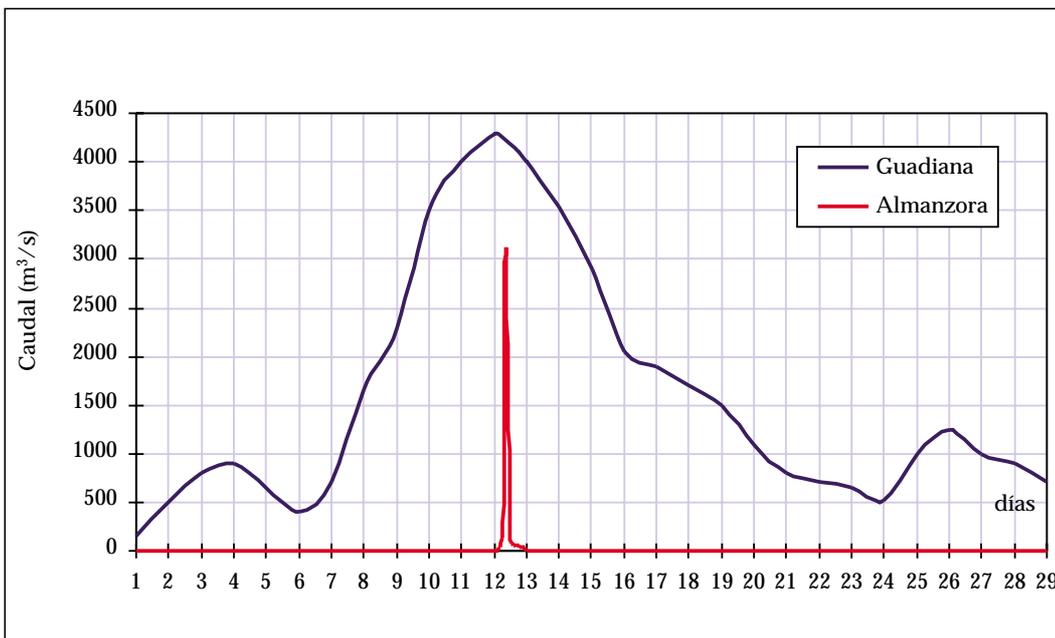


Figura 354. Ejemplos de hidrograma de temporal invernal en el Guadiana y de lluvias convectivas mediterráneas en el Almanzora

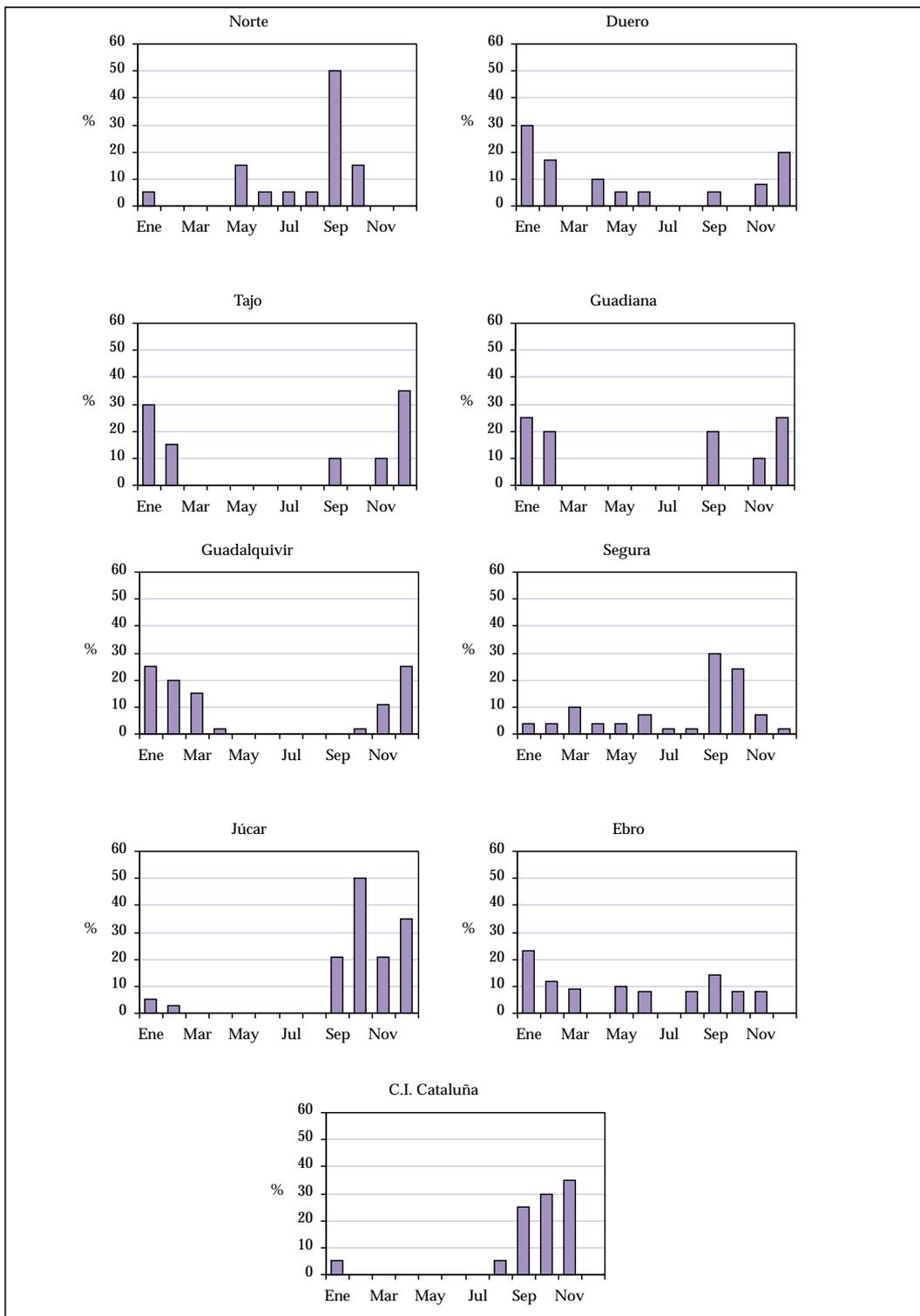


Figura 355. Distribución mensual de inundaciones históricas en diferentes cuencas

Estas crecidas son causantes, en ocasiones, de víctimas mortales, debido a su súbita presentación y al escaso o nulo tiempo de reacción disponible.

Las crecidas nivales son debidas a la fusión acelerada de los almacenamientos de nieve. En España se producen generalmente cuando se presenta un periodo cálido y lluvioso en los meses de primavera, de manera que se fuerza el deshielo acelerado de las cumbres. Pueden ser importantes en cuencas como las del Ebro

o Duero, aunque obviamente son poco significativas en el resto del país.

Asociadas a las situaciones de lluvias extremas, también suelen aparecer fenómenos de marea viva que complican el desagüe de las crecidas de otros tipos y que actúan como un factor de intensificación de éstas. Es un factor importante en la costa atlántica, en el golfo de Cádiz, en las costas bajas del óvalo valenciano, etc.

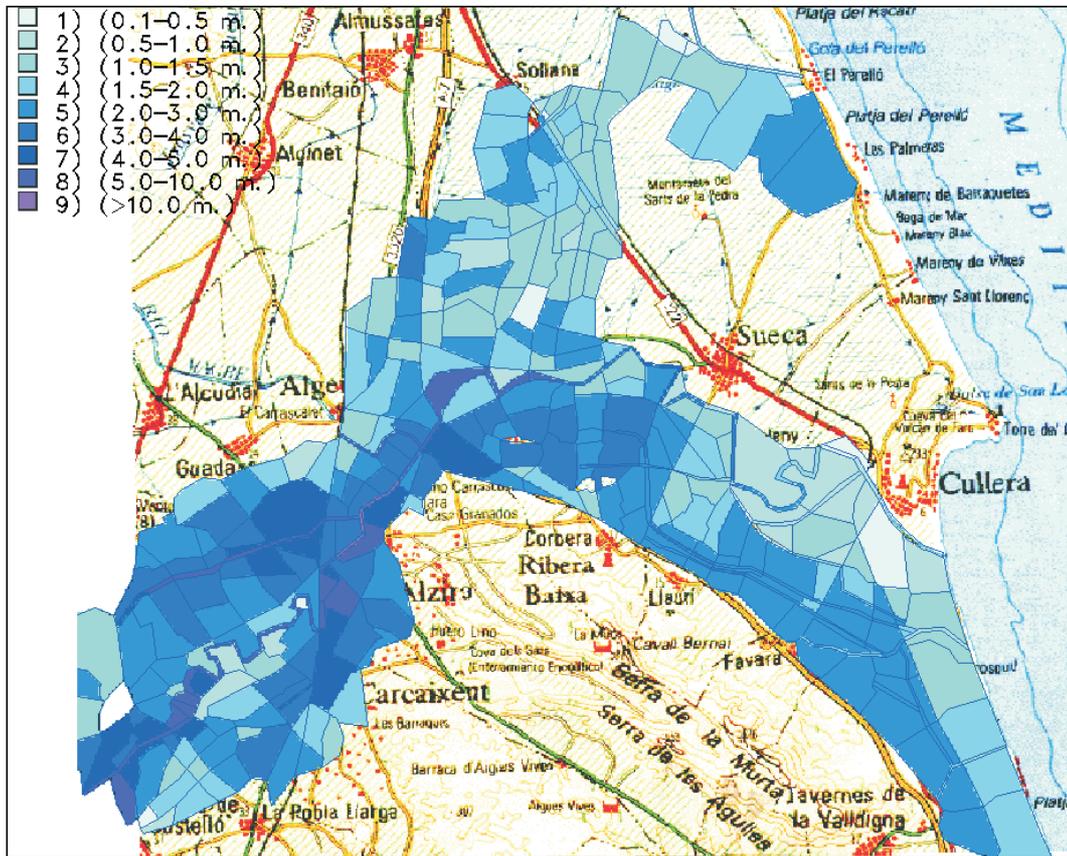


Figura 356.  
Simulación matemática de la inundación de la Ribera del Júcar (octubre de 1982)

Los gráficos de la figura 355 (elaborados a partir de Benito et al., 1997) muestran la distribución mensual de inundaciones históricas en distintas cuencas, pudiendo observarse que, aún cuando se presentan inundaciones en todas las épocas del año, su frecuencia en el área mediterránea (Cataluña, Júcar y Segura) es máxima en otoño, y en todas las cuencas es mínima en primavera y verano.

La geomorfología de las áreas afectadas puede suponer una intensificación de los efectos de las crecidas. En los valles de cabecera los cauces discurren encajados sin llano de inundación. El movimiento del agua es unidimensional y pueden alcanzarse calados y velocidades importantes. En los valles fluviales con terrazas, típicos de los ríos importantes en llanura, el río ocupa el fondo del valle con su cauce menor, e invade la primera terraza cuando éste es insuficiente. El movimiento del agua es también unidimensional, pero existe una importante diferencia en calados y niveles entre el cauce ordinario y el extraordinario. El Tajo en Aranjuez, el Ebro en Zaragoza o el Duero en Zamora son ejemplos clásicos de este tipo de valles.

En los tramos finales de los grandes ríos, cuando el cauce menor se eleva sobre el llano de inundación, se crean valles con relieve inverso, apareciendo zonas laterales deprimidas, cauces extraordinarios y una circulación bidimensional en planta. Como resultado

del escaso relieve, la zona inundable alcanza una extensión de cientos de kilómetros cuadrados, y con una forma irregular. Ejemplos de este tipo de valles son la Marisma del Guadalquivir, la Vega del Segura o la Ribera del Júcar, cuya simulación de la inundación de 1982, realizada por el CEDEX, se muestra en la figura 356.

La evolución de los caudales a lo largo de la Plana se muestra en la figura 357, donde se observa la laminación del hidrograma al propagarse por la llanura de inundación (Estrela y Quintas, 1996a).

En el cambio brusco de pendiente de un río al desembocar en un llano aluvial suelen producirse las formaciones conocidas como abanicos aluviales. En estas áreas el movimiento es bidimensional, con fuerte velocidad y escaso calado. Son frecuentes en las desembocaduras costeras de los ríos pequeños y medianos (Guadalmedina en Málaga o Turia en Valencia), y en las salidas a un valle ancho (río Guadalentín en Lorca) o a un valle glaciar (torrente de Arás en Biescas). Son característicos de regiones áridas o de montaña y originan áreas inundables de forma triangular.

También los efectos antrópicos pueden constituir un factor de intensificación de las crecidas. La deforestación, y consiguiente pérdida de cubierta vegetal, en las cuencas de cabecera, principalmente en zonas monta-

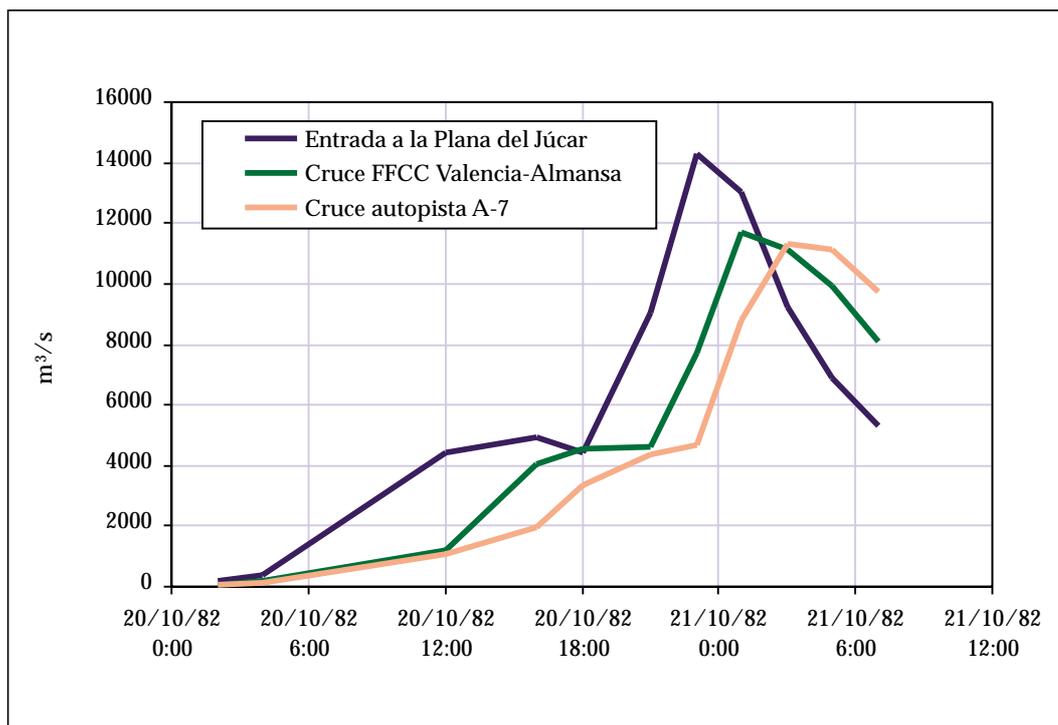


Figura 357. Evolución de caudales a través de la Plana del Júcar (avenida de 1982)

ñosas jóvenes, supone un incremento de la escorrentía superficial. Esta cubierta vegetal tiene un efecto muy apreciable de atenuación de las crecidas pequeñas y medianas. Ante una crecida catastrófica, sin embargo, su efecto es menor en la disminución de caudales, pero es extremadamente beneficioso en la reducción del caudal sólido.

En las zonas inundables la intervención humana ha supuesto la modificación artificial de la respuesta del llano de inundación por las construcciones, cultivos (que cambian la rugosidad natural), obstrucciones de las vías de comunicación y otros obstáculos que son capaces incluso de desviar la inundación hacia lugares que, de no mediar esta intervención humana, no la hubieran sufrido.

Existen incluso casos en los que la modificación del llano de inundación ha llegado hasta la modificación total del cauce del río, dejando el fondo del valle y desviándolo a media ladera. Es el caso de la Vega Baja del Segura, en la que en el siglo XVIII se hace desviar el cauce decenas de kilómetros por el Cardenal Belluga, permitiendo el saneamiento del valle pantanoso, la recuperación de tierras para el regadío, y el establecimiento de colonos que, cultivando esas tierras, pueblan la antigua marisma. Es la obra de las Pías Fundaciones, ejemplo de actuación benéfica similar a la planteada por David Hume para los Países Bajos, y que integra de modo ejemplar actuaciones fluviales y sociales en el agitado contexto histórico del Setecientos.

### 3.12.1.2. Daños producidos por las avenidas

Como se ha mencionado, las avenidas que provocan daños materiales y las que provocan víctimas mortales no siempre son las mismas, y con frecuencia son diferentes. Por ejemplo, mientras que las inundaciones fluviales de Andalucía occidental del año 1996 provocaron pérdidas de 70.000 millones de pesetas y cuatro víctimas mortales en accidentes de tráfico, la de Biescas, de tipo torrencial, ocasionó más de 80 víctimas mortales, con muy escasos daños materiales.

Aunque en los Planes Hidrológicos de cuenca se plantean acciones estructurales en la mayor parte de las grandes ciudades y áreas industriales, turísticas o de servicios, por la gravedad que entrañan las inundaciones en estas zonas, no es frecuente que en ellas se produzcan víctimas mortales directamente por la inundación. En la mayoría de los casos las víctimas se producen en las cuencas de cabecera o afluentes laterales, donde el factor sorpresa, la inadecuación de las infraestructuras de cruce con la red fluvial y el aislamiento aumentan considerablemente el riesgo. Una proporción elevada de las víctimas provocadas por inundaciones en las dos últimas décadas se ha producido en automóviles, caravanas, ciclomotores, etc., que durante una crecida se convierten en elementos de transporte muy inseguros. La disminución de las interferencias de la avenida con la red de transporte, o la utilización de sistemas de alerta, se convierten en elementos clave para la prevención de víctimas.

Así pues, no sólo son a veces crecidas diferentes las que provocan víctimas y daños materiales. Los medios

para evitarlos son igualmente diferentes y los lugares en que se producen también. Un plan de defensa frente a las inundaciones debe considerar ineludiblemente esto, y planificar por separado, aunque coordinadamente, ambas necesidades de protección.

Los propios daños materiales se producen en forma muy diferenciada según los diferentes sectores económicos a los que afecten. La duración de la inundación, por ejemplo, es un factor muy importante en los daños al sector agrícola y, en cambio, resulta de una escasa trascendencia para los restantes usos. El sector servicios, se ve muy afectado por la duración de la suspensión de actividades, que puede estar asociada con la interrupción del servicio eléctrico o del acceso, incluso en zonas que no han llegado a inundarse. Debe resaltarse igualmente la importancia de los daños a los servicios públicos. Incluso dentro de un mismo sector, como el agrícola, existen importantes diferencias según el tipo de cultivo de que se trate (piénsese, p.e. en las diferencias sustanciales entre secanos, árboles, huertas estacionales, o invernaderos para cultivos de primor, en los que puede no solo perderse el cultivo sino destruirse la propia instalación).

Problema, pues, muy diverso, muy vinculado a los usos del suelo, y para el que, como en tantos otros relacionados con las aguas, difícilmente existen fórmulas universales y soluciones genéricas.

### 3.12.1.3. Naturaleza territorial de las avenidas e inundaciones

Como se ha indicado, aunque las avenidas son un suceso hidrológico extremo (en definitiva, un fenómeno natural), su dimensión más importante es territorial. Los terrenos aluviales contiguos a los ríos son llanos y fértiles y la actividad humana ha tendido a localizarse tradicionalmente en ellos.

Pero las características de estas tierras tienen su origen en el propio régimen del río. Así, los daños materiales ocasionados por las crecidas podrían interpretarse como el coste por la ocupación de unos terrenos cuya extensión superficial es muy reducida, pero cuyo valor territorial es muy importante, pues, con frecuencia, el corredor fluvial articula la ubicación de las ciudades, la infraestructura de regadíos, las vías de comunicación, etc.

En algunos casos, las intervenciones para reducir los efectos de las crecidas en una determinada zona pueden agravarlos en otra. Un encauzamiento para proteger una ciudad y sus tierras, por ejemplo, lo hace a costa de acelerar la propagación de la onda de crecida y reduce su laminación, pudiendo en ocasiones agravar la situación de los núcleos situados aguas abajo. Esto se aprecia en

la evolución histórica de los picos de crecida del Ebro entre Castejón y Zaragoza, y ha sido la cuestión de fondo en las últimas inundaciones del Rhin.

En la figura y tabla adjunta se muestran lo que podrían denominarse áreas inundables de primer orden. Corresponden a una selección de tramos de río en los que en los Planes Hidrológicos de cuenca se prevé la adopción de medidas de tipo estructural. En su realización se concentra el 90% de las intervenciones propuestas en los Planes, intervenciones que alcanzan un monto económico total próximo al medio billón de pesetas en los próximos 20 años. Obviamente, dado que su selección se ha realizado de forma subjetiva, estos tramos de río no son los únicos donde pueden producirse problemas, tal y como se comentará más adelante.

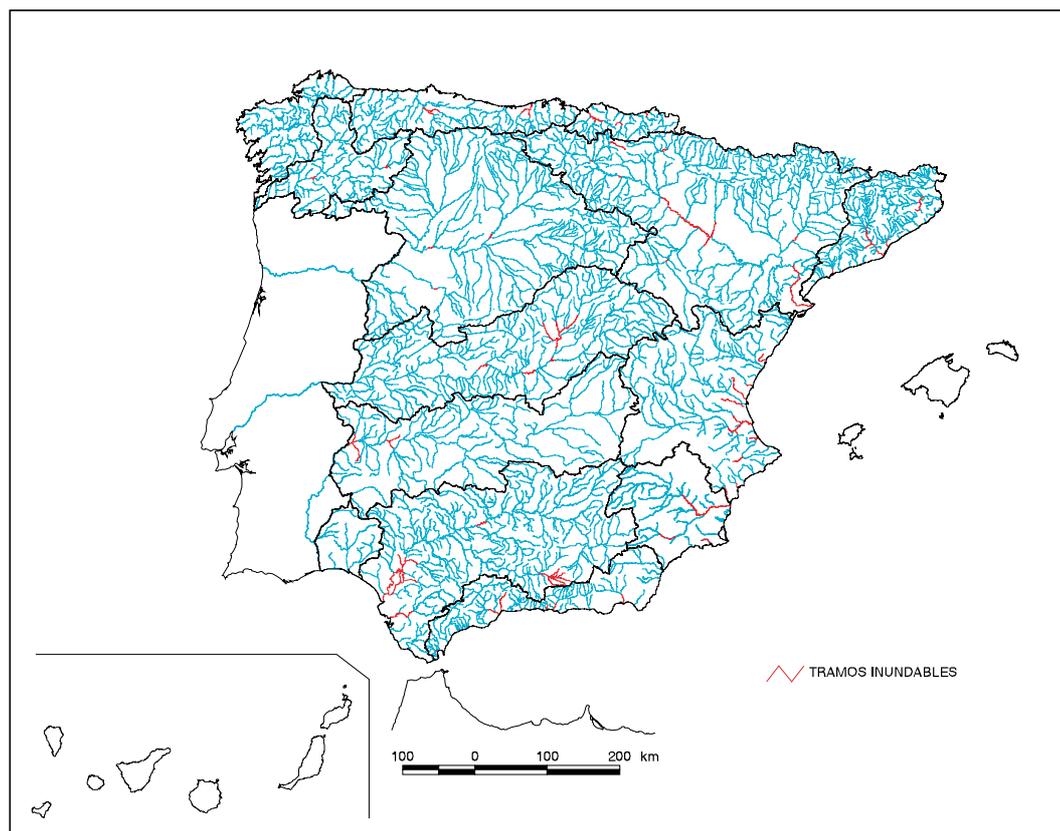
En la figura 358 y en la tabla 109 se muestran lo que podrían denominarse áreas inundables de primer orden. Corresponden a una selección de tramos de río en los que en los Planes Hidrológicos de cuenca se prevé la adopción de medidas de tipo estructural. En su realización se concentra el 90% de las intervenciones propuestas en los Planes, intervenciones que alcanzan un monto económico total próximo al medio billón de pesetas en los próximos 20 años. Obviamente, dado que su selección se ha realizado de forma subjetiva, estos tramos de río no son los únicos donde pueden producirse problemas, tal y como se comentará más adelante.

Las actuaciones que en ellos se consideran se localizan en unas 50 áreas, que engloban 25 capitales de provincia (entre ellas todas las mediterráneas), las áreas metropolitanas de las 7 ciudades de mayor población, la práctica totalidad de las ciudades mediterráneas y sus zonas turísticas, y los valles industriales del norte de España (figura y tabla adjunta). Es decir, estas actuaciones se sitúan donde, además de que las crecidas presentan una mayor torrencialidad, se ha producido en las últimas décadas una gran concentración de población, industrias y servicios. En ocasiones, su carácter crítico se debe a problemas de presión urbanística o invasión de cauces. Se manifiesta, por tanto, que los Planes Hidrológicos de cuenca reflejan como el crecimiento de las ciudades en detrimento de las zonas rurales del centro de la península y el despoblamiento de las áreas de montaña repercute directamente en los daños por inundación.

Las competencias territoriales relativas a inundaciones corresponden a las Comunidades Autónomas y a los entes locales. En este punto es necesario apuntar que no existe una buena coordinación en la materia, pues las Confederaciones Hidrográficas han planteado en ocasiones obras ignorando las directrices urbanísticas

PLAN	CIUDAD	TRAMO DE RÍO
NORTE I	PONFERRADA ORENSE	Río Sil y Boeza Río Miño y Barbaña
NORTE II	TORRELAVEGA  AVILÉS MIERES-LANGREO	Río Saja desde Cabezón de la Sal y Besaya desde los Corrales de Buelna, hasta el mar Ríos Arlós, Magdalena y otros Río Duró y río San Juan en Mieres y Nalón en Barrós y Sotroñdío
NORTE III	SAN SEBASTIAN EIBAR/ERMUA BILBAO	Río Urumea desde Hernani hasta el mar Río Ego Río Nervión desde Arrigorriaga e Ibaizábal desde Amorebieta hasta Etxabarri
DUERO	ZAMORA SALAMANCA VALLADOLID	Río Duero Río Tormes Río Pisuerga
TAJO	ARANJUEZ MADRID-A. Metrop.  TALAVERA TOLEDO	Ríos Tajo y Jarama Ríos Jarama desde Belvis de Jarama, Henares desde Guadalajara y Manzanares desde el embalse de El Pardo, hasta S. Martín de la Vega Río Tajo Río Tajo
GUADIANA	VALDEPEÑAS MÉRIDA BADAJOZ	Arroyo de la Veguilla Río Guadiana y Albarrega Río Guadiana, Gévora y Arroyo Rivillas
GUADALQUIVIR	GRANADA ANDÚJAR-CÓRDOBA SEVILLA	Ríos Darro, Genil, Cubillas y otros hasta Láchar Río Guadalquivir Medio Río Guadalquivir desde zona del río hasta el mar, incluyendo el río Guadaira desde Alcalá, río Pudio desde Aljarate y Arroyo Salado desde el embalse de La Torre del Águila
GUADALETE	JEREZ DE LA FRONTERA	Río Guadalete desde la Barca de la Florida al mar
SUR	MÁLAGA  ALGECIRAS ALMERÍA COSTA DEL SOL GRANADINA (MOTRIL-SALOBREÑA- ALMUÑECAR)	Río Guadalhorce desde Cártama al mar, Guadalmedina y otros Río Palmones Río Andarax, desde Gádor al mar, Rambla de Belén y otros Río Guadalfeo desde Vélez de Banaudalla y río Verde desde Otívar al mar
SEGURA	MURCIA (Todo el valle) LORCA CARTAGENA	Río Segura desde Cieza al mar Río Guadalentín Rambla del Hondón y otros
JÚCAR	RIBERA DEL JÚCAR  VALENCIA-A. Metrop. CASTELLÓN SAGUNTO GANDÍA-LA SAFOR ALCOY ALICANTE-A. Metrop. ELCHE	Río Júcar desde Tous, Magro desde Llombay y Albaida desde Manuel hasta el mar Rambla del Poyo, Barranco de Carraixet y otros Río Seco Río Palancia desde Gilet al mar Río Serpis y otros Río Serpis, Molinar y Barxell Barrancos de Orgegia, Juncaret, de las Ovejas y otros Río Vinalopó
EBRO	VITORIA LOGROÑO MIRANDA DE EBRO PAMPLONA CALATAYUD ZARAGOZA-V. Ebro y A. Metrop.  TORTOSA LÉRIDA	Río Zadorra desde el embalse de Zadorra hasta Zuazo Río Ebro Río Ebro Río Arga Río Jalón Río Ebro desde Castejón a Zaragoza, Gállego desde Zuera y Huerva desde María de Huerva Río Ebro desde Flix al mar Río Segre
CUENCAS INTERNAS CATALUÑA	BARCELONA-A. Metrop.  GERONA TARRAGONA	Maresme, río Besós y otros Río Llobregat desde Manresa hasta el mar, incluyendo las ramblas del Vallés y el río Anoia desde Sant Sadurní Ter desde Salt y Oñar, hasta Cerviá de Ter Río Francolí, tramo final

Tabla 109. Relación de áreas inundables de primer orden identificadas en los Planes Hidrológicos



*Figura 358. Mapa de áreas inundables de primer orden identificadas en los Planes Hidrológicos de cuenca*

de municipios y Comunidades Autónomas, y éstos, a su vez, ignoran el ámbito territorialmente más amplio del problema de las inundaciones, y no siempre actúan con la contundencia que sería necesaria en sus instrumentos de ordenación, planeamiento y disciplina sancionadora. En definitiva, no siempre se llega al equilibrio de planeamiento y cooperación institucional que la compleja naturaleza del problema requiere.

En las áreas inundables de primer orden se hace necesario un análisis espacial pero de suficiente grado de detalle, tanto de los aspectos hidrológicos e hidráulicos como territoriales y urbanísticos, para alcanzar soluciones armónicas y coordinadas entre las administraciones central y autonómica, desarrollándose posteriormente en cada nivel las soluciones plasmadas en un plan conjunto. Las dificultades de esta tarea son, desde luego, muy grandes, pero es una dirección en la que debiera avanzarse sin pausa y de forma decidida.

Por otra parte, y como se apuntó, hay otras muchas zonas con poca trascendencia a escala de la gran cuenca, pero en las que localmente pueden producirse problemas de gravedad. Parece lógico que las Comunidades Autónomas dispongan de mapas de zonas sometidas a riesgo de inundación, a escala adecuada, a disposición de las Comisiones Provinciales de urbanismo, y que éstos mapas sean tenidos en cuenta en los planes urbanísticos que se realicen, que pueden y deben llegar a un grado de detalle mucho

mayor. Tan sólo el País Vasco y la Comunidad Valenciana disponen por ahora de este tipo de instrumentos (Generalitat Valenciana, 1997).

Una vez identificadas las zonas problemáticas, y abordado el estudio detallado de cada una de estas zonas, la necesidad de trabajar tales problemas a escala local es obvia, pues no sería posible, ni tendría sentido, abordar el problema a escala global, desde una instancia administrativa central. Así, si se dispusiera de una cartografía de riesgo adecuada y de los instrumentos urbanísticos y legales suficientes, los problemas de protección de núcleos urbanos reducidos podrían abordarse mejor desde las Comunidades Autónomas y Entidades locales. No parece que tenga sentido incluir la protección de municipios o núcleos de muy pocos habitantes en los Planes Hidrológicos de cuenca.

Distinta cuestión de la necesidad y responsabilidad del trabajo a escala local, es la de la deseable conformación de un programa nacional para el impulso de los mapas de riesgos, de forma consorciada entre los Órganos competentes de la Administración Central y los de las Comunidades Autónomas, acompañando dicho plan de su correspondiente programación económico-financiera, y del que no debiera estar ausente el Consorcio de Compensación de Seguros mediante fórmulas como las de creación de un fondo constituido al efecto, dedicando un pequeño porcentaje de las

primas por riesgos extraordinarios a tal fin. El órgano estatal de Protección Civil podría ser el impulsor y coordinador de esta iniciativa.

Todas estas labores han de hacerse, obviamente, sin perjuicio de la lógica supervisión para las zonas de policía que establece la legislación por parte de las Comisaría de Aguas.

En efecto, el RDPH define el cauce de una corriente como el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias, y establece una zona de policía de 100 metros de anchura medidos horizontalmente a partir del cauce en la que se pueden condicionar e incluso impedir ciertos usos o cambios de uso.

El desarrollo de la tutela encomendada a las Comisaría de Aguas sobre la zona de policía tropieza con una acusada falta de medios, no sólo para las labores de guardería fluvial, sino también para la supervisión de los planes urbanísticos. Las Comisiones Provinciales de urbanismo suelen carecer de mapas de riesgo y de deslindes y, sistemáticamente, remiten un oficio a la Comisaría de Aguas correspondiente, señalando la existencia de un determinado Plan, que pudiera afectar a zonas de su competencia, para su informe. Esto hace que las Comisaría de Aguas deban informar acerca de un gran número de documentos muy complejos, que requieren estudios técnicos no inmediatos, y en trámites administrativos con plazos muy reducidos. Como consecuencia, una buena parte de ellos se aprueban por silencio administrativo. La clarificación de funciones de las administraciones concurrentes en las zonas inundables resulta, a estos efectos, una actuación prioritaria.

El trazado de mapas de riesgo, su informatización y divulgación sistemática y, sobre todo, la catalogación, clasificación y categorización de los problemas, permitirían a las diferentes Administraciones dar una respuesta adecuada a estas cuestiones.

Parece un objetivo crucial detener en las Comisiones Provinciales los planes urbanísticos incorrectos. Si un plan es aprobado y se declara suelo urbanizable una zona inundable, la recalificación resultará en la práctica imposible, ya que obligaría a la administración a indemnizaciones inabordables. El suelo ya declarado urbano, aunque no haya sido construido, hoy por hoy obliga a la adopción de soluciones de tipo estructural. Desgraciadamente ésta es una situación que se da con mucha frecuencia.

#### 3.12.1.4. Inundaciones y vías de comunicación

La importancia que el transporte tiene en las sociedades modernas adquiere un singular relieve en situacio-

nes de inundación por las interrupciones masivas que pueden llegar a producirse. La incomunicación consiguiente impide la evacuación y la llegada de ayudas de emergencia. La situación de la red viaria en las zonas inundables se convierte así en un elemento clave de la política de defensa contra avenidas.

La localización y, en su caso, modificación e incluso eliminación de puentes y obras de desagüe insuficientes, la señalización y la eliminación de badenes son medidas de gran efectividad para la protección de vidas humanas.

La actual Instrucción de la Dirección General de Carreteras (MOPU-DGC, 1990) ha supuesto un importante avance en la solución de estos problemas, pues los nuevos tramos de carretera que se construyen tienen una seguridad muy superior a los antiguos, donde se concentra la mayor parte de los puntos conflictivos.

Las obras lineales (sobre todo los grandes terraplenes) y las obras de desagüe insuficientes pueden desviar la inundación hacia otras zonas o agravarla aguas arriba. Es preciso reconocer, sin embargo, que la afección no puede eliminarse por completo y tampoco sería deseable encarecer las obras hasta extremos antieconómicos. La planificación conjunta de las vías de comunicación y de las actuaciones en las zonas inundables de primer orden puede contribuir a resolver estos problemas.

Es importante además considerar que el coste de la inundación de un tramo de carretera trasciende al puro coste material de la reposición de la obra de fábrica, ya que las consecuencias derivadas de la interrupción del servicio pueden resultar inconmensurables. La composición de escenarios de disrupción del sistema puede ayudar a identificar aquellos puntos vitales en los que puede estar justificado adoptar mayores niveles de seguridad. Una situación análoga se plantea con la red de ferrocarriles y la red eléctrica.

#### 3.12.1.5. Inundaciones y grandes presas

Las presas constituyen un método estructural muy eficaz de defensa contra avenidas, ya sea por medio de los resguardos en embalses multiuso o incluso como objetivo básico de la obra.

No producen efectos secundarios aguas abajo, como los encauzamientos, y desde el punto de vista ambiental concentran el impacto sobre el ecosistema fluvial en un tramo reducido. El benéfico efecto que la política de construcción de grandes presas ha tenido sobre la laminación de crecidas es muy palpable en las cuencas atlánticas, del Sil al Guadalquivir.

Su utilización resulta mucho más problemática en las cuencas cortas mediterráneas y cantábricas, donde los vasos son reducidos, los ríos arrastran muchos sedimentos y existe una gran desproporción entre el caudal punta y el caudal medio. La celeridad con que se producen estas puntas impide o hace peligroso el control de la crecida, y se requiere de sistemas de previsión y ayuda para este control. En ocasiones excepcionales podría agravarse el efecto de la crecida si el aliviadero resultara insuficiente o si se produjera una maniobra incorrecta de las compuertas. Por este motivo, el uso de las grandes presas como control de avenidas se considera una solución de primera importancia, pero requiere una planificación previa de impactos y de las situaciones de emergencia.

### 3.12.1.6. Implicaciones ambientales de la defensa contra las crecidas

Las crecidas e inundaciones son un elemento ambiental más y, como tal, desempeñan un papel en el ecosistema natural. Por una parte son un medio básico de transporte de sedimentos, de modelación geomorfológica y, por tanto, de renovación del sustrato físico del ecosistema. Por otra parte, las crecidas controlan la demografía de las especies superiores, tanto vegetales como animales, del ecosistema fluvial.

Por este motivo, la política de gestión de crecidas que progresivamente se impone en los países occidentales es la de permitir cierto número de inundaciones controladas con objeto de restablecer el equilibrio del ecosistema, alterado por la disminución de oscilaciones de caudal que comporta la regulación realizada por los embalses.

La protección a ultranza de bienes, en particular a través de obras de encauzamiento o acondicionamiento, ha supuesto, en ocasiones, la desaparición completa del ecosistema, sustituyendo los ríos por canales artificiales. La protección de terrenos agrícolas a costa de la destrucción de los ecosistemas ribereños está siendo desaconsejada e incluso prohibida en algunos países de la Unión Europea y se considera una práctica más adecuada el establecimiento de seguros agrarios. Otro instrumento no ensayado en España, pero aplicado con notable éxito en Estados Unidos, es la compra de terrenos y su reversión al patrimonio forestal del Estado. Esta política de adquisición de áreas ribereñas y su posterior restauración presenta gran interés y ha sido propuesta en el Plan Hidrológico del Duero.

En otros casos, relativamente frecuentes, los encauzamientos se construyen como solución a un problema sanitario. En efecto, es muy frecuente que el entorno urbano de un cauce no canalizado tienda a degradarse

y los Ayuntamientos exijan su canalización, no como protección frente a crecidas sino por razones de salubridad pública.

### 3.12.2. Antecedentes en actuaciones de defensa

Existen referencias documentadas de propuestas de medidas de defensa frente a inundaciones desde muy antiguo. Así, Gómez Ortega et al. (1866) analizan en un interesante estudio las inundaciones del Júcar de 1864, estudiando las ventajas e inconvenientes de distintas medidas de defensa, y proponiendo una serie de actuaciones. Con carácter general las escasas posibilidades y limitaciones constructivas de aquellos tiempos hacen que la construcción de las distintas obras de protección resultase prácticamente inabordable.

Entre otras medidas analizan el efecto de los diques longitudinales y transversales, la construcción de depósitos o presas, los diques de protección de las poblaciones y el efecto de la repoblación forestal. Los autores exponen que por distintas razones no es posible adoptar un sistema general de defensa para el valle del Júcar, conclusión que continúa siendo válida hoy en día. Aunque de su estudio se deducen algunos errores conceptuales sobre la incidencia de algunas medidas de defensa, como es el efecto laminador de las presas, no cabe duda de que es un trabajo de gran valía, donde ya se introduce una clasificación de medidas estructurales similar a la utilizada en la actualidad.

Otro significativo ejemplo de planes históricos de defensa es el proporcionado por el magistral *Anteproyecto de Obras de Defensa contra las inundaciones en el Valle del Segura*, presentado por Ramón García y Luis Gaztelu en 1886, tras la inundación de 1879 en la cuenca del Segura, cuyos devastadores efectos llegaron a alcanzar resonancia internacional (aparece citada, por ejemplo, en la proustiana Recherche). Tras analizar las ventajas e inconvenientes de los sistemas de diques longitudinales y transversales, embalses, desviaciones, repoblaciones, etc, llegan a una conclusión que sorprende por su completa vigencia y actualidad: *Tenemos la creencia de que ninguno resuelve por sí sólo, en general, esta gravísima cuestión; gracias que en una selección acertada de los diferentes sistemas pueda hallarse remedio, si no completamente eficaz, que dé siquiera racionales probabilidades de convertir en un hecho ordinario y común esos memorables acontecimientos que llevan el luto a tantas familias*. Agrupan las obras en tres categorías: las que se oponen directamente al desbordamiento, las que modifican el régimen de las aguas rebajando el nivel máximo y los medios indirectos. Al primer grupo pertenecen los diques longitudinales, al segundo los embalses, canales de desviación y repo-

blaciones forestales y el tercero comprende los medios que no evitan las inundaciones pero tienden a hacer más llevaderos sus perjuicios, como son los seguros, la reglamentación de zonas inundables o la elección de cultivos etc.

La modernidad de estas ideas, junto con la concepción integrada de la defensa contra inundaciones y el aprovechamiento del agua para riegos, siempre presentes en la mente del planificador, hacen de este Plan un claro antecedente de la moderna planificación hidrológica, y muestran a sus autores como figuras pioneras en el desarrollo del pensamiento hidráulico español del último siglo.

Ya en fechas próximas a nuestros días, las graves inundaciones que tuvieron lugar en 1982 en el levante español fueron uno de los motivos por los cuales se creó, en mayo de 1983 y en el seno de la Comisión Nacional de Protección Civil, la Comisión Técnica de Emergencia por Inundaciones (CTEI).

Entre los objetivos de esta Comisión figuraba el estudio y clasificación de las zonas potencialmente amenazadas por riesgo de inundación, incluyendo el mapa de riesgo correspondiente, la recopilación, clasificación y elaboración de la información sobre catástrofes históricas más significativas ocasionadas por inundaciones y la realización del estudio de actuaciones y medidas de carácter preventivo, a medio y largo plazo, para corregir o disminuir los efectos de las inundaciones potenciales en función de los riesgos establecidos.

A este respecto, y como antecedentes destacables, merecen recordarse algunas brillantes y exhaustivas recopilaciones de avenidas históricas, como la de Couchoud y Sánchez Ferlosio (1965).

Los trabajos de la Comisión fueron coordinados por la DGOH, elaborándose un Informe general (MOP, 1983) en el que se recogían los antecedentes directos disponibles y se desarrollaba una metodología apta para tipificar las causas y efectos de las inundaciones, evaluar sus daños e identificar las actividades para su prevención y mitigación. En los informes parciales para cada una de las diez cuencas hidrográficas peninsulares se incluían la identificación y análisis de las inundaciones históricas ocurridas y la delimitación y clasificación de las zonas de riesgo potencial. Así, se identificaron 2438 inundaciones históricas ocurridas en los últimos cinco siglos, realizándose una ficha con toda la información de interés para cada una de ellas. De acuerdo con esta información se localizaron 1036 zonas con riesgo potencial en la península, se estableció un criterio de clasificación en función del riesgo y se elaboraron mapas a escala 1:200.000 en los que se situaron los límites de cada una de las zonas, distinguiendo las prioridades de actuación en cada una de ellas.

Estos estudios han resultado decisivos para fundamentar los Planes Generales de Defensa contra Avenidas desarrollados por la DGOHCA y han servido de base a los planes de protección civil ante el riesgo de inundaciones elaborados por Delegaciones de Gobierno y Gobiernos Civiles en los últimos años.

Ahora bien, su falta de actualización, las obras de corrección realizadas en las diferentes cuencas y las modificaciones experimentadas desde entonces por la legislación referente a esta materia, imponen afrontar una revisión en profundidad de estos trabajos. En esta línea, el Comité Estatal de Coordinación previsto en la Directriz Básica de Inundaciones acordó en 1996 la constitución de un Grupo de Trabajo sobre Análisis de Riesgos de Inundaciones en España, elaborándose en 1997 por la Dirección General de Protección Civil una Guía metodológica (Bustamante y González, 1997) para orientar, precisamente, en los procedimientos de actualización homogénea y sistemática del primitivo Catálogo.

### 3.12.3. Criterios de actuación

#### 3.12.3.1. Principios básicos

Las actuaciones de defensa contra inundaciones deberían regirse por una serie de principios básicos que aseguren su eficacia en la reducción de daños. Entre ellos cabe destacar los siguientes:

- **Coordinación.** Se hace necesaria una actuación conjunta y coordinada de las distintas administraciones e instituciones implicadas, con una delimitación clara de objetivos y cometidos.
- **Descentralización.** Las áreas inundables de primer orden parecen requerir una actuación desde la Administración central, si bien con participación de las administraciones local y autonómica por la índole territorial del problema, pero en el resto de las zonas los problemas pueden ser resueltos por las Comunidades Autónomas, contando con asesoramiento y supervisión de las Confederaciones Hidrográficas en las cuencas intercomunitarias.
- **Separación de daños.** Es necesario el desarrollo de programas orientados a objetivos diferenciados. En los programas específicos para la reducción del número de víctimas las actuaciones sobre la red viaria y los sistemas de previsión y alerta deben jugar un papel fundamental. En los programas para la reducción de daños agrícolas se debe incidir en la creación de seguros agrarios.
- **Realismo.** Debe admitirse que el problema de las inundaciones no admite soluciones definitivas, por lo

que siempre ha de aceptarse un cierto riesgo residual. No existe, ni puede existir, la seguridad completa frente a las inundaciones, sino únicamente la disminución del riesgo. Por ello, parece lógico fijar como objetivo unos umbrales de protección estructural adecuados que permitan lograr niveles homogéneos de seguridad en todo el territorio y cubrir los riesgos superiores con programas de medidas no estructurales.

- **Respeto al medio ambiente.** Debe evitarse el deterioro injustificado de los ecosistemas fluviales, potenciando las medidas de tipo no estructural. Cuando las medidas estructurales resulten imprescindibles, deberán buscarse soluciones lo menos agresivas posible que permitan minimizar el impacto sobre el medio ambiente.
- **Prevención.** Los problemas de inundabilidad deben ser prevenidos antes de que se requieran intervenciones futuras. Evitar la ocupación urbana de zonas inundables y orientar el crecimiento de las ciudades hacia zonas seguras es el mejor método para evitar dichas intervenciones. Es básico retener la idea fundamental de que, en sociedades hidráulicamente desarrolladas, el problema de las inundaciones se traslada del campo de las infraestructuras al de la ordenación territorial.
- **Transparencia.** Es preciso realizar un esfuerzo para presentar con realismo los riesgos asumidos y explicar con claridad los objetivos de las medidas adoptadas. Los mapas de riesgo deben ser divulgados y difundidos no sólo entre Administraciones y técnicos, sino también entre los ciudadanos.

### 3.12.3.2. Criterios técnico-económicos

Desde el punto de vista técnico es posible apuntar una serie de criterios para la correcta planificación de soluciones y para la organización y ejecución de las actuaciones de defensa.

Los mapas de riesgo, en los que se representan las principales magnitudes (alturas y velocidades del agua, peligrosidades, duración de la inundación, etc.) asociadas a las inundaciones que suceden con determinada frecuencia, constituyen un instrumento particularmente eficaz en la planificación de las actuaciones de defensa.

Para las áreas inundables de primer orden los mapas de riesgo deberían realizarse a escala 1:5.000, típica de la planificación urbanística.

La elaboración de los mapas de riesgo debe incluir un análisis hidro-geomorfológico previo para la identificación y caracterización preliminar cualitativa de las áreas de estudio, un estudio hidrológico para la determinación de las probabilidades de presentación o

periodos de retorno de caudales de diferente magnitud, y un estudio hidráulico para el cálculo de los niveles asociados a dichos caudales. Finalmente, el análisis económico permitirá evaluar los impactos territoriales económicos de las inundaciones.

En los mapas de riesgo debe representarse como mínimo la crecida de periodo de retorno de 100 años, y sería conveniente la de retorno de 500 años.

Los parámetros que definen la gravedad de una inundación son el nivel alcanzado por el agua (calado), su velocidad, la duración de la inundación y el tiempo de respuesta. Otros indicadores como tipologías de riesgo o peligrosidades pueden deducirse a partir de estos parámetros básicos.

El nivel del agua marca la gravedad de los daños materiales. Un nivel superior a 0,8-1 m suele implicar daños totales, mientras que un nivel inferior a 0,3-0,4 m supone unos daños muy reducidos. De acuerdo con los calados y los periodos de retorno se podrían distinguir las siguientes zonas de riesgo (la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones establece una clasificación semejante, si bien en ella se utilizan diferentes periodos de retorno y no se especifica el valor de los calados):

- **Zonas de riesgo bajo:** Son aquéllas donde cabe esperar inundaciones de calado reducido (menor de 0,4 m) con periodo de retorno superior a 25 años.
- **Zonas de riesgo medio:** Aquéllas con calado intermedio (entre 0,4 y 0,8 m) y periodo de retorno superior a 100 años, o con calado reducido y retorno inferior a 25 años.
- **Zonas de riesgo alto:** Aquéllas con calado intermedio o alto y periodo de retorno inferior a 100 años.

La velocidad es un buen indicador de los daños, tanto materiales (sobre todo en cultivos) como humanos. Una velocidad superior a 1 m/s significa un riesgo alto. Por ello es aconsejable añadir a la definición de zona de riesgo alto, la condición de que la velocidad sea superior a 1 m/s, sea cual sea el calado esperado.

Asimismo, una combinación crítica de niveles y velocidades da lugar al concepto de peligrosidad de la inundación, para el que cabe distinguir en la práctica, y siguiendo los criterios de la ASCE recogidos en Vallarino (1991), los tres niveles siguientes:

- No peligrosidad, si la altura de inundación es menor de 1 m, y el producto de altura (m) por velocidad (m/s) es menor de 0,7.
- Peligrosidad media, o peligro para las vidas humanas, si la altura de inundación es mayor de 1 m, o el producto de altura (m) por velocidad (m/s) es mayor de 0,7.

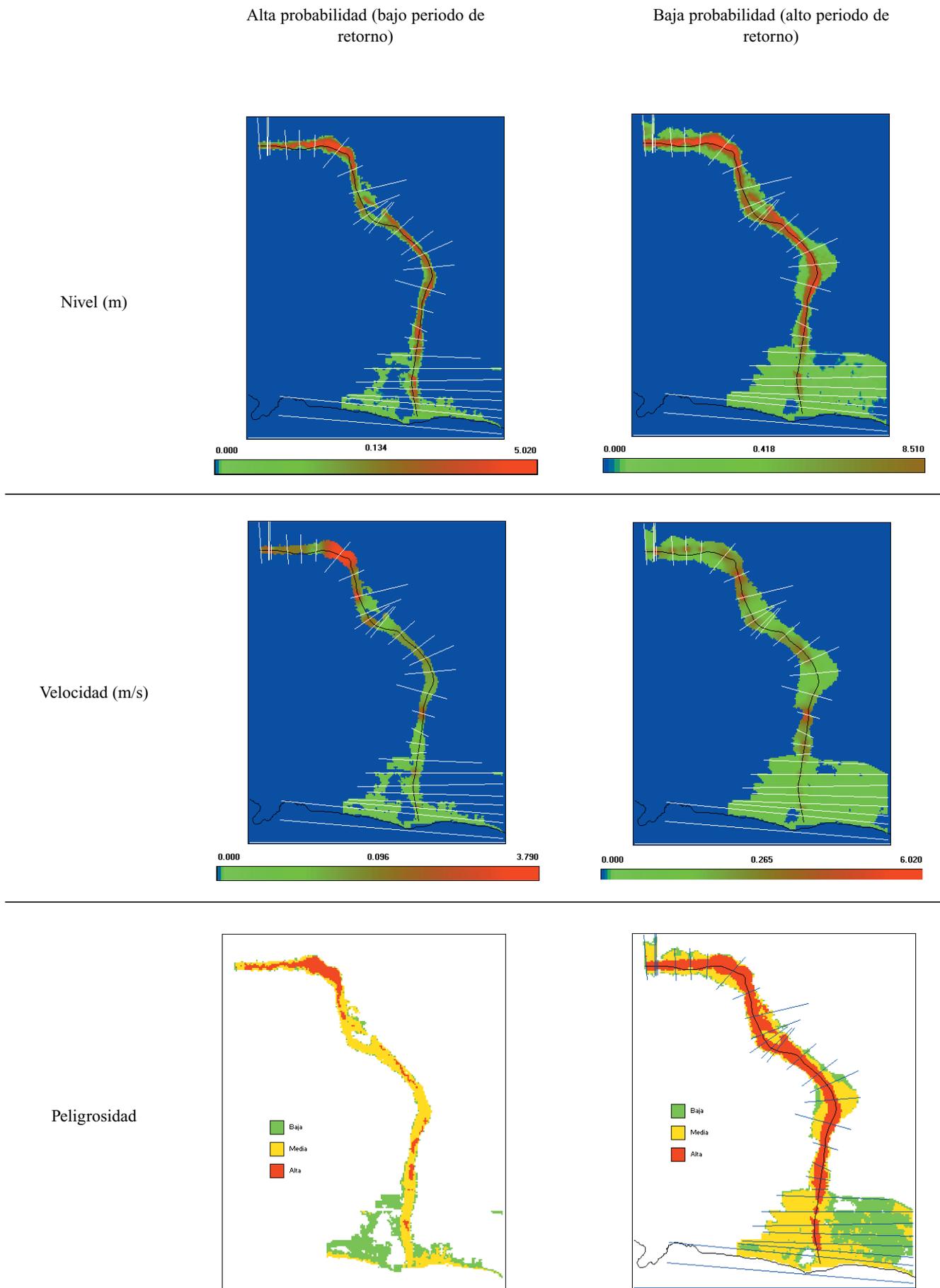


Figura 359. Niveles, velocidades y peligrosidades generados por las inundaciones en la rambla de las Moreras