

Agua y sostenibilidad:
Funcionalidad de las cuencas

Índice

pág. 5	Autores y Agradecimientos
pág. 7	Presentaciones
pág. 7	• Preámbulo de Elena Espinosa, Ministra de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino
pág. 9	• Presentación de Luis M. Jiménez Herrero, Director Ejecutivo del OSE
pág. 11	1. INTRODUCCIÓN
pág. 17	2. OBJETO, MÉTODO Y ESTRUCTURA
pág. 23	3. MARCO DE REFERENCIA
pág. 25	3.1. Marco geográfico
pág. 28	3.2. Medio físico y biótico
pág. 35	3.3. Marco socioeconómico
pág. 39	3.4. Marco institucional
pág. 41	4. EL AGUA EN ESPAÑA: EVALUACIÓN MEDIANTE INDICADORES
pág. 43	Introducción
pág. 47	4.1. Indicadores de aguas superficiales
	4.1.1. Indicadores de factor determinante
	Precipitación
	Temperatura
	Evapotranspiración
	Densidad de población
	Concentración de la población
	Noches de estancia
	Superficies de regadío
	Superficie de cultivos intensivos
	Cabezas de ganado
	VAB industria
	VAB industria más contaminante
	4.1.2. Indicadores de presión
	Agua distribuida por grupo de usuarios
	Demandas
	Dotaciones en el abastecimiento urbano
	Consumos de fertilizantes
	Consumo de pesticidas
	4.1.3. Indicadores de estado
	Índice de humedad
	Anomalía en la precipitación
	Anomalía en la temperatura
	Anomalía evapotranspiración
	Humedad del suelo
	Recursos hídricos naturales
	Reservas nivales
	Almacenamiento en embalses
	Caudales en ríos
	Índices de explotación y consumo
	Productividad del agua en la agricultura
	Estado hidrológico
	Estado de masas superficiales
	Contaminación orgánica
	Porcentaje de conformidad EDAR
	4.1.4. Indicadores de impacto
	Superficie de aridez
	4.1.5. Indicadores de respuesta
	Inversión medidas oferta
	Inversión en depuración
	Número de presas
	Capacidad de embalse
	Capacidad de reutilización
	Capacidad de desalación
	Eficiencia en el uso del agua urbano
	Precio del agua
	Evolución superficie Red Natura

pág. 88	4.2. Indicadores de aguas subterráneas
pág. 88	4.2.1. Indicadores de presión
	Índice de explotación
	Índice de extracciones
	Excedente de nitrógeno en los suelos agrícolas
	Porcentaje de superficie urbana
	Porcentaje de superficie industrial
	Porcentaje de minería
	Porcentaje de áreas deportivas y recreativas
	Aeropuertos
	Zonas cubiertas o semicubiertas de agua
	Poblaciones sin saneamiento
	Vulnerabilidad
	Porcentaje de escombreras
	Suelos contaminados
	Balsas de residuos mineros
	Emplazamientos potencialmente contaminantes
	Intrusión marina
	Recarga artificial inducida
	Vertidos a aguas subterráneas
	Vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación por nitratos
pág. 90	4.2.2. Indicadores de impacto
	Nivel freático
	Declaración de sobreexplotación
	Salinización
	Afección a ecosistemas asociados
	Nitratos en acuíferos
	Plaguicidas
	Amonio
	Metales
	Percloro etileno (PCE)
	Tricloro etileno (TCE)
	Estado de masas subterráneas
pág. 97	5. SOSTENIBILIDAD DEL USO Y LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS Y DEL PATRIMONIO HÍDRICO. SITUACIÓN Y PERSPECTIVAS
pág. 99	Introducción
pág. 99	5.1. Evaluación preliminar según indicadores
	5.1.1. Acoplamiento general entre desarrollo y uso y degradación del recurso
	5.1.2. Agua y agricultura
	5.1.3. Agua e industria
	5.1.4. Usos urbanos del agua
	5.1.5. Agua y turismo
	5.1.6. Usos energéticos del agua
	5.1.7. Los precios y costes de los servicios del agua
	5.1.8. Elementos para una gestión más sostenible del agua
	5.1.9. El reto de las aguas subterráneas
pág. 113	5.2. Cambio climático y ciclo hidrológico
	5.2.1. Ciclo hidrológico en la cuenca
	5.2.2. Cambio climático y régimen de las cuencas
pág. 116	5.3. Una aproximación general a la evaluación integral de las cuencas
	5.3.1. Los flujos en la cuenca
	5.3.2. Índices de estrés hídrico
	5.3.3. Indicador de intensidad de uso
	5.3.4. Alteraciones metabólicas y sostenibilidad
	5.3.5. La clave de la calidad del agua
	5.3.6. Masas de agua muy modificadas y niveles de riesgo
pág. 123	5.4. Sinergias Agua y Energía. Análisis del ciclo de vida del agua en clave energética
pág. 127	6. FUNCIONALIDAD DE LAS CUENCAS COMO CLAVE PARA LA SOSTENIBILIDAD: ALGUNOS CASOS PILOTO
pág. 129	Introducción
pág. 130	6.1. Cuenca del Segura
pág. 154	6.2. Cuencas mediterráneas en entornos de gran consumo urbano: el caso de la región de Barcelona
pág. 165	6.3. Cuenca del Jalón
pág. 187	7. CONSIDERACIONES FINALES
pág. 189	7.1. En cuanto al ejercicio metodológico
pág. 191	7.2. En cuanto a los resultados de las evaluaciones
pág. 195	ANEXOS
pág. 197	Relación de siglas, acrónimos y abreviaturas
pág. 198	Referencias bibliográficas
pág. 201	Relación de figuras, tablas y mapas

autores y agradecimientos

EQUIPO OSE

Dirección:

Jiménez Herrero, Luis M.

Asesoramiento:

Jiménez Beltrán, Domingo

Coordinación general:

Guaita García, Noelia
Landa Ortiz de Zárate, Lucía

Equipo técnico:

Ochoa, Juan Carlos
López Hernández, Isidro
Lerille, Agnes

Administración:

Checa Rodríguez, Almudena
Chicharro González, Ana

AUTORES-COLABORADORES

Capítulo 1

Araújo, Joaquín

Capítulo 2

Equipo técnico OSE

Capítulo 3

del Moral Ituarte, Leandro (Fundación Nueva Cultura del Agua. Departamento de Geografía Humana, Universidad de Sevilla)
del Villar, Alberto
López, Isidro (OSE)
Maestu, Josefina (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino)
Prat, Narcís (Departamento de Ecología, Universitat de Barcelona)
Ruiz, Juan Manuel (Centro de Estudios Hidrográficos)

Capítulo 4

Consulnima
López Vera, Fernando (Universidad Autónoma de Madrid)

Capítulo 5

Coordinadores:
Ruiz, Juan Manuel (Centro de Estudios Hidrográficos)
Maestu, Josefina (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino)

Cabello, Daniel (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino)
Estevan, Antonio (Centro de Estudios Hidrográficos)
Heras, Francisco (Centro de Estudios Hidrográficos)
Hernández Mora, Nuria
Iglesias, Raquel (Centro de Estudios Hidrográficos)
Lacalle, Abel (Centro de Estudios Hidrográficos)
López Vera, Fernando (Universidad Autónoma de Madrid)
Lorenzo, Domingo (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino)
Omedas, Manuel (Oficina de Planificación Hidrológica, Confederación Hidrográfica del Ebro)
Ortega, Enrique (Centro de Estudios Hidrográficos)
Sánchez Tamarit, Sici
Sintes, María (Centro de Estudios Hidrográficos)

Capítulo 6

CUENCA DEL SEGURA

Coordinadora: Martínez, Julia (Observatorio de la Sostenibilidad en la Región de Murcia)

Esteve, Miguel Angel (Observatorio de la Sostenibilidad en la Región de Murcia)
Carreño, Francisca (Observatorio de la Sostenibilidad en la Región de Murcia)
Miñano, Jesús (Observatorio de la Sostenibilidad en la Región de Murcia)
Robledano, Francisco (Observatorio de la Sostenibilidad en la Región de Murcia)
Suárez, María Luisa (Observatorio de la Sostenibilidad en la Región de Murcia)
Vidal-Abarca, M^a Rosario (Observatorio de la Sostenibilidad en la Región de Murcia)

CUENCAS INTERNAS DE CATALUÑA

Coordinador: Prat, Narcís (Departamento de Ecología, Universitat de Barcelona)

Borràs, Gabriel (Agencia Catalana del Agua)
de Torres, Mariona (Agencia Catalana del Agua)
Galbiati, Lorenzo (Agencia Catalana del Agua)
Manzanera, Marta (Agencia Catalana del Agua)
Molist, Jordi (Agencia Catalana del Agua)
Munné Antoni (Agencia Catalana del Agua)
Niñerola, Josep Maria (Agencia Catalana del Agua)
Niso, Muntsa (Agencia Catalana del Agua)

CUENCA DEL JALÓN

Coordinadora: Maestu, Josefina (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino)

Cabello, Daniel (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino)
Domingo, Lorenzo (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino)
Omedas, Manuel (Oficina de Planificación Hidrológica, Confederación Hidrográfica del Ebro)

Capítulo 7

Equipo OSE

López Vera, Fernando (Universidad Autónoma de Madrid)

Revisión de textos:

González, Santiago (Universidad Politécnica de Madrid)

AGRADECIMIENTOS

- Subdirección General de Planificación y Uso Sostenible del Agua. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino
- Centro Temático Europeo de Usos del suelo e información geográfica (ETC-LUSI)
- Confederación Hidrográfica del Segura

COMITÉ CIENTÍFICO

Gómez Sal, Antonio (**Presidente**)
Azqueta Oyarzun, Diego
Bono Martínez, Emerit
Bosque Sendra, Joaquín
Cendrero Uceda Antonio
Díaz Pineda, Francisco
Fernández-Galiano, Eladio
González Alonso, Santiago
Justel Eusebio, Ana
Naredo Pérez, José Manuel
Pérez Arriaga, Ignacio
Prat i Fornells, Narcís
Riechmann Fernández, Jorge

prólogo

Elena Espinosa

MINISTRA DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO

El Observatorio de la Sostenibilidad nos presenta su tercer informe de carácter temático. Un informe dedicado al Agua, en un momento de especial importancia pues coincide con un hecho de gran relevancia científica, social y política: la Exposición Internacional Zaragoza 2008.

Existe en España una gran tradición en la elaboración y recopilación de datos sobre el agua, lo que nos convierte en uno de los países que más información aglutina sobre su patrimonio hídrico. El desafío es convertirla en información relevante y de uso directo para la toma participativa de decisiones.

Conociendo esta carencia, pero especialmente la oportunidad que representaba tan ingente información, el Ministerio dió recientemente un paso muy importante con la creación del Sistema Integrado de Información del Agua (SIA), que pretende recoger toda la información relacionada con el agua, interna y externa, dentro de un sistema único y centralizado y utilizando para ello herramientas de análisis geográfico de la información. Nos encontramos ahora en su desarrollo y depuración, con el objetivo de convertirlo en el referente obligado sobre datos del agua en España.

Paralelamente, el Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE) recuperó y ordenó gran parte de esta información existente, poniéndola en valor y analizando las carencias bajo el enfoque integrador de sus evaluaciones. Con este Informe, el OSE recopila información para la sostenibilidad del recurso, más allá de su mera gestión eficiente, con la intención de apoyar una nueva cultura del agua -Agua y Sostenibilidad-.

Se aborda además desde un nuevo enfoque, aprovechando los beneficios de una evaluación integrada de las diferentes dimensiones del recurso mediante indicadores que permiten tener una visión más que completa sobre muchas de las dimensiones que rodean al agua: calidad, disponibilidad, gestión, economía del agua, sus vínculos con el desarrollo rural, las obligaciones de la Directiva Marco de Agua, etc.

La información que arroja los indicadores es completada con un planteamiento de futuro: el mantenimiento de la funcionalidad de nuestras cuencas. Para lo cual se presentan tres estudios de caso: la experiencia enriquecedora de la Cuenca del Segura; un nuevo método de gestión aplicado a las cuencas mediterráneas en entornos de gran consumo urbano como el caso de la región de Barcelona; y hasta dónde llega el conocimiento de una cuenca como la del Jalón (afluente del Ebro).

Debemos utilizar esta información para profundizar en la planificación con objetivos de sostenibilidad, sobre todo ante un escenario de cambio climático, y para mantener y mejorar la funcionalidad de las cuencas y de sus ecosistemas asociados como fuente de suministro de bienes y servicios.

Sigamos en esta senda de ampliar nuestro conocimiento sobre nuestro patrimonio hídrico. A ello contribuye este Informe y lo harán los DEBATES DE LA EXPO ZARAGOZA 2008, donde se aúnan las sinergias de los esfuerzos del Observatorio de la Sostenibilidad en España y de la Tribuna del Agua por orientarnos hacia un Desarrollo Sostenible.

presentación

Luis M. Jiménez Herrero

DIRECTOR EJECUTIVO DEL OSE

El OSE persigue en sus actuaciones estimular el cambio hacia la sostenibilidad, proporcionando a la sociedad información relevante y fidedigna, que se recogen en los informes anuales sobre Sostenibilidad en España y en los informes temáticos sobre los principales procesos de desarrollo sostenible en nuestro país. El primero de estos informes temáticos estuvo dedicado a los "Cambios de ocupación del suelo en España. Implicaciones para la Sostenibilidad". El segundo se presentó bajo el título de "Calidad del aire en las ciudades. Clave de sostenibilidad urbana".

Naturalmente, después de publicar informes sobre suelo y aire era evidente, en este año, centrar este nuevo estudio temático sobre el agua, aprovechando precisamente que el "Ebro pasa por Zaragoza", es decir, considerando el marco tan oportuno para el análisis y el debate que brinda la Expo 2008. En este tercer informe, el OSE pretende establecer un referente en la recuperación, ordenación y puesta en valor de la mejor información disponible, bajo el enfoque integrador propio de las evaluaciones del OSE. Además, también se quiere contribuir de forma operativa a los debates organizados por la Tribuna del Agua de la Expo de Zaragoza en el contexto de un Seminario especialmente programado para analizar en profundidad estas cuestiones.

Y la intencionalidad de este doble ejercicio es la de facilitar la mejor información disponible para apoyar procesos de decisión orientados hacia la sostenibilidad del recurso y del patrimonio hídrico en general, más allá de la mera gestión eficiente, en línea con el mensaje de la "nueva cultura del agua".

El enfoque de la sostenibilidad, poniendo de manifiesto las interacciones de los sistemas fluviales y la gestión del recurso ha sido, en general, un tema poco tratado y que aquí y ahora se pretende ampliar, incluyendo una perspectiva integradora y reforzando una visión ecosistémica. Esta primera aportación, aun cuando todavía incipiente, parece relevante por cuanto en España no se han prodigado hasta el momento estudios ordenados con este planteamiento más amplio e integrador.

A grandes rasgos el Informe plantea centrar la relación agua-sostenibilidad adentrándose en un aspecto clave como es el de la funcionalidad de las cuencas, reforzando un nuevo análisis y evaluación de la información disponible en España en materia de agua. En este informe se han identificado setenta indicadores extraídos de la Agencia Europea de Medio Ambiente, de la Dirección General de Agua del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y, también de los propuestos por la propia Directiva Marco de Agua. De éstos, se han desarrollado a través de las fichas propias del OSE, cuarenta y tres (cuarenta de aguas superficiales y tres de aguas subterráneas). Los restantes, de aguas subterráneas propuestos por la DMA, se recogen en una tabla resumen donde se explica el grado de desarrollo actual de cada indicador en España y su relevancia para la sostenibilidad.

La metodología adoptada está basada en la batería de indicadores llamados troncales de la Agencia Europea de Medio Ambiente y desarrollada por de la Dirección General del Agua del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, sin cuya ayuda y apoyo no habría sido posible la recopilación de los datos. Este informe ha contado además del equipo de investigadores del OSE con un nutrido grupo de expertos del citado Ministerio y profesionales externos de reconocido prestigio. En base a lo anterior, se hace seguidamente un planteamiento sobre distintos aspectos de sostenibilidad en relación al uso y gestión del patrimonio hídrico y sus recursos para, finalmente, exponer a modo de ejemplo, el estado de situación del agua en tres cuencas piloto representativas (el Segura, el Jalón y las cuencas internas de Cataluña).

Con este informe se pretende hacer una aportación metodológica para el perfeccionamiento progresivo de los sistemas de generación de datos y de información relevante, tomando como referencia el paradigma de la sostenibilidad. Las cuencas son valiosos ecosistemas, generadoras de bienes y servicios y verdaderas fábricas de agua. Recuperar y mantener las cuencas hidrográficas supone asegurar las múltiples funciones del agua, y hacer posible su uso racional, ahora y en el futuro, al servicio de un desarrollo más sostenible.

Recordando que planteamos una visión preliminar, con fines ejemplarizantes y metodológicos, es importante vislumbrar los nexos entre calidad, disponibilidad, gestión y economía del agua, y patrimonio hídrico, etc..., con los desarrollos económicos y sectoriales y, en general, con la ordenación territorial y del medio urbano y rural, que además ayuda a responder a las obligaciones de la Directiva Marco de Agua, cuyo marco ordenador y normativo es una referencia constante del informe.

El informe puede ayudar a optimizar la información disponible para mejorar la planificación y las estrategias de adaptación ante el fenómeno del cambio climático, que conlleva impactos significativos en el ciclo hidrológico y en la disponibilidad de recursos. Por ello, mantener y mejorar la funcionalidad de las cuencas y de sus ecosistemas asociados, cada vez más vulnerables, es esencial para garantizar la fuente de suministro de bienes y servicios ambientales.

Este trabajo se ha abordado desde el reconocimiento que la tarea es compleja y que requerirá un perfeccionamiento progresivo a fin de exponer de la mejor información disponible para el debate sin renunciar a que la misma se ponga al servicio de un uso directo con objeto de mejorar los procesos de participación y toma de decisiones a fin de progresar en la dirección correcta de la sostenibilidad.

Desde luego queda mucho por hacer en la dirección marcada. Tenemos que seguir insistiendo en varias consideraciones conceptuales que finalmente nos permiten aplicar sistemas de uso y gestión más racionales y perdurables. Pero, más allá de buscar formas racionales de compartir agua y de asegurar el abastecimiento, con criterios de eficiencia y equidad, se plantea el reto de compartir de forma solidaria la mejor información, el conocimiento y la sabiduría para mejorar los sistemas de gestión de los usos urbanos, agrarios, industriales y de servicios, pero, sobre todo, para asegurar la sostenibilidad e integridad de los ecosistemas naturales propios de cada cuenca hidrográfica.

Caben pocas dudas de que estamos ante el desafío histórico de cambiar no sólo las bases legales sino el enfoque de la gestión tradicional del agua. Afortunadamente, en el contexto comunitario ya contamos con la Directiva Marco del Agua, que establece un marco armonizado para la protección de todas clases de aguas y mejorar el estado de los ecosistemas acuáticos.

Pero seguramente el mayor desafío es superar el enfoque tradicional de la gestión simple del recurso (mayormente orientadas por estrategias de oferta) a una gestión compleja, integral y ecosistémica (mucho más orientados desde la demanda) de todos los subsistemas interdependientes que componen el conjunto de ríos, estuarios y deltas, lagos, humedales y acuíferos que, además de suministrar recursos hídricos, conforman un valioso patrimonio con un capital natural capacitado para albergar vida y producir servicios para el bienestar de la sociedad.

Y desde luego, en esta línea, es necesario dar un salto conceptual para concebir la cuenca hidrográfica, como una unidad de gestión ecosistémica que reclama tanto una perspectiva participativa para reforzar la complicidad del conjunto social, como una nueva gobernanza desde una nueva cultura del agua. La participación social es un buen instrumento de planificación hidrológica y de ordenación territorial que permite recuperar y fomentar la olvidada conciencia de pertenencia al propio territorio y a la propia cuenca.

El agua no se merece un tratamiento mercantilista considerándola como un simple bien comercial. El agua es más que un recurso, es un patrimonio que hay que proteger y defender, pero que también contiene intrínsecamente sus valores patrimoniales que hay que seguir transmitiendo hacia el futuro. Si tanto se viene insistiendo en la necesidad de adoptar una "nueva cultura del territorio" y una "nueva cultura del agua", ya será momento de abordar esos planteamientos en la envolvente de la "cultura de la sostenibilidad". Seguramente es esta perspectiva la que permite entender mejor este patrimonio vital de una manera integral para poder transmitir la defensa de los valores de existencia, ambientales y sociales, la convivencia de usos y las formas racionales de los medios y los modos de vida.

El agua, en sus ecosistemas fluviales, con sus ríos, siendo parte consustancial del territorio, la cultura y la idiosincrasia de las comunidades, también forma parte de un patrimonio natural y cultural de todas las generaciones presentes y venideras. De ahí la trascendencia de relacionar, como hace este informe del OSE, "agua y sostenibilidad", pero sobre todo abundando en la "funcionalidad de las cuencas" como concepto indispensable para la supervivencia, el bienestar y el desarrollo sostenible.

1

INTRODUCCIÓN

introducción

Lavando sequías

“El agua es más puente que el puente sobre el agua”

Joaquín Araújo

Nadar destruyó a la nada. Y nada, desde entonces, ha dejado de nadar.

Nada nace que no haya nadado antes.

Nada vive sin beber.

Nada crece sin que le nade por dentro el agua.

Nada está sano si no es lavado.

Nada progresa sin caudales.

Nada es jerárquico en el ciclo del agua.

Nada es tan propiedad del agua como no ser propiedad de nadie.

Por eso el agua es, sin más que ella misma, el manantial de la realidad como corresponde a la sustancia más original y creativa del cosmos. Ella participa en lo esencial de casi todo, mientras que nosotros nada podemos hacer sin ella.

Como además puede ser espejo, el líquido de la vida, multiplica la belleza del mundo y consigue imantar incluso a las más desatentas miradas, a las que suele contagiar su alegría.

Su ductilidad, al mismo tiempo, consigue el más vasto repertorio de alianzas: con la luz, los colores, las otras sustancias. El agua, además, al empaparnos, desata la vivacidad. La vivacidad es, como el propio ciclo del agua, la capacidad de renovación de todos sus logros.

Los espejos del agua han sido rotos. Por eso también reflejan ese ingente desprecio que invariablemente convierte, al venero de todos los futuros, en la más letal de las trampas.

Porque nada mata más que el agua muerta. De ahí que tan necesario como regar los campos, nuestra salud, los bosques y cualquiera de las formas de desarrollo, antes estemos necesitando una profunda zambullida en los criterios básicos que gobiernan al agua domesticada, sin duda ideas más resacas que la piel de los desiertos.

Los criterios del agua domesticada

La elección por la transparente vivacidad de las aguas no puede quedar ni aparcada, ni retrasada, ni disfrazada... Los cambios o comienzan por el criterio básico que tenemos de lo que es cualquier parcela de la realidad o de lo social o no lo son en absoluto. Si el cambio tiene que ver con lo más vivaz, sin duda habrá que comenzar por considerarlo así. Por tanto muy por encima de sus funciones, servicios, papel económico o, en sus antípodas, su capacidad de convocar la inspiración y la sensibilidad.

De la misma forma que antes de un trasvase deben acometerse al menos nuevas actuaciones previas que aseguren los caudales para la actividad humana, para rectificar nuestra forma de valorar al agua, será necesario que primero la contemplemos en sí misma, lo que hace sin participación alguna en lo viviente.

Luego tendremos que fertilizar nuestra memoria recordando que el agua es un sistema de comunicación, transmisión y ordenación de todos los paisajes. Cuando la veamos incorporada a lo palpitante debemos reconocer su determinante contribución a todas las formas de reproducción, crecimiento y renovación.

El agua de los suelos y de las formas vivas, especialmente la que levanta la tenacidad del bosque es agua

esencial para la multiplicidad vital, para la fijación de carbono y para la continuidad de la vida en el más amplio sentido del término.

No bastará, pues, ni con la depuración universal y generalizada, ni siquiera con las reutilizaciones, ni siquiera con el ahorro básico. No serán suficientes ni todos los caudales de la mayor parte de los países mientras la demanda no contemple una contención.

Más que represar a los ríos debemos hacerlo con la demasía en las apetencias, con la ilimitación programada como paradójico objetivo de los que a sí mismos se consideran lo único realista y viable en este momento histórico que nos toca vivir.

De ahí que otras lluvias sean cuando menos tan precisas como las convencionales. Aguaceros éticos y estéticos, a la par que la más elemental consideración de lo que la ciencia más coherente y avanzada ha puesto a nuestro servicio precisamente para que podamos hacer mucho mejor utilización de la primera materia prima de lo posible.

La otra lluvia

Aprendimos más sobre el agua en un frugal coqueteo con la escritura china que tras 30 años de regar la huerta, bastante más que de estudios y de una larga producción editorial, cinematográfica y radiofónica sobre el líquido esencial. La suerte ha empapado sin duda buena parte de nuestro quehacer divulgativo.

Conviene comenzar por el reconocimiento de que leer es como si los ojos bebieran en la filigrana con la que pretendemos reconocer lo propuesto, sentido o indagado por otros. El agua anticipa la metáfora del lector leyendo al escritor y de éste como capaz de saciar la sed de asombros, conocimientos y deleites del lector. Es más, la vida misma no tiene mejor metáfora que la del río.

La aventura del conocimiento no difiere demasiado de la que hace erguirse al agua verde en el seno del bosque. Hasta la palabra fuente tiene como la más preciosa de sus acepciones el sentido de exploración, de búsqueda... Pero entre la lectura y la comprensión suelen medrar anchas vastedades, no pocas veces tan secas como Atacama, sobre todo por no considerar que la actividad cerebral es una fastuosa interacción - de tan imprescindibles como cósmicas consecuencias por cierto - que se celebra en un ámbito mojado: tanto que en muy poco - un siete por ciento en concreto - se diferencia un cerebro de un aguazal limpio.

Tal riego. Esa fertilidad, siempre amenazada que llamamos inteligencia, debería extenderse a lo que allí mismo crece.

Nada seca tanto como rebasar las posibilidades de lo vivaz. Como el agua vivifica a la vivacidad será preciso que siga haciéndolo.

Estas palabras, acaso poco apropiadas para el informe que el Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE) despliega a continuación, son únicamente un recordatorio de que en el fondo esta publicación coincide, tiene propósitos idénticos a los del agua.

Para que se parezcan al burbujeante alivio que me sació cuando leí que ley en chino - una vez traducido literalmente - quiere decir lo que el agua limpia. O que honesto tiene la primera acepción en el que se alegra ante la contemplación de esa fluidez transparente.

Que la suprema creación moral se construya también etimológica y hasta conceptualmente en relación con esta materia esencial que es el agua, me parece de tan feliz coherencia que acaso tuviera sentido no escribir más en este hontanar. Por si eso fuera poco, el Tao mantiene que el hombre de bondad superior es como el agua. Filosofía moral que mana de una biomimesis acuática. No se puede beber mejor elixir, de la vida y de la convivencia.

Pero podemos dar algunos sorbos más. Hay una atracción fascinante y desbordante en las aguas que comienza cuando nos ahogamos al querer definirla.

Las definiciones y propiedades del agua

Seamos generosos, al menos a la hora de su identificación y reconozcamos que no tenemos palabra adecuada para denominarla, apenas tampoco para calificarla. Ni materia, ni sustancia, ni elemento, ni líquido o fluido se aproximan. Su originalidad y creatividad tan absolutas como insustituibles, no merecen tan poco como esos sustantivos.

Pero precisamente por ahí puede empezar la urgente y necesaria puesta en valor del agua. Porque de su extraordinaria suma de capacidades -incluidas en la suprema sencillez de su composición química- reside esa exclusividad. Tan suya es que acaba siendo de todos y de todo: lo conocido y palpitante en este planeta y seguramente en medio cosmos.

Si dar forma es crear, que lo es, no podemos desconocer que nada es tan formidablemente formador como el líquido de la vivacidad.

Destapemos la botella o dejemos que corran los borbotones de venero y nos anegará el incalculable número de las propiedades del agua. Lo más público y lo más privado, al mismo tiempo.

Pero que, con ser sostén de todo lo íntimo y propio, no lo podemos considerar ni nuestro ni de nadie. Siempre préstamo que se devolverá a sí mismo. Por tanto, la primera propiedad del agua es que no debe ser propiedad privada de nadie. Ni siquiera del poder, por democrático que sea o resulte.

Cuando se escriban las leyes a la luz del profundo sig-

nificado que esas palabras tienen en el chino de los pictogramas, seguramente se entregará la gobernanza del agua a los no sujetos a disciplina política o económica alguna. Algún día los elementos básicos para la vida no dependerán de los poderes convencionales.

Solemos olvidar, al mismo tiempo, que el agua es, ha sido, y, seguramente, será siempre la misma. Que circula, apenas se detiene, pero por sus propiedades genésicas, lo deja todo vivo tras sí, en sí y fuera de sí.

Vivir es poner, con cierto inestable orden, lo de afuera adentro y lo más crucial de lo externo es el agua.

Ensimismada como no podía ser de otra forma, lo más creativo del Universo es, acaso, lo menos comprendido. Se nos lleva o tiramos por la borda que el agua, esté donde esté, con quién esté, en la cuantía que esté es ya fuente. Desde la molécula única al único océano que en realidad es toda el agua de la Tierra todo es principio que no busca más fin que recomenzar.

Por eso ni sobra, ni falta. Lo que sobra es incoherencia al usarla y al instalarnos. Lo que falta es sincronizarnos con las propiedades y capacidades de este todavía jugoso planeta.

Otras zambullidas

Otra zambullida pendiente es la de aceptar la explícita lección que dan los ríos, su caudal y su cuenca. El pequeño aforismo que preside estas palabras sigue esperando una comprensión activa a la hora de interpretar nuestras relaciones con las geografías del agua. Lo que vincula es al menos tan importante como lo vinculado.

Todo ello es unidad que, sin paradoja, cohesiona precisamente por la incontable complejidad y la cósmica variación de sus componentes. Las tramas fluviales además de rechazar toda jerarquía son, en consecuencia, la mejor ocurrencia para que las comunidades puedan distribuirse de acuerdo con sus especializaciones sobre la piel del mundo.

Por eso tenemos que elegir entre incrementar estos máximos de incertidumbre que propagan el desprecio, la contaminación, el abuso y el despilfarro, o ser consecuentes con lo que el agua, al ir haciendo la vida, nos sugiere como normas que empapen nuestra conducta.

Sumemos, al caudal de la vida, la transparencia de nuestra sensatez, la lluvia de nuestras emociones.

El agua sólo fracasa si la desperdiciamos y fluye vivificando si, a la fuerza de la gravedad, unimos nuestro sentimiento.

Tarea y destreza del agua es también dar forma, eso que Albert Camus llamó "la principal función del artista". Por eso aceptamos al agua como la más grande fuerza creadora del planeta.

Si queremos que el agua siga siendo la materia prima de la sensibilidad, la salud, la producción, el crecimiento y el futuro, reconozcamos que la primera propiedad del agua es que no puede ser propiedad de nadie.

Que su propia condición nómada y circular debe quedar incorporada al uso y a la devolución. Porque ni siquiera es préstamo, es regalo que debemos regalar, para de nuevo ser obsequiados con su retorno. Recordemos que ella nunca olvida volver.

Admitamos que es su libertad lo que más nos beneficia, pues produce vida para todo y para todos.

Dejemos de insultar al agua llamándola recurso.

Abandonemos pues la mentira de que el agua que llega al mar no cumple las mismas funciones genésicas que cualquier otro tramo del río. Pero, sobre todo, tengamos presente que la continuidad de la vida bebe en la más fascinante destreza del agua: la de disolver incesantemente la vejez del mundo.

Nuestra memoria y nuestras emociones son también hijas, como todo lo vivo de este planeta, de lo más creativo del cosmos: ¡del agua!

La Cultura es otro río más, pero que nace en esas escondidas fuentes que se llaman: respeto, cuidado, reciprocidad y, sobre todo, sensibilidad."

JOAQUÍN ARAÚJO

2

OBJETO, MÉTODO Y ESTRUCTURA

objeto, método y estructura

Objeto y planteamiento

Este informe, sobre "agua y sostenibilidad", es un compromiso estipulado en un Convenio de colaboración entre la Expo Zaragoza 2008 y el Observatorio de la Sostenibilidad en España tanto con el objetivo inmediato de servir como documento base para un debate metodológico sobre la temática señalada en el marco de la Tribuna del Agua, como para ofrecer una aproximación metodológica al análisis funcional de las cuencas.

Paradójicamente, aunque España es un país con una larga tradición en la gestión del agua y en la producción de datos e informes al respecto, apenas existen informes más centrados en la sostenibilidad.

Tanto la generación de datos como la información más elaborada se han planteado generalmente al servicio de la política hidráulica al uso, respondiendo a la marcada gestión del agua desde el punto de vista de la oferta que tradicionalmente se ha llevado a cabo en España.

La perspectiva de la sostenibilidad, poniendo de manifiesto las interacciones de los sistemas fluviales y la gestión del recurso ha sido, en general, un tema poco tratado desde la perspectiva patrimonial, si bien hay que decir que la escasa conciencia social al respecto tampoco ha empezado a empujar en dicha dirección hasta muy recientemente.

Con este informe se pretende hacer una aportación metodológica para el perfeccionamiento progresivo de los sistemas de generación de datos y de información relevante, tomando como referencia el paradigma de la sostenibilidad e introduciendo el concepto de funcionalidad de las cuencas como elemento clave para la recuperación, gestión y mantenimiento operativo de las mismas. Porque se trata de contemplar en toda su amplitud estos valiosos ecosistemas, generadores de bienes y servicios, verdaderas fábricas de agua. Recuperar y mantener las cuencas hidrográficas supone asegurar las múltiples funciones del agua, y hacer posible su uso racional, ahora y en el futuro, al servicio de un desarrollo más sostenible que integre la prosperidad económica, la cohesión territorial y social y la recuperación y conservación de los activos ambientales.

La sostenibilidad ambiental, económica, social más allá de la garantía de suministro y la consideración de derecho básico ofrece una perspectiva sintética donde el agua es mucho más que un recurso porque conlleva valores intrínsecos y patrimoniales. Y el desafío del Cambio Climático no hace más que reforzar esta prioridad de recuperación y mantenimiento del buen estado de las

cuencas ante una ya evidente reducción de las precipitaciones y aportaciones y un incremento de las temperaturas y, por tanto, del estrés hídrico, en general, y de la vulnerabilidad de los ecosistemas, en especial los fluviales.

En este informe se propone un desarrollo metodológico en la estructuración de los datos y en el procesado y análisis de la información que permita una visión general del estado del agua en España y de la sostenibilidad de su uso y gestión con una visión integradora. Este trabajo se aborda desde el reconocimiento que la tarea es compleja y que requerirá un perfeccionamiento progresivo y exposición de la mejor información disponible para el debate, sin renunciar a que la misma se ponga al servicio de un uso directo para mejorar los procesos de participación y toma de decisiones a fin de progresar en la dirección correcta de la sostenibilidad.

La amplitud y complejidad de las materias afectadas, la diversidad de ecosistemas y características físicas, biológicas, ecológicas de los territorios, los usos, la pluralidad de idiosincrasias, administraciones, y experiencia en gestión del agua, muestran el desafío que supone articular un informe sobre la sostenibilidad del uso del agua y la funcionalidad de las cuencas en España y pueden, de alguna manera, disculpar las carencias existentes en el mismo.

Método

Para superar la simple compilación de información sobre el agua, se ha atendido especialmente a explicitar la metodología utilizada siguiendo, en general, las pautas establecidas por la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) y asegurando que se atiende al mismo tiempo las demandas al respecto de la Directiva Marco comunitaria.

Para una primera evaluación general de la situación y perspectivas se propone el uso de cuarenta indicadores para las aguas superficiales, según la metodología de la Agencia AEMA, ordenados según el esquema causa-efecto - respuesta FPEIR (Fuerzas motrices, Presiones, Estado, Impacto, Respuesta) que no ha sido utilizado rutinariamente hasta el momento para analizar la situación del agua en España.

Para las aguas subterráneas se incluye una tabla de otros treinta indicadores (tres de ellos en fichas) con el grado de desarrollo de los mismos en España y la relevancia de incluirlos en el análisis, extraídos de la DMA.

A partir de esta primera visión con indicadores se hace un primer ejercicio metodológico para acercarnos a la

evaluación general de la sostenibilidad del agua en España, finalizando con un ejercicio también de carácter metodológico de exploración en tres casos piloto de aplicación operativa del concepto de funcionalidad para tres cuencas elegidas, en general, por razones de oportunidad, o de disposición de información, y de tipología o diversidad y que son: el Segura, las cuencas internas de Cataluña que sirven el área Metropolitana de Barcelona, y el Jalón, afluente del Ebro.

Las etapas del análisis siguen un proceso secuencial verificando cómo las distintas fuerzas motrices (fundamentalmente las actividades económicas) inducen la generación de presiones que modifican su estado, situación y calidad provocando determinados impactos en la salud y el medio urbano que, finalmente, reclaman respuestas sociales adecuadas para contrarrestar los efectos negativos producidos (figura 2.1). (AEMA, 2004).

Consecuentemente, se han incluido indicadores sobre las fuerzas motrices que derivan en presiones sobre el

medio ambiente, que afectan a su estado y determinar un impacto final (degradación, escasez...).

Las respuestas posibles se extienden tanto a la reconducción de las fuerzas motrices y, en este caso, de las demandas del agua como a medidas y políticas para reducir las presiones, como pueden ser los vertidos contaminantes y, de este modo, mejorar el estado y reducir el impacto. Son numerosas las presiones que soporta el agua y entre ellas destacan las derivadas de la agricultura, la industria, los desarrollos de infraestructuras y urbanos, los propios hogares y el abastecimiento humano, de una población creciente con un importante componente el turismo...

Estas fuerzas motrices o desarrollos socioeconómicos que implican mayor o menor necesidad de agua están estrechamente ligadas a las políticas, sociales y económicas de ámbito nacional, comunitario e incluso internacional (ídem).

Figura 2.1. La gestión del agua con vistas a un desarrollo sostenible



Fuente: Agencia Europea de Medio Ambiente, 2000.

Siguiendo el enfoque descrito anteriormente, se ha adoptado una metodología específica para agrupar los indicadores seleccionados (válido para los indicadores de aguas superficiales) y que sigue el esquema de arriba,

planteado y adaptado por la Dirección General de Agua del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, divididos entre los indicadores que hacen referencia a factores naturales y los antrópicos, (ver figura).

□ **Figura 2.2.** Sistema de Indicadores del Agua (SIA).



Fuente: Ministerio de Medio Ambiente Rural y Marino.

Este modelo es una potente herramienta para el análisis de las interrelaciones entre las dinámicas socioeconómicas y los impactos ambientales que repercuten en la sostenibilidad, en la medida que proporciona una visión de la degradación ambiental en relación con las causas directas e indirectas que la provocan, considerando el resultado de las fuerzas motrices que ejercen presión sobre el entorno y los recursos ambientales y naturales alterando en mayor o menor medida su estado inicial.

El cambio se percibe como un impacto negativo cuando representa un deterioro de los ecosistemas, de los recursos y de los usos y servicios asociados. La sociedad puede activar una respuesta frente a estos impactos, tratando de corregir las tendencias negativas detectadas si es posible en origen, o sea reorientando las fuerzas motrices sin necesariamente renunciar a un desarrollo en términos de mejora de calidad de vida o reduciendo las presiones resultantes o mitigando o adaptándose a los impactos, para alcanzar el mayor equilibrio y mantener al máximo la funcionalidad del sistema con perspectivas de futuro.

Una de las principales virtudes de esta metodología es la claridad con la que se puede exponer la información, para obtener una visión general de la situación del agua en España. La información de los indicadores a través de una representación final simple, la de los símbolos (sonriente si la situación es buena, neutra si la situación es cercana a la indiferente o no se puede diagnosticar y triste si la situación es desfavorable), permiten de un sólo vistazo obtener una idea preliminar y de conjunto que ciertamente invita a profundizar en lo que hay detrás de los símbolos.

Finalmente, es importante el ejercicio metodológico de explotación de toda esta información tomando como referencia el paradigma de la sostenibilidad y, por tanto, analizar en qué medida desacoplamos el desarrollo, sobre todo el económico, del uso de los recursos hídricos

y de la degradación de los mismos y de los ecosistemas y del patrimonio natural, para no sólo satisfacer suficientemente las necesidades actuales, sino también las futuras especialmente en escenarios de cambio climático.

Desacoplar significa un uso eficiente de los recursos con menor impacto ambiental. Pero también es un uso más racional ya que se adopta un cambio. Aceptar el cambio de visión global con otra perspectiva de largo plazo para reconocer que son los subsistemas económicos y sociales los que han de integrarse en el sistema ecológico global.

Este análisis general de sostenibilidad se completa con el desarrollo metodológico, para acercarse a la introducción de tres estudios piloto del concepto de funcionalidad de las cuencas, como un elemento operativo para evaluar la sostenibilidad y que tiene un primer nexo con el anterior a partir de la llamada Intensidad de Usos del agua de una cuenca medida por las aportaciones finales de esta, una vez detraídos los usos, con respecto al régimen natural, y de la calidad de las masas de agua como factor clave.

Este análisis de la funcionalidad, cuando ha sido posible, se ha estructurado siguiendo un esquema operativo para contrastar en qué medida se da respuesta a algunas preguntas que acercan a dicha funcionalidad: la derivación de agua para usos humanos ¿se hace en una cuantía razonable?; ¿Cuánta agua gastamos y ello que representa? Este diagnóstico, ¿mejora o empeora a lo largo del tiempo?; ¿Se hallan los usos del agua razonablemente integrados en el ciclo hidrológico natural?; ¿Se mantienen las principales funciones ambientales del agua (mantenimiento de paisajes, espacios naturales, biodiversidad)?; ¿Se realiza una gestión eficiente de los recursos y de las infraestructuras hidráulicas?; ¿Se aplica una gestión adaptativa de los recursos hídricos y teniendo en cuenta el cambio climático?; ¿Se fortalece las instituciones para una gestión más sostenible del agua?

Con estos desarrollos metodológicos se pretende superar la imperante referencia, no necesariamente respetada, de la gestión integral de cuencas con criterios fundamentalmente hidráulicos y del agua como recurso socioeconómico para introducir el progreso en la sostenibilidad, sobre todo en este escenario de cambio climático.

La propia Directiva Marco de Agua, además, de exigir gestionar con el fin de recuperar el dominio público hidráulico y el mantenimiento de los ecosistemas tanto acuáticos como los terrestres dependientes de éstos, fuerza la consideración de otras interrelaciones, la recuperación de las riberas y el mantenimiento de los humedales, la restauración hidrológica de las áreas forestadas y bosques etc... que además tendrán, entre otros valores añadidos en la captura de CO₂, especialmente importante en este escenario de cambio climático, o en prácticas que puedan ayudar a la recuperación de verdaderos activos económicos y en la consecuente diversificación de las actividades económicas relacionadas con los entornos naturales potenciando el desarrollo rural.

Estos desarrollos metodológicos aquí planteados constituyen la principal aportación de este informe y se pretende contrastarlos en un primer seminario organizado por la Tribuna del Agua al final de la Expo Zaragoza 2008 sin olvidar que el fin último, de gran interés para un país como España, es contribuir a establecer una rutina de informes periódicos que permitan perfeccionar los procesos de información pública y de toma de decisiones participativa para finalmente, progresar en la sostenibilidad y gobernabilidad del agua, hoy más necesario que nunca ante el desafío del Cambio Climático.

Estructura

El Informe se estructura en cuatro grandes capítulos.

En el capítulo tres y con una intención meramente descriptiva se hace un repaso del medio desde un punto de vista físico y biótico, del contexto socioeconómico e institucional que rodea al agua, trazando asimismo los rasgos básicos del panorama hidrológico en España especialmente complicado y avanzado en relación a otros países del entorno.

En el capítulo cuatro se evalúa la situación del agua en España, a través de indicadores. El estado del agua viene determinado por factores naturales como el clima, la geología y la geomorfología pero también, y cada vez más, por la presión ejercida por las actividades humanas. Muchas de estas presiones y de las fuerzas motrices asociadas se muestran en este capítulo a partir, fundamentalmente, de la metodología basada en la batería de indicadores llamados troncales de la Agencia Europea de Medio Ambiente y desarrollada por la Dirección General de Agua del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, que se explica anteriormente.

Esta parte de indicadores, más analítica, da paso al capítulo cinco donde se interpretan los resultados obtenidos en clave de sostenibilidad. La evaluación mediante indicadores siguiendo el esquema FPEIR muestra en el capítulo cinco que puede ser la base para un estudio en profundidad del grado de sostenibilidad del agua en España respondiendo a una serie de preguntas de especial relevancia: ¿qué cantidad de agua hay y de cuánto se puede disponer?; ¿qué cantidad de agua se utiliza?; ¿qué calidad tienen nuestras aguas?; ¿cómo se gestionan?; ¿qué perspectivas existen con relación al agua?; ¿qué se está haciendo?, antes planteadas.

En España, la consideración de las cuencas hidrográficas naturales a efectos de planificación y gestión de las aguas es ya parte de una larga historia de más de un siglo, cuando se crearon los primeros "sindicatos de cuenca", y de forma más específica desde 1926 con la creación de las primeras Confederaciones Hidrográficas, entidades pioneras.

Hubiera sido deseable que el ejercicio metodológico en materia de sostenibilidad y funcionalidad se hubiera realizado a nivel de cada gran cuenca. Sin embargo, solamente se ha decidido plantear un análisis parcial sobre tres cuencas que pueden considerarse "piloto" como estudios de casos representativos. El capítulo seis, incorpora el análisis de estas tres cuencas a partir de la información dispar disponible: la cuenca del Segura, las cuencas internas de Cataluña en entornos de gran consumo urbano como el caso del área Metropolitana de Barcelona, y la del Jalón afluente del Ebro.

En este capítulo se pretende introducir un planteamiento innovador cara a la evaluación de la sostenibilidad del agua usando como clave el concepto de funcionalidad de la cuenca.

Todos estos apartados desembocan en unas reflexiones finales (capítulo 7) siempre con el doble objetivo de aportación metodológica y de contraste de ésta con el valor añadido que representa la información resultante para la mejora del conocimiento y de los procesos de información y participación pública y de toma de decisiones de forma participativa y que abren caminos prometedores para transformar el desafío de sostenibilidad en materia de agua acrecentado por el del cambio climático en verdaderas oportunidades para el cambio hacia la gestión integral y sostenible del agua en España de la mano de la nueva cultura del agua.

3

MARCO DE REFERENCIA

marco de referencia

En este capítulo se describe el contexto global, en sus cuatro vertientes geográfica, fisiográfica, socioeconómica e institucional, sobre el que operan las cuestiones del agua. Esta descripción ofrece los marcos de referencia básicos, en los que se inscriben las situaciones y problemas relacionados con los recursos hídricos, y permite comprender sus condicionantes de fondo.

En primer lugar, se hace una descripción geográfica orientada a la mejor comprensión de las cuestiones del agua. Se describen y explican los paisajes terrestres, es decir, los aspectos fisionómicos de la superficie terrestre resultantes de la combinación de factores físicos y humanos que actúan sobre los paisajes y, dinámicamente los configuran. Asimismo, se identifican las fases que muestran la evolución reciente del debate entre política del agua y desarrollo territorial. Y se analiza la integración de políticas, ordenación del territorio y el renovado protagonismo de la gestión integrada del agua.

Desde el marco físico y biótico se analizan los principales rasgos climáticos, geológicos, edafológicos, de uso del suelo, hidrográficos y bióticos que configuran y enmarcan la situación hídrica española. Estos rasgos constituyen un sustrato de fondo de crucial importancia pues a él se vinculan los problemas de irregularidad espacial de las variables climáticas, riqueza biológica, calidad de las aguas, etc. Las implicaciones de estas cuestiones apuntan al problema fundamental de la ordenación del territorio y el desarrollo regional.

Por otra parte, existe una coyuntura socioeconómica que, operando sobre el medio físico descrito e impregnada por este medio condiciona, a su vez, la situación actual y previsible de los problemas hídricos. La situación de la población, la distribución de la renta, la importancia del agua en los sectores productivos, conforman situaciones de hecho que pueden determinar de forma sustancial los problemas y soluciones de las cuestiones del agua.

Por último, se describe el marco institucional y organizativo de la gestión hidráulica, para una buena gestión de los recursos del agua hay que considerar la distribución institucional y administrativa de los organismos

competentes, ya que desde estos ámbitos de decisión es desde donde surgen las diversas políticas del agua.

3.1. Marco geográfico

3.1.1. Un siglo de transformación de los paisajes hidráulicos de España

Durante más de un siglo, en España ha dominado un modelo de política hidráulica, el paradigma hidráulico, bien descrito también en otras partes del mundo por una abundante bibliografía. El axioma central de este paradigma, formulado a finales del siglo XIX, ha consistido en la necesidad de proporcionar agua suficiente para todos aquellos agentes sociales capaces de utilizarla en el desarrollo de la producción. Este desarrollo implicaba un proyecto de transformación geográfica del país: la transformación de una naturaleza adversa, marcada por la aridez y sus secuelas de atraso e incultura, pero capaz de responder generosamente a la intervención humana guiada por el conocimiento geográfico, la técnica y la voluntad colectiva. El instrumento privilegiado de este proyecto de "regeneración" física y moral del país serían las obras hidráulicas de financiación pública, en el caso muy frecuente de que la iniciativa privada no estuviera en condiciones de asumir los riesgos de la intervención.

Entre los factores que explican la persistencia de este ideario destacan:

- La potente visión en la que se fundamenta la necesidad de rehacer la geografía del país por medio de la modificación del sistema hidrológico natural, percibido como desequilibrado y descompensado. Esta visión combinaba una decidida estrategia de política territorial, una concepción científico-positivista del mundo natural y una base popular profundamente enraizada en la cultura rural tradicional y campesina.
- Los altos niveles de consenso social en torno a un paradigma que articula durante decenios a una coalición social reformista, de progreso a la vez que de contención de los extremos; un paradigma que pro-

pone una empresa común que unifica a diversos sectores sociales y políticos, dejando al margen a las fuerzas más radicales de la izquierda y a la derecha tradicionalista y reaccionaria.

- La progresiva construcción de una infraestructura muy potente que genera beneficiados y redes de agentes técnicos y económicos poderosos. De hecho, la intervención sobre el agua está en la base de los primeros procesos de ordenación del territorio: hasta hace pocos años, la planificación hidráulica ha sido el principal instrumento de ordenación territorial y desarrollo regional.
- La capacidad de adaptación del modelo a las diferentes situaciones de régimen político, con cambios importantes en algunas de sus características (distribución de beneficios sociales) pero permanencias de componentes fundamentales (transformación de la estructura territorial, de los sistemas hidrológico-hidráulico y productivo, del poblamiento, del viario, etc., a través de un estilo de intervención jerárquico-administrativista).

Ni la historia reciente del país ni su actual configuración geográfica pueden ser entendidas sin tener en cuenta lo que ha significado la intervención hidráulica sobre el medio acuático y su radical transformación. De hecho, durante mucho tiempo la política hidráulica se ha presentado como la máxima expresión de la política correcta que el país necesitaba, jugando un importante papel en la legitimación del Estado, fenómeno que también ha sido descrito en otros contextos geográficos.

La política hidráulica alcanzó la expresión más intensa de este sesgo reformista durante la segunda República, con la Ley de Puesta en Riego Urgente (Ley OPER) de 1932, primero, y con la Asamblea que con el tema de "Las directrices de una Política Hidráulica y los riegos de Levante" se celebró en Alicante en febrero de 1933. Esta asamblea, impulsada por el Ministro de Obras Públicas de la época, Indalecio Prieto, tuvo como objetivo difundir y promover el Plan Nacional de Obras Hidráulicas de 1933, haciendo especial hincapié en resaltar "el interés económico nacional de la expansión del regadío en el sureste peninsular". El ingeniero Manuel Lorenzo Pardo, primer presidente de la Confederación Hidrográfica del Ebro en 1926 y autor del Plan, advirtió del "desequilibrio hidrológico entre las vertientes atlántica y mediterránea españolas" y estableció el diagnóstico que sirvió de referencia durante los 75 años posteriores: "Júcar y Turia regularmente caudalosos aunque medianamente provistos, Vinalopó y Segura agotados y el Almanzora inexistente. Hay pues en la zona Valenciana una necesidad de ordenación, en la Alicantina y Murciana una necesidad de ayuda y en la andaluza una imperiosidad de socorro". En este diagnóstico, de tan duradera influencia, destaca la ausencia de atención a las aguas subterráneas, pese a que constituyen un factor clave del sistema hidrológico regional y a que de hecho en

ellas se apoyaban (flujo de base, fuentes, manantiales) el regadío tradicional; y se ha seguido apoyando (pero "fuera de ordenación") la gran expansión posterior del sistema de aprovechamientos.

3.1.2. La evolución reciente del debate entre política del agua y desarrollo territorial

En la trayectoria más reciente, a lo largo de las tres últimas décadas en la relación entre las políticas del agua y el desarrollo territorial se pueden identificar las siguientes fases:

1. Una primera etapa, en la que se asiste a la culminación de la trayectoria de fuerte iniciativa de la política del agua en la construcción del territorio, con la puesta en marcha de los planes hidrológicos previstos por la Ley de 1985. Se trata de la culminación de esa larga experiencia de protagonismo, de reconocimiento y prestigio social, de poder administrativo e institucional de la política hidráulica tradicional, en la que no sólo no ha existido tradición de sujeción a un marco territorial de referencia, sino que se ha acostumbrado a definir un proyecto territorial desde la propia lógica del agua, dominada a su vez por planteamientos de "planificación del desarrollo", de generación de recursos, como objetivo fundamental.

2. Justamente al final de esa primera etapa, al calor del gran debate sobre el Anteproyecto del Plan Hidrológico Nacional (PHN), entre 1993 y 1995, surge la crítica al déficit territorial de esta política hidráulica y a la ausencia de una reflexión general sobre el modelo territorial general en la que se justificaba. Esta nueva fase se explica por la escala que adquieren los proyectos hidráulicos (el Sistema de Equilibrio Hidrológico Nacional del Anteproyecto de PHN de 1993) en conflicto con la nueva estructuración autonómica del Estado, conflicto que no hará más que crecer desde entonces, conduciendo al actual debate sobre la reforma de los Estatutos de autonomía, en lo que se refiere al agua. A este conflicto se añadía la emergencia del paradigma ambiental y el propio desarrollo disciplinar y político de la ordenación del territorio, de competencia autonómica exclusiva.

A partir de esas fechas se produce una gran coincidencia sobre la necesidad de situar la gestión del agua en un marco de política territorial explícita. En aquel momento (Anteproyecto de 1993) la preocupación o principal contenido que subyacía a las críticas por la ausencia de modelo territorial de referencia se centraron en la falta de explicitación de la intensificación de los desequilibrios regionales que el proyecto conllevaba¹.

En relación con estos problemas, se viene desarrollando un largo debate sobre las potencialidades de la ordenación del territorio (OT) como marco en el que hacer con-

¹ Esta era la idea, muchas veces repetida, que expresó de una manera arquetípica Clemente Sanz Blanco, senador por Segovia (el SIEHNA incluía el Duero), durante el debate sobre el Anteproyecto de 1993: "Las transferencias hídricas transfieren, junto con el agua, desarrollo, poder económico y, consiguientemente, poder político, lo que generará un nuevo modelo de articulación territorial más desigual y menos equilibrado y solidario aún que el que tenemos".

verger las planificaciones y en el que explicitar las estrategias. Se han discutido los temas competenciales, disciplinares, administrativos y políticos. Existe un acuerdo generalizado en que el desarrollo de la OT se ve lastrado por la carencia de una auténtica cooperación y coordinación entre las administraciones en el proceso de elaboración de los planes; se ve dificultado o impedido por la inexistencia de instrumentos de aplicación de las determinaciones y de órganos adecuados de gestión del plan, así como por el escaso papel de los agentes económico-sociales y de la participación pública en su redacción. Frecuentemente se ha señalado que es necesario planear que la OT se reoriente hacia un modelo de función más potente política y administrativamente.

3. En una tercera etapa, de plena actualidad, se intensifica la demanda de integración de políticas, con coordinación política-administrativa, nuevos mecanismos de información, transparencia y participación de los agentes sociales. Pero a esto se añade, ahora como tema central, la reorientación del modelo de crecimiento: el diagnóstico y la evaluación crítica de las dinámicas de intensificación de presiones sobre los sistemas territoriales y la necesidad de avanzar hacia modelos "de desarrollo crecientemente sostenibles" (Ley 42/2007, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad), que implican reducir presiones sobre el territorio, es decir, desacoplar el desarrollo del consumo masivo de recursos. Es la misma idea que se utilizó durante el debate sobre el proyecto de PHN de 2000 (idea ausente todavía durante el debate del anteproyecto de PHN de 1993): a partir de 2000 los argumentos territoriales se han utilizado no sólo como herramientas de oposición desde las cuencas cedentes (Castilla y León, Castilla-La Mancha, Aragón, Terres de l'Ebre) denunciando el despoblamiento y los "desequilibrios territoriales", sino que han comenzado a manejarse en relación con la dinámica territorial de las regiones receptoras de los trasvases (Área Metropolitana de Barcelona, Valencia, Murcia, Almería, Costa del Sol), criticando el desbordamiento de capacidad de carga y la insostenibilidad. Este es el rasgo más novedoso y con mayor proyección en el futuro si se comparan los argumentos empleados en los debates sobre las propuestas de 1993 y 2000.

Hoy se sabe que la clave del debate es la reconducción de las dinámicas territoriales vigentes, lo que implica el impulso institucional y la extensión en la sociedad de nuevos valores y objetivos consistentes con modelos de desarrollo más adaptados a los límites de los recursos. En su ausencia, los instrumentos de ordenación del territorio, incluso refortalecidos conceptual y administrativamente, no harían sino introducir algunos elementos de orden espacial, lo que no es poco, en los actuales procesos de crecimiento.

3.1.3. Integración de políticas, ordenación del territorio y renovado protagonismo de la gestión del agua

En este marco se sitúa la valoración de las potencialidades de las nuevas políticas sectoriales (especialmente

la nueva política de Desarrollo Rural, clave por su incidencia fundamental en el agua) que van incorporando criterios y mecanismos concretos de sostenibilidad y haciendo suya la experiencia de la integración. Nuevas políticas que conllevan impulsos a mecanismos de cooperación interadministrativa (los instrumentos previstos en las Leyes de Desarrollo Sostenible del Medio Rural o del Patrimonio Natural y la Biodiversidad, de diciembre de 2007), cuya falta de desarrollo constituye uno de los déficits concretos más importantes para la implementación real de la integración de políticas.

Hasta ahora, la política agraria y rural de los distintos gobiernos, en general, se ha permitido gestionar las ayudas procedentes de la UE. Los temas agrarios y rurales han escapado frecuentemente a los debates de la agenda política nacional. Los nuevos reglamentos europeos de las Organizaciones Comunes de Mercado (OCMs) reformadas, así como el reglamento de Desarrollo Rural, amplían el margen de maniobra de los gobiernos nacionales y regionales para definir sus políticas agrarias y rurales, sobre todo en términos de cuantía de los porcentajes destinados a cada uno de los ejes de actuación y de su cofinanciación. Actualmente, con la aparición de nuevos agentes y redes sociales en el mundo rural, vinculados a nuevos intereses y visiones, se está desarrollando un proceso potencialmente importante para la consolidación del nuevo paradigma de desarrollo territorial, que necesita una coalición de sectores e intereses sociales identificados con un proyecto de transformación territorial alternativo que ofrezca mejoras en las condiciones de vida para la mayoría. Eso era lo que prometió durante tanto tiempo (y parcialmente materializó) el paradigma hidráulico.

A la reorientación de estas políticas sectoriales, hay que añadir las potencialidades de las nuevas experiencias en ordenación del territorio, con planes subregionales avanzando en la definición de criterios, límites y distribuciones. Como el Plan Territorial Parcial de las Terres de l'Ebre, o los planes subregionales del Levante Almeriense y del Ámbito de Doñana (este último está sirviendo en estos momentos de referente para la ordenación de las extracciones del acuífero 27) o el Plan de Territorial Insular de Menorca, con sus determinaciones respecto de los techos de crecimiento. En relación con estas funciones, las Comunidades Autónomas (CCAA) deberán adoptar un papel más activo en el ejercicio de sus competencias a escala regional y sobre todo subregional (vinculada ésta a los procesos metropolitanos), con fuerza normativa y directora, pero con flexibilidad, incorporando la evaluación ambiental estratégica y el principio de sostenibilidad, mayor énfasis en la participación y en la concertación y más atención al seguimiento y a la evaluación de los resultados.

Pero complementariamente a esta reivindicación de la ordenación y de la referencia territorial, hay que subrayar las potencialidades del renovado protagonismo de la política de aguas, en el marco del refortalecimiento de

la prevalencia de la política ambiental (Ley del Patrimonio Natural, nueva Ley del Suelo) y con las posibilidades de control que poseen los organismos de cuenca (artículo 25.4 de la Ley de Aguas). Todo ello en el contexto de la implementación de la Directiva Marco del Agua (DMA), que constituye un programa de gestión responsable, formalizado, con un calendario preciso, compartido en el conjunto de la Unión Europea y controlado por instancias a diferentes escalas.

Con el telón de fondo de esa fuerte personalidad de la política de aguas -tradición de iniciativa y protagonismo, identificación y reconocimiento social de su función, estructuras administrativas implantadas en el territorio con una lógica de planificación física en el marco de las cuencas hidrográficas- emerge la nueva orientación a la que obliga la DMA: nuevos objetivos, nuevas metodologías y nuevos procedimientos (transparencia, información, participación social activa). Todo ello con etapas, resultados y criterios de evaluación definidos; enfoques proactivos y seguimiento externo.

De esta manera, la combinación de esa renovada trayectoria de protagonismo en la intervención en el territorio, en una atmósfera general de reflexión sobre la nueva cultura del territorio, convierten a la DMA en una de las agendas más concretas de avance hacia ese nuevo modelo de gobierno del territorio.

En este contexto, hay que comprender la necesidad de alcanzar una presencia distinta y cuantitativamente superior de las CCAA en la gestión del agua. No se pueden ignorar las tendencias hacia el aumento de la capacidad de incidir en la definición de la política de aguas por parte de las CCAA, reforzando el principio básico de cooperación. Pero este debate no puede desviar la atención de los problemas reales de los ríos, ecosistemas acuáticos, del agua y de sus usos: la contaminación, la sobreexplotación, la falta de garantía y la ilegalidad. La discusión tiene que situarse en el contexto de la aplicación de la DMA que obliga a planificar y gestionar las aguas de forma integrada. Y para ello se refuerza la Demarcación Hidrográfica como unidad de gestión, sean cuales sean las divisiones administrativas de este territorio.

3.2. Marco físico y biótico

3.2.1. Medio Físico

Climatología

La Península Ibérica, dada su situación entre dos grandes masas marinas (Atlántico y Mediterráneo) y dos continentales (Europa y África), presenta un clima cuyo rasgo básico definitorio es la diversidad.

La zona norte, que incluye Galicia, Cordillera Cantábrica y Pirineos, se caracteriza por un clima templado, con

borrascas de origen atlántico que actúan prácticamente a lo largo de todo el año dando lugar a una alta humedad relativa y unas temperaturas suaves, templadas en invierno y frescas en verano.

En la costa mediterránea y parte de la Andalucía interior (básicamente la cuenca del Guadalquivir), el clima es templado, de veranos secos e inviernos suaves. En el resto de la Península, el clima predominante se caracteriza por veranos secos e inviernos fríos, rasgos que reflejan su carácter continental. En este área son característicos los anticiclones invernales, situación que origina inversiones térmicas (inversiones del normal decrecimiento de las temperaturas con el aumento de la altitud).

En Canarias (especialmente en las islas orientales, pues en las occidentales inciden más las masas de aire atlánticas), y la franja costera de Murcia y Almería, el clima es seco, con precipitaciones muy escasas, inviernos muy suaves y veranos muy cálidos.

La distribución espacial de la temperatura media anual está estrechamente ligada a la orografía. Los mínimos inferiores a 8°C están localizados en los sistemas montañosos de la mitad norte peninsular, mientras las zonas más cálidas, delimitadas por la isoterma de 18°C, se localizan en el valle del Guadalquivir, la costa Sur y Sureste, así como el Levante. En cuanto a las precipitaciones aumentan con la altitud y son más importantes en la ladera de los sistemas montañosos situadas a barlovento de los frentes húmedos que en las situadas a sotavento.

En su distribución espacial destaca un fuerte gradiente latitudinal positivo -es decir, la precipitación disminuye de Norte a Sur- y una fuerte asimetría longitudinal que da lugar a que las precipitaciones en la vertiente atlántica sean superiores a las de la mediterránea.

En cuanto a la distribución temporal de la precipitación, se puede delimitar una primera zona de fuerte influencia atlántica y que, junto con las cuencas correspondientes a dicha vertiente (con las excepciones de la zona central del Duero y cuencas altas del Tajo y Gadiana), incluiría la cuenca alta del Ebro, el Pirineo vasco-navarro y la cuenca Sur hasta el cabo de Gata. En esta zona, la época más lluviosa se observa entre finales de otoño y principios de invierno, con un mínimo relativo al final del invierno y un máximo relativo en los meses de abril-mayo.

Una segunda zona comprende la vertiente mediterránea, desde el Cabo de Gata hasta la frontera con Francia. En ella, se observa un máximo absoluto perfectamente diferenciado en otoño (septiembre-octubre), y un máximo secundario, en la mitad septentrional, en primavera.

El resto de la península se caracteriza, fundamentalmente, por su continentalidad y en ella destaca un máximo en primavera y otro menor al comienzo de la estación invernal, y un mínimo en invierno en enero-febrero.

En las islas Canarias, la distribución es monomodal de forma clara: máximo invernal en diciembre y un mínimo en verano.

Según el índice de humedad, definido (UNESCO, 1979) como el cociente entre la precipitación y la evapotranspiración potencial anual según Penman (se verá en detalle al analizar los recursos hídricos), en España existen regiones áridas, semiáridas, subhúmedas y húmedas. Las áridas ocupan una extensión reducida y se localizan en parte de las Islas Canarias y en el área del desierto de Tabernas (Almería). Las zonas semiáridas afectan principalmente a la Depresión del Ebro, Almería, Murcia, sur de la cuenca del Júcar, cabecera del Guadiana y parte de Canarias. Las zonas subhúmedas se sitúan básicamente en la cuenca del Duero, sur de las Cuencas Internas de Cataluña, Baleares, Guadalquivir y a lo largo de las cordilleras de menor altitud. Finalmente, la zona húmeda afecta al resto del país.

En síntesis, España presenta una singular diversidad climática que, proyectada sobre su también diversa geología, da lugar a una gran multiplicidad de ambientes hidrológicos.

Geología

El primero y, quizás, fundamental, es el núcleo central de la meseta, tierras llanas que con una altitud media de 600 m sobre el nivel del mar ocupan cerca de la mitad del área peninsular, vertebrada en su eje por la Cordillera Central, granítica-pizarraña. La submeseta meridional, algo menos elevada que la septentrional, pierde monotonía en las discontinuas y grises alineaciones pizarrocuarcíticas de los Montes de Toledo, cuyas modestas elevaciones distribuyen las aguas hacia los grandes colectores de la submeseta: el Tajo y el Guadiana. La construcción mesetaria hay que buscarla en la paradójica existencia de sendas depresiones del basamento hercínico que fueron rellenadas por centenares de metros de sedimentos procedentes de las cordilleras adyacentes; sedimentos margo-arcillosos y también yesíferos que acusan su endorreísmo, característica común a muchas cuencas sedimentarias continentales.

Otro gran rasgo del conjunto mesetario es su amurallamiento. Las cordilleras Cantábrica e Ibérica lo cierran por el Norte y el Este, haciéndolo por el Sur Sierra Morena, mientras que a occidente queda un tanto abierto hacia el Atlántico con marcado umbral a su pie. Esa configuración de aislamiento condiciona su clima continental, y en consecuencia, sus regímenes hidrográficos.

Las dos depresiones triangulares que se adhieren al núcleo amurallado, Ebro y Guadalquivir, con sus cerramientos externos de los Pirineos, Macizo Costero Catalán, y Cordillera Bética, conforman lo esencial de la geografía hispánica. Dos profundas depresiones rellenas de material terciario que ofrecen escasa resistencia a los agentes erosivos, y dos importantes sistemas

montañosos que alcanzan las mayores elevaciones peninsulares y son las dos genuinas cordilleras alpinas peninsulares consecuencia de la orogenia del mismo nombre.

Estas dos cordilleras de estilo alpino, Bética y Pirenáica, junto a las Cantábrica e Ibérica, también encumbradas por la misma orogenia, son edificios construidos en su mayor parte con materiales calcáreos, edificios que enlazados dibujan la clásica Z invertida de la España caliza. Estas cuatro estructuras, básicamente permeables, son drenadas por abundantes y caudalosos manantiales que proporcionan un importante flujo base a los cauces colectores a los que vierten.

Por el contrario, el zócalo silíceo que conforman el Sistema Central, Macizo Galaico, Sierra Morena y territorio extremeño, de materiales hercínicos y muy poco permeables, presentan respuestas de escorrentía muy rápida y flujos base más moderados y continuos.

Al concluir los avatares orogénicos que erigieron o rejuvenecieron, con resultado dispar, los sistemas montañosos, el conjunto meseteño no permanece pasivo, sino que con el final del Mioceno bascula en una pieza a occidente, lo que imprime una fuerte asimetría a la red fluvial peninsular al orientar los grandes cauces peninsulares, si se exceptúa el Ebro. El declive meseteño hacia el Atlántico, con el concurso de las cordilleras periféricas, determinan la cortedad y torrencialidad de los demás cauces que desembocan al Mediterráneo y Cantábrico.

Las estrechas llanuras costeras mediterráneas -de las cantábricas casi no puede hablarse- completan el escenario del solar hispánico, monótono en sus contornos pero variado en su contenido, y enriquecido aún más con los territorios insulares mediterráneo y atlántico.

El primero, balear, no es más que prolongación nororiental del Sistema Bético en cuanto a su naturaleza; el segundo, canario, singular por su génesis volcánica, y ambos caracterizados por la práctica ausencia de caudales fluviales permanentes, tal y como se precisará más adelante, al abordar la hidrografía.

Edafología

La misma variedad de estructuras y materiales que caracteriza la geología contribuye a que el rasgo principal de los suelos sea también la diversidad.

El espesor de suelo en que se desarrollan las raíces de las plantas, como estructura situada entre la litosfera y la biosfera, y en cierta forma perteneciente a ambas, es el resultado de los efectos del clima sobre la superficie del terreno, bajo la influencia de la orografía y de la acción de los seres vivos. Su papel en el ciclo hidrológico es básico al actuar como distribuidor de las precipitaciones entre escorrentía e infiltración. Si, como se

mostró en epígrafes anteriores, el material de partida y los factores que determinan su evolución se caracterizan por su variedad, el resultado no puede ser otro que la gran diversidad de suelos que muestra el territorio nacional. Esta diversidad se manifiesta repasando los aspectos más relevantes de los suelos con el apoyo de la categoría de mayor rango, los Órdenes, establecida por la Soil Taxonomy, la clasificación de uso mundial propuesta por el Soil Survey Staff de Estados Unidos (USDA [1960]; USDA [1967]).

Atendiendo al grado de evolución de los suelos, están representados desde los muy jóvenes (entisoles) y los poco desarrollados (inceptisoles), hasta los que han alcanzado las últimas etapas de meteorización y evolución (ultisoles); en cuanto a textura, desde los arenales de origen eólico, en algunos entisoles, hasta las arcillas expansivas de los bujeos andaluces (vertisoles); con respecto a la reacción del suelo (pH), están representados los de riqueza en bases alta (mollisoles), los de alta a media (alfisoles) y los ácidos (spodosoles). Hay, además, suelos en los que abunda el yeso (gypsiorthids) y salinos (salorthids), ambos del orden aridisoles; e incluso, en las islas Canarias, suelos oscuros desarrollados a partir de materiales volcánicos (andisoles).

Por lo que se refiere a los regímenes térmico y de humedad, que son las dos características de diagnóstico fundamentales empleadas en la Soil Taxonomy, su variedad es asimismo el rasgo más expresivo. Así, por lo que respecta al régimen térmico se da desde el cryico, en el que la temperatura media anual del suelo a 50 cm de profundidad se halla entre 0 y 8° C, hasta el térmico, en el que esta temperatura se halla entre 15 y 22°C. En relación con las condiciones de humedad del suelo, están asimismo representados desde los histosoles de algunas lagunas, hasta los aridisoles con acusado déficit hídrico.

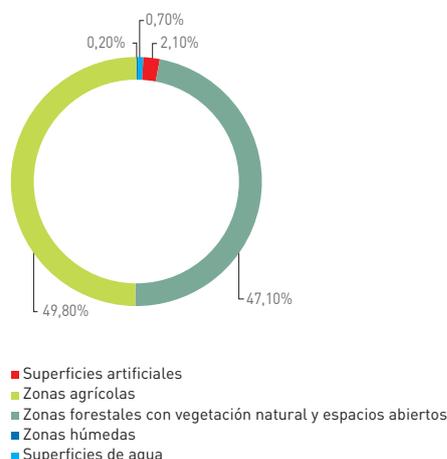
Usos del suelo

España tiene una superficie total de 50.645.719 ha (según datos del Proyecto Corine Land Cover 2000). Prácticamente el 97,5% del territorio corresponde al área peninsular y el 2,5% restante está constituido por los conjuntos insulares de Baleares y Canarias, y a las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla.

Como ya indicaba el Observatorio de la Sostenibilidad en España, en la publicación del informe temático Cambios de ocupación del Suelo en España: implicaciones para la sostenibilidad 2006, la cobertura del suelo en España refleja un paisaje predominantemente rural, con casi un 50% de superficie agrícola (Figura 3.1), correspondiendo la mayoría (63% del total de superficie agrícola) a tierras de labor, cultivos permanentes y cultivos anuales asociados con cultivos permanentes. Un segundo grupo de actividades agrícolas presentan porcentajes en torno al 37%, caso de las praderas, mosaico de cultivos, terrenos principalmente agrícolas pero

con importantes espacios de vegetación y sistemas agroforestales.

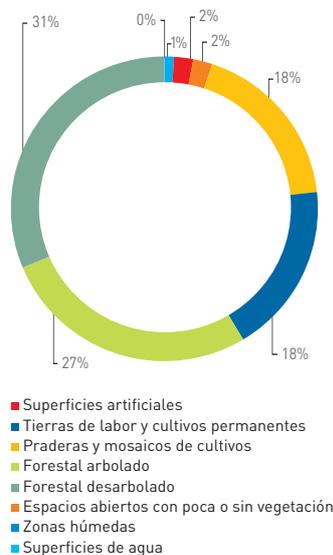
Figura 3.1. Distribución de las principales clases de cobertura del suelo en España. Año 2000. Clasificación CLC Nivel 1.



Fuente: Informe OSE 2006. Cambios de ocupación del suelo en España, implicaciones para la sostenibilidad.

Las zonas forestales con vegetación natural y espacios abiertos también recubren una parte importante del territorio (47,1%) (Figura 3.1). Estas zonas se componen de un 57% (del total de superficie forestal) de zonas de forestal arbolado, un 37% de forestal desarbolado y de un 5% de espacios abiertos con poca o sin vegetación (Figura 3.2).

Figura 3.2. Distribución de coberturas en España en el año 2000 (% de superficie total). Clasificación LEAC.



Fuente: Informe OSE 2006. Cambios de ocupación del suelo en España, implicaciones para la sostenibilidad.

A pesar del bajo porcentaje de estas últimas clases, su extensión en cifras absolutas es relevante. En efecto, teniendo en cuenta que la baja densidad de cubierta vegetal es un factor de riesgo para la erosión del suelo, estos espacios requieren una especial atención puesto que la pérdida de suelo es un proceso normalmente irreversible con impactos que van más allá de la zona directamente afectada. Este fenómeno se ve acentuado debido al hecho de que, en muchos casos, los espacios abiertos con poca o sin vegetación se encuentran en terrenos marginales degradados, pudiendo llegar, en casos extremos, a sufrir un proceso de desertificación.

El resto del territorio se distribuye entre superficies artificiales (2,1%), y zonas húmedas y superficies de agua (0,9%) (Figura 3.1), en la que los embalses contribuyen de forma significativa.

La evolución de los principales cambios de ocupación del suelo se refleja en la Tabla 3.1, donde se observa que el mayor incremento respecto al año 1987 corresponde a las superficies artificiales (29,5%) seguido de las superficies de agua (10,4%), manteniéndose prácticamente estables las otras ocupaciones, si bien disminuyen las zonas forestales con vegetación natural y espacios abiertos en un 1%.

□ **Tabla 3.1. Evolución de los principales cambios de ocupación del suelo en España, 1987-2000.**

Cobertura	Superficie 2000 ha	Cambio neto 1987-2000	
		Superficie ha	%respecto 1987
Superficies artificiales	1.054.316	240.166	29,5
Zonas agrícolas	25.250.301	-22.490	-0,1
Zonas forest. con veget. y espacios abiertos	23.878.127	-250.783	-1
Zonas húmedas	112.326	1.567	1,4
Superficies de agua	350.649	33.193	10,4
TOTAL	50.645.719		

Fuente: Informe OSE 2006. Cambios de ocupación del suelo en España, implicaciones para la sostenibilidad.

Esta imagen global de España, sin embargo, no refleja su heterogeneidad en cuanto a distribución espacial en el territorio. A grandes rasgos, las zonas urbanas se concentran en el litoral, especialmente en el Mediterráneo, y en algunas áreas urbanas interiores, como Madrid, Zaragoza, Sevilla, Valladolid, etc. En las que, exceptuando a Madrid, siempre está presente uno de los grandes ríos peninsulares.

A pesar del bajo porcentaje de aguas continentales en el total de España, su concentración en determinadas zonas del territorio tiene un efecto importante por lo que significa de polo de atracción de la población y actividades económicas relacionadas. El relieve configura en buena parte la distribución de las zonas agrícolas y forestales. Así, las planas costeras y las extensas llanu-

ras, asociadas a valles fluviales como el Ebro, el Duero o el Guadalquivir, pero también La Mancha, son idóneas para la agricultura. Las zonas forestales siguen el relieve de los diversos sistemas montañosos, creando un mosaico de zonas arboladas, matorrales y pastizales. La prolongada actividad humana a lo largo de la historia ha generado unas zonas de frontera con los sistemas forestales, a veces incluso, penetrando en ellos, con un elevado dinamismo referido a procesos de cambio del territorio.

En efecto, 2.635.823 ha., equivalentes al 5% de la superficie total de España, se han visto implicadas en algún tipo de transformación. En la Figura 3.3 se observa que las zonas de forestal arbolado, las tierras de labor y cultivos permanentes y el forestal desarbolado, han sido los tres grupos de zonas que han sufrido un proceso más intenso de transformación, con un 32%, 28% y 22%, respectivamente. Esto incluye tanto los cambios internos en zonas agrícolas y zonas forestales, como las conversiones entre ambos tipos de coberturas. Por otra parte, a pesar de la reducida extensión de las superficies artificiales (2%), los cambios relacionados con este tipo de cobertura equivalen al 1% respecto al total de la superficie de España transformada. Más estables han sido las praderas y mosaicos de cultivos con un porcentaje de transformación de un 12% (Figura 3.3). Finalmente, tanto los espacios abiertos con poca o sin vegetación (4%) como superficies de agua (0,5%) presentan bajos porcentajes de cambio. Sin embargo, los procesos implicados (aumento del riesgo de erosión en espacios abiertos e inundación por construcción de nuevos embalses en el caso de superficies de agua) suponen un fuerte impacto en el territorio.

Los cambios de ocupación del suelo en España registran un fuerte proceso de litoralización. El litoral mediterráneo (de Girona a Málaga) ocupa el 26,5% del suelo en la franja litoral de 2 km. Barcelona con casi un 50%, Málaga con el 43% y Alicante con un 37,8%, son las tres provincias con mayor proporción de ocupación artificial del litoral en todo el país. En conjunto, este litoral ha mantenido un ritmo de crecimiento moderado entre 1987 y 2000: 19,8% frente al 29,5% nacional. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que este ritmo de crecimiento se produce en un ámbito ya muy saturado. En algunas provincias con importante nivel de saturación costera, como Alicante y Málaga, la expansión se ha trasladado ya a la franja de 2-5 km, que en conjunto crece bastante más que la de 0-2 km (28,7% frente a 19,1%). Este fenómeno de salto a la segunda línea se va generalizando, con distintas intensidades, a toda la costa española.

La evolución de los cambios de ocupación del suelo en España muestra un fuerte crecimiento de los tipos de superficie que requieren una mayor cantidad de agua. Por un lado, el crecimiento de las superficies artificiales, ha sucedido a partir de un enorme crecimiento del tejido urbano difuso, con una estructura urbana mucho

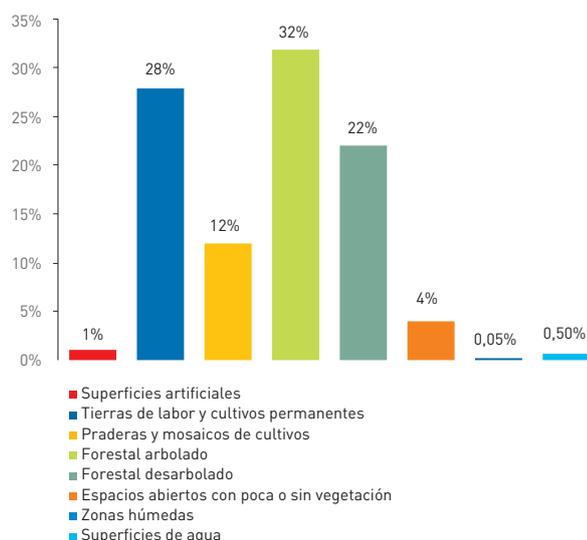
más intensiva en consumo de agua que la tradicional ciudad compacta. Los suelos residenciales del tejido urbano discontinuo (estructura laxa y urbanizaciones exentas) ocupaban en 2000 casi la misma superficie que el tradicional tejido urbano continuo y suponen casi una tercera parte del conjunto de los suelos artificiales.

Por otro lado, el alto crecimiento de las superficies de regadío dentro de las superficies agrarias también implica un fuerte crecimiento de la demanda de agua. Entre 1987 y 2000, se formaron más de 207.116 ha de nuevo regadío en España. En este sentido, la mayor superficie de regadíos se encuentra en el sur y el este de España, concretamente en Andalucía, Murcia, Comunidad Valenciana y Castilla-La Mancha, donde:

- Se concentra el 55 % de la superficie de regadíos de España (2.375.155 ha).
- La superficie ocupada por regadíos es el doble de la media nacional: un 15,7 % frente a un 8,4 %.
- Se ha producido el mayor aumento de la superficie de regadíos entre 1987 y 2000: un 18 % frente a la media nacional del 5,3 %.

Aunque los datos de ocupación del suelo ofrecidos por el satélite CORINE Land Cover se refieren al periodo 1987/2000, todos los indicadores relacionados con el uso del suelo y todas las estimaciones expertas apuntan a que la artificialización del suelo podría haber sufrido una fuerte aceleración en el periodo 2000/2007.

Figura 3.3. Superficie de cobertura implicada en algún tipo de transformación, 1987-2000. Clasificación LEAC.



Fuente: Informe OSE. Cambios de ocupación del suelo en España, implicaciones para la sostenibilidad 2006.

Hidrografía

Al igual que la orografía peninsular se caracteriza por presentar sus principales cordilleras una dirección que

va siguiendo los paralelos, los mayores ríos españoles también discurren en esa dirección.

Los ríos Duero, Tago y Guadiana se asientan sobre la Meseta, cerrada por la cordilleras Cantábrica e Ibérica y por Sierra Morena, y encuentran su salida hacia el mar en su parte más occidental, en la linde con Portugal. Además, los dos grandes valles exteriores -Ebro y Guadalquivir- siguen dicha pauta de dirección predominante, abrazando a la Meseta.

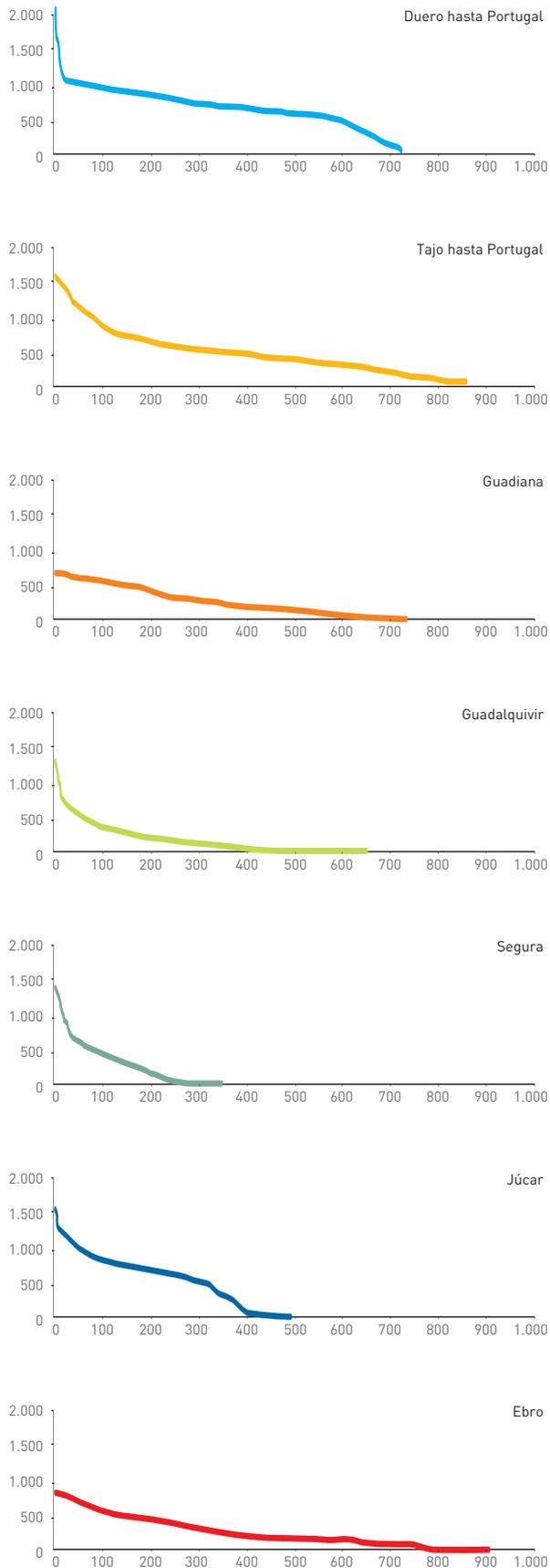
La excepción a este patrón de orientación de los grandes ríos se produce en aquéllos que, como los correspondientes a la vertiente cantábrica y al sur peninsular, nacen en cordilleras cercanas al mar, siguiendo la dirección de los meridianos.

La cordillera Costera Catalana, la terminación de la Ibérica hacia el Mediterráneo, y las cordilleras Béticas, todas ellas próximas al litoral, dan lugar a cuencas relativamente pequeñas, con la excepción de las correspondientes a ríos que presentan una acción remontante muy activa. Estos son los casos de invasores fluviales como el Llobregat, que ha ido capturando cuencas pertenecientes originalmente al Ebro, del Júcar, cuya cabecera se localiza muy próxima al nacimiento del Tago en los Montes Universales, o del Segura, cuyo nacimiento se adentra en el sistema Bético (Arenillas y Sáenz, 1987).

Los cauces insulares de Baleares y Canarias se caracterizan por su carácter intermitente y sus fuertes pendientes. En los primeros, la presencia de abundantes zonas kársticas hace que gran parte de las aguas se infiltre antes de llegar a los cursos bajos y aparezca posteriormente en la surgencia de manantiales. En los segundos, las fuertes pendientes de los barrancos y la histórica abundancia de captaciones subterráneas, conducen a la práctica ausencia de corrientes superficiales (sólo hay actualmente un río en La Palma y otro en Gomera y los hubo en Gran Canaria).

En cuanto a los perfiles longitudinales que se muestran en la figura 3.4 de los ríos españoles con cauces de mayor longitud, se distinguen tres tramos diferenciados: la cabecera, donde el río avanza entre fuertes pendientes que favorecen su capacidad erosiva; el tramo medio, de longitud considerablemente mayor y pendientes uniformes a lo largo del cauce, cuya acción característica es el transporte; y un tramo final, o de desembocadura, en el que el río sedimenta los materiales arrastrados en la cuenca, llegando a formar deltas y depósitos litorales si las condiciones de marea y corrientes lo permiten (uno de cuyos ejemplos más espectaculares es el correspondiente al delta del Ebro). La combinación de acciones características, erosión, transporte y sedimentación, tiende a moldear un perfil longitudinal suavizado entre el nacimiento y el nivel de desembocadura que actúa de indicador sobre su grado de madurez geomorfológica.

□ **Figura 3.4.** Perfiles longitudinales de los ríos más largos.



Fuente: Libro Blanco del Agua en España, MMA.

En los perfiles longitudinales que se muestran destaca, como singularidad frente al patrón general antes descrito, el escalón existente en los ríos que recogen aguas de la Meseta, muy singularmente en el Duero al abandonar su altiplanicie, en el Tajo y Guadiana más suavizadamente, o en el Júcar al dejar la llanura manchega. Lógicamente son estos tramos, en los que se suceden fuertes pendientes una vez recogido un caudal significativo producto de la cuenca aguas arriba, los más indicados para el uso energético y, efectivamente, es en ellos donde se encuentran buena parte de los principales aprovechamientos hidroeléctricos españoles. Son dignos de mención los saltos del Duero en sus arribes o los del Júcar entre el tramo de Cofrentes y Embarcaderos o El Naranjero.

Un rasgo peculiar de la hidrografía española es la frecuente presencia de corrientes efímeras, o cursos de agua no permanentes en el tiempo y que sólo llevan agua de forma ocasional, tras las tormentas. Originados tanto por la aridez del clima como por el relieve, la geomorfología y la permeabilidad del terreno, permanecen secos a poco de cesar las lluvias, dándose el caso de coexistir tramos continuos con caudales permanentes y otros intermitentes con caudales efímeros en un mismo río, especialmente en zonas calcáreas.

La figura 3.5 muestra la red hidrográfica junto con las grandes divisorias fluviales y sus principales cumbres (Hernández-Pacheco, 1956). Puede verse el Pico de los Tres Mares, cumbre de las tres grandes vertientes a los mares que rodean la península.

□ **Figura 3.5.** Mapa de la red fluvial básica y divisorias de las grandes cuencas.



Fuente: Libro Blanco del Agua en España, MMA.

No todas las escorrentías discurren hacia la red fluvial, ya que existen numerosas áreas cerradas de carácter endorréico o semiendorréico. Suelen ser áreas de extensión reducida y constituyen depresiones en terrenos de baja permeabilidad, donde se retienen y encharcan las aguas que posteriormente se pierden por infil-

tración o, en su mayor parte, por evaporación. Su distribución es muy desigual por todo el territorio español, abundando las lagunas de poco calado y extensión reducida (Arenillas y Sáenz, 1987).

Una de las zonas donde existe mayor número de complejos lagunares es la cuenca alta del Guadiana, la denominada Mancha Húmeda, y en especial las áreas comprendidas a lo largo de las cuencas de los ríos Záncara y Gigüela. Esta zona se podría extender, en lo que al fenómeno de endorreísmo se refiere, a la llanura manchega oriental, en la cuenca del Júcar, y a las áreas más septentrionales de la cuenca del Segura, lindando con la del Júcar (áreas de Yecla, Corral Rubio y Pozohondo). La topografía en toda esta zona se configura mediante cauces efímeros que vierten sus aguas a planicies encharcadizas, lagunas y zonas pantanosas. Buen ejemplo de esta situación es el Canal de María Cristina, construido en los siglos XVIII y XIX precisamente para dar salida a las aguas estancadas alrededor de Albacete.

En la cuenca del Ebro, concretamente en la margen izquierda del río Jiloca, se encuentra la laguna de mayor extensión en España, la de Gallocanta. Otras zonas de destacado comportamiento endorreico son las de Santillana del Mar, en Cantabria, Ruesga, entre los ríos Asón y Miera, en el ámbito territorial Norte II, Osuna en el Guadalquivir, o las de Fuente de Piedra y Zafarraya en el Sur.

En definitiva, el sistema hidrográfico español presenta, numerosas peculiaridades y fuertes contrastes. La variedad de regímenes de escorrentía es causa de dificultades de estudio y escasez de reglas generales de comportamiento hidrológico, pero también lo es de una gran diversidad y riqueza fluvial, ambiental y paisajística.

3.2.2. Medio Biótico: El agua en los ecosistemas

El agua es un elemento clave para la vida, de hecho dos terceras partes de nuestro planeta se encuentran cubiertas de agua y para las tierras emergidas la vida es casi imposible sin agua líquida. Esto es claramente visible en la riqueza de especies y la biomasa que mantienen los ecosistemas sin agua (los desiertos por ejemplo) o con agua abundante (como los bosques tropicales). Lógicamente otros factores inciden en la mayor o menor biodiversidad (como la temperatura, la altitud, etc.) pero la presencia de agua es un valor indiscutible.

En los ecosistemas terrestres la disponibilidad de agua es clave para la vida de las plantas, pues mientras que la luz (energía) o el carbono (CO₂) se encuentran disponibles en la zona aérea de la vegetación, los nutrientes (fósforo y nitrógeno especialmente) se hayan en el suelo y la manera de transportarlo es mediante la succión de la sabia desde arriba, proceso que se produce por la evaporación del agua en los estomas que genera el movimiento del líquido de abajo a arriba. La transpiración de las plantas es clave para su producción. En

España, por ejemplo, la superficie agrícola irrigada produce tres veces más que la de secano siendo ésta mucho mayor en extensión. La evapotranspiración de agua en la superficie terrestre se acerca a los 70.000 Km³, de los cuales una parte muy importante (26%) se utiliza de forma directa (por ejemplo cultivos irrigados) o indirecta (pastos, silvicultura) por parte del ser humano. En los ecosistemas mediterráneos la evapotranspiración (directa o mediante los vegetales) puede ser de más del 90% de la lluvia caída. De hecho, el cociente entre el agua que transporta un río en un lugar determinado dividido por la lluvia que cae en su cuenca es lo que llamamos escorrentía superficial.

En la cuenca del Ebro, este valor fluctúa entre 0,12-0,20 en las cuencas de la margen derecha (Matarranya por ejemplo), y 0,5-0,6 en las cuencas del Pirineo, lo que nos indica la importancia de esta relación para la hidrología. Sólo una parte de la lluvia llega a los ríos y cuanto más al Sudeste de la península ibérica tanto menor es. Está claro que el agua es un elemento clave en los ecosistemas terrestres y que la forma en que sea usado significa que puede cambiar su disponibilidad para los ecosistemas acuáticos. De hecho, hoy en día, algunos ríos están secos en la desembocadura por el uso excesivo del agua para la agricultura que conlleva la desaparición del agua como elemento líquido.

De toda el agua que se evapotranspira y precipita sobre la parte emergida de la tierra, una parte es transportada por los ríos hasta el mar. Esto supone unos 40.000 Km³ de agua al año para toda la tierra. De éstos, una parte (3.000 Km³) es usada directamente por el ser humano de forma consuntiva (o sea que se evapotranspira), básicamente en irrigar los millones de hectáreas de regadío que se han construido para alimentar a una población creciente, o evaporándose en embalses. Otra parte se usa para usos no consuntivos y en muchos casos está contaminada por lo que no puede tener otros usos (5.000 Km³). Hay que tener en cuenta que una parte importante del agua no es posible utilizarla (no se podría usar aunque quisiéramos toda el agua del Amazonas), lo que es más de la mitad del total del agua que discurre por los ríos. Por tanto los 8.000 Km³ que se usan es más del 50% del agua realmente usable por el ser humano. Esto da idea de la profunda transformación que deben de haber sufrido los ecosistemas acuáticos.

El agua además de recurso y de vehículo transportador hacia el mar, tiene la particularidad de ser la matriz de los ecosistemas más ricos de la tierra (si se expresa en especies por volumen de agua, para compararlo con los marinos, o especies por Km² para hacerlo con los terrestres). Efectivamente, los ecosistemas acuáticos contienen menos del 1% del agua de la tierra y ocupan menos del 0,03% de las tierras emergidas del mar, sin embargo atesoran una gran biodiversidad: más de 126.000 especies de animales, que suponen un 9% de todos los animales descritos hasta ahora (280.000 en el

mar, 1,5 millones en tierra firme). Más del 60% de las especies acuáticas son insectos y en muchos casos hay familias que son desconocidas en algunas regiones, por lo que todavía quedan muchas especies por describir. Mientras tanto, en los últimos años, un alto porcentaje de especies en extinción de vertebrados se acumula en los ecosistemas acuáticos, de forma que estos son los que resultan globalmente más amenazados.

Este discurso a nivel global puede repetirse a nivel de España con un gradiente Noroeste-Sudeste de estrés hídrico y con un impacto similar en los diferentes ecosistemas acuáticos. El uso de los recursos en la Cuenca del Segura se acerca al 100% mientras que en las cuencas del Norte no pasa del 40%. Los ríos levantinos son pequeños hilos de agua regulados por multitud de embalses frente a los ríos atlánticos que todavía mantienen un flujo considerable (de momento y si el cambio climático no lo impide). Por otra parte, la variedad climática, geológica, geomorfológica, altitudinal y histórica, hace que la península ibérica presente una gran variedad de ecosistemas acuáticos, desde lagos de Alta Montaña hasta humedales hipersalinos pasando por toda clase de ríos. Esto confiere una gran biodiversidad que se desconocen de forma casi absoluta. Para los vertebrados todavía se conocen bien las especies que existen y su estatus de conservación (por ejemplo el Libro Rojo de los Peces de Agua Dulce) pero para los invertebrados casi se desconoce, incluso faltan catálogos, puestos al día, de las especies presentes en el país. Para muchos grupos hay regiones de España desconocidas. El uso intensivo del agua y la contaminación y degradación de los hábitats son la causa de la desaparición de muchas especies conjuntamente con la presencia de múltiples especies invasoras, introducidas en la mayor parte de los casos por el ser humano. En estos momentos es imposible hacer una revisión de la situación actual de los ecosistemas acuáticos, a pesar de que algunos son bien conocidos.

3.3. Marco socioeconómico

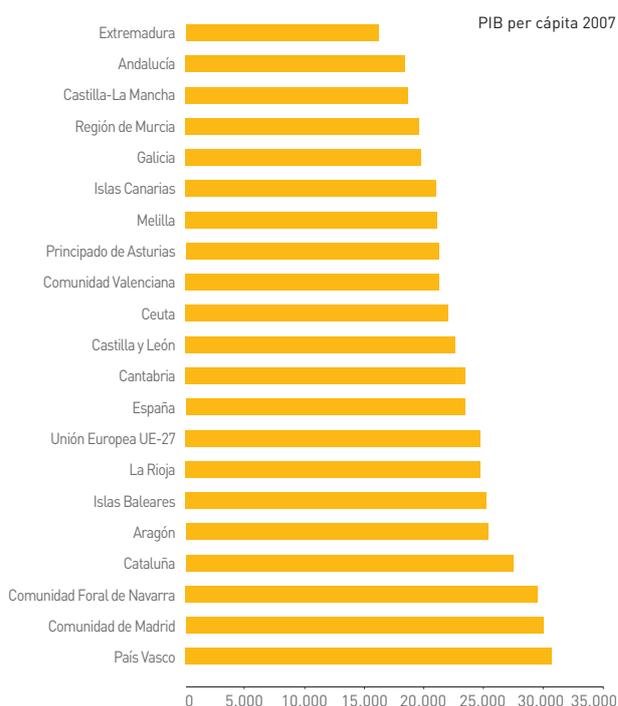
El agua es un elemento esencial para el equilibrio ecológico y el crecimiento socioeconómico. El análisis del contexto socioeconómico dominante es fundamental para saber cuáles son los condicionantes de la demanda y el consumo de agua. Tanto el volumen de la actividad económica, el ritmo de crecimiento y la estructura sectorial actúan como fuerzas motrices de los usos del agua.

3.3.1. Crecimiento económico

En términos de crecimiento económico, España ha intensificado en los últimos años un progresivo acercamiento a los parámetros y niveles de las economías más desarrolladas del mundo. En 2007, el crecimiento del Producto Interior Bruto (PIB) se cifró en un 3,9%,

alcanzando los 976.189 millones de euros. A lo largo de la última década ha mantenido un ritmo constante de crecimiento por encima del 2,7%. El crecimiento del PIB per capita en España ha estado por encima de la UE-15 (2,3%) y sólo una décima por debajo de la UE-25 (2,7%). Las regiones españolas han convergido entre si y éstas con los cifras de crecimiento de la UE. El avance alcanzado por España ha permitido una convergencia económica con el resto de los países de la UE.

□ **Figura 3.6. Producto Interior Bruto per Cápita por Comunidades Autónomas (CC.AA). Año 2007**



Euros/habitante	
País Vasco	30.599
Comunidad de Madrid	29.965
Comunidad Foral de Navarra	29.483
Cataluña	27.445
Aragón	25.361
Islas Baleares	25.238
La Rioja	24.717
Unión Europea UE-27	24.700
España	23.916
Cantabria	23.377
Castilla y León	22.589
Ceuta	21.994
Comunidad Valenciana	21.239
Principado de Asturias	21.200
Melilla	21.089
Islas Canarias	21.004
Galicia	19.800
Región de Murcia	19.574
Castilla-La Mancha	18.564
Andalucía	18.298
Extremadura	16.080

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE) 2008.

Este nivel presenta resultados desiguales para las distintas CCAA. Siete regiones españolas se sitúan por encima del indicador medio de la UE-27. En términos de euros por habitante, Madrid alcanzó en 2006 un nivel de renta per capita de 28.850 euros, frente a Extremadura con 15.054 euros. País Vasco, Comunidad Foral de Navarra y Cataluña poseen un PIB nominal per capita por encima de la media de la UE-25 (24.500 euros). Esta distribución de la actividad económica se concentra en la zona del valle del Ebro y en dos polos, como son el centro de la península en la Comunidad de Madrid, y, sobre todo en el litoral mediterráneo.

Las dos regiones más ricas, en términos per cápita, se corresponden con el País Vasco y la Comunidad de Madrid, con niveles que superan en un 30% y 28%, respectivamente, la media nacional. En el lado opuesto, las regiones con menor capacidad económica por habitante se sitúan en el sur peninsular (Andalucía y Extremadura), cuya población representa algo más del 20% del total nacional. El PIB per cápita de estas dos regiones representa el 22% y 31%, respectivamente, inferior a la media nacional, situándose en 18.298 euros y 16.080 euros, para cada una de estas dos regiones (Figura 3.6).

Esta situación se ha alcanzado tras un período estable de fuerte crecimiento económico que arrancó en la segunda mitad de la última década del siglo pasado. El crecimiento medio anual de la economía española durante el período 2000-2007 fue del 3,41%. Siendo la Región de Murcia la más dinámica, experimentando una tasa media anual de crecimiento económico del 3,94%. Este nivel contrasta con el acontecido en el archipiélago de las Islas Baleares, cuya tasa media anual de crecimiento económico para el mismo periodo apenas superó el 2,29% anual.

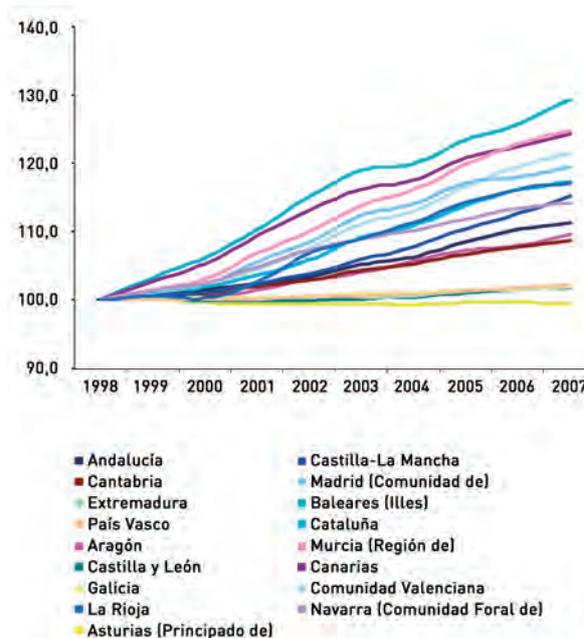
3.3.2. Dinámica poblacional

La dinámica poblacional española es un reflejo del fuerte crecimiento económico de estos años y de su distribución regional. El fenómeno demográfico que ha marcado los últimos años ha sido la inmigración. En este sentido, Baleares, Cataluña, Comunidad Valenciana y Comunidad de Madrid son las regiones donde la población extranjera presenta un porcentaje mayor sobre la población total (Figura 3.7). Estas regiones son, además, donde más ha aumentado la tasa de inmigración (1998-2006), a las que también hay que añadir Murcia, región en la que la tasa de inmigración ha aumentado en casi 13 puntos porcentuales. Como consecuencia directa de la inmigración, se ha presentado en la última década una inversión de la tendencia demográfica española que ha pasado de tener un comportamiento descendente a ser claramente ascendente, con importantes repercusiones tanto en el empleo como en el PIB.

Por otro lado, la distribución de la población sobre el territorio ha estado marcada por un fuerte proceso de

concentración en las grandes áreas metropolitanas y en las zonas costeras, especialmente en el litoral mediterráneo. Esta intensificación del llamado proceso de litoralización tiene consecuencias directas para la demanda del agua puesto que algunas de las zonas que han experimentado mayores crecimientos demográficos arrastran un fuerte déficit hídrico.

Figura 3.7. Evolución de la población de derecho por autonomías 1998/2007 1998=100.



Fuente: Padrón municipal de habitantes, INE.

3.3.3. Proceso de litoralización

Esta dinámica economía ha tenido su traducción en el proceso de litoralización que se ha acelerado en las últimas décadas y que tiene varios condicionantes:

- a) El turismo, que en un primer momento creció sólo de forma temporal en diversos alojamientos fijos o móviles y después, a través del asentamiento residencial de parte de estos turistas mediante la adquisición de viviendas para primera, segunda o tercera residencia.
- b) El desarrollo del sistema de transportes terrestre y marítimo y el abaratamiento del aéreo. Estos cambios han permitido, por un lado la mejora de la accesibilidad de la costa a los habitantes de las áreas urbanas españolas. Por otro lado, estas modificaciones han supuesto la llegada masiva de turistas procedentes de países situados más al norte de Europa y que en busca de un mayor confort climático se han ido asentando progresivamente en el territorio litoral.
- c) A través de la red de transportes se pueden abastecer espacios que antes difícilmente podrían mante-

ner con sus recursos a poblaciones importantes. Este fenómeno es uno de los más importantes, ya que en estas zonas se localizaban y, en algunos casos, aún se localizan parte de los espacios naturales más significativos.

Estos factores han incidido en un desconocido desarrollo urbano de muchas de las zonas litorales. Así, pese a los teóricos esfuerzos legislativos realizados desde diversas administraciones para frenar dicho crecimiento, la realidad ha desbordado, con mucho, las intenciones originales y, de esta manera, se hace patente la necesidad de una gestión integral de la planificación urbanística de estos espacios, con el fin de lograr una ocupación del territorio coherente y sostenible. De cara al consumo de agua, hay que recordar que el proceso de litoralización está sucediendo en algunos de los territorios con mayores déficits hídricos de España.

3.3.4. Importancia del agua en los sectores productivos

El funcionamiento de la economía, el crecimiento económico y el bienestar individual y colectivo de las personas depende de los servicios de agua. Hay una demanda esencial de servicios de agua potable para el consumo humano en condiciones de seguridad para la salud y con una elevada garantía de provisión cualquiera que sean las condiciones climáticas y económicas. Los recursos hídricos también son indispensables para el normal funcionamiento de los procesos de creación de riqueza en actividades tales como la agricultura de regadío, la generación de energía, la fabricación de bienes en la industria y la oferta de servicios turísticos y de oportunidades recreativas y de ocio. El funcionamiento de la economía requiere otros servicios del medio hídrico como receptor final de una variedad de residuos y vertidos provenientes del funcionamiento de la economía y que son objeto de dilución, transformación química o acumulación en la naturaleza.

□ **Figura 3.8. Participación de la construcción (vivienda y otras construcciones) en el PIB. Año 1990-2007.**



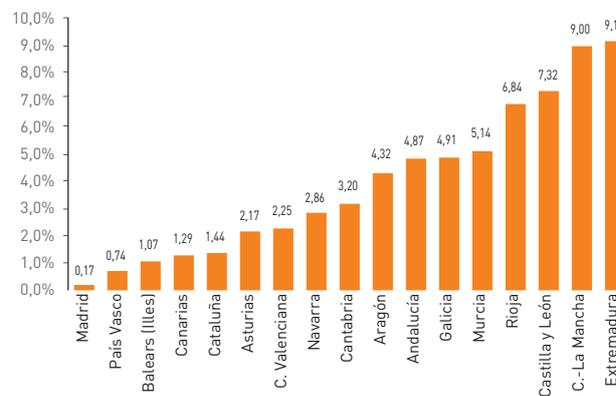
Fuente: INE, 2007.

La satisfacción de las demandas de servicios de agua en la economía condiciona la capacidad de los ecosistemas hídricos para soportar nuevas presiones o para garantizar los servicios actuales de una manera sostenida en el tiempo, y determina la disponibilidad de todos aquellos servicios ambientales que, al contrario de los usos económicos, no están asociados a la modificación de la naturaleza sino a su buen estado de conservación. Dentro de esos servicios ambientales se encuentran, por ejemplo, la contención de la erosión y la desertificación, la disminución del riesgo de inundaciones, el mantenimiento de la biodiversidad y del potencial biológico, la provisión de servicios recreativos o de valores estéticos y de las actividades turísticas que se generen, etc.

En este sentido, las actuales circunstancias económicas permiten conocer los factores que determinan el consumo y uso del agua como elemento de la actividad productiva. La agricultura destaca como principal agente de utilización del agua. El regadío es un elemento esencial del desarrollo de la agricultura española y en la mayoría de los casos, donde se dispone de él, permite obtener márgenes superiores a los del secano. Destaca la dualidad del desarrollo de los regadíos basados en dos modelos. En algunos casos, está vinculado a la expansión de un modelo agrícola extensivo y productivista fuertemente dependiente para su viabilidad financiera de los apoyos públicos y las subvenciones europeas. Cuando esto ocurre, la rentabilidad del regadío es relativamente baja aunque siempre superior que la que se obtendría sin él, como ocurre en muchas regiones del interior peninsular.

Sin embargo, un segundo modelo aflora en las regiones mediterráneas, donde la disponibilidad de agua y de facilidades de riego juegan un papel decisivo en el desarrollo de la agricultura, allí donde se concentran los regadíos más rentables de la península y donde el riego sin ayudas a la producción aparece vinculado a un modelo agrícola más dinámico y competitivo. Este desarrollo ha permitido el abandono de prácticas agrarias que no arrojan un margen neto de más de 300 euros/ha, en beneficio de alternativas altamente productivas con márgenes netos superiores a 7.000 euros/ha.

□ **Figura 3.9. Peso del sector primario en el VAB por comunidades autónomas. Año 2007.**



Fuente: INE, 2007.

Junto al uso para riego agrícola, los servicios de abastecimiento doméstico puestos a disposición de las familias españolas, consumieron en 2005 alrededor de 2.673 hm³, que viene a significar, según INE, una media de 166 litros diarios por habitante. Este volumen viene a representar alrededor del 10% del total de agua consumida, y bastante alejado del consumo para operaciones de riego, estimado en 16.505 hm³ para ese mismo año.

En la industria manufacturera, el agua interviene como un insumo productivo en los procesos de transformación en los que se utiliza, la cantidad de agua utilizada en los procesos industriales en 2001 se estimó en 965 hectómetros cúbicos, es decir alrededor del 20% de los usos distintos del regadío. Está previsto que la productividad industrial en el uso del agua aumente ligeramente en los próximos años.

El crecimiento económico español en los últimos ejercicios se ha basado en el dinamismo de dos sectores: construcción y servicios. Mientras que el sector industrial ha entrado desde principios de siglo en una fase de reestructuración cuya principal consecuencia es una pérdida de potencial para generar nuevos puestos de trabajo, aunque no para impulsar el crecimiento económico. Esta distribución sectorial de la economía española también se refleja en la aparición de nuevas demandas de agua que se incrementan rápidamente.

El crecimiento del sector de la construcción se ha apoyado en la consolidación del modelo de urbanización difusa que mucho menos eficiente en el uso del agua que el modelo compacto tradicional ha dado lugar a un crecimiento de la demanda urbana de agua. La fuerte urbanización del litoral mediterráneo, también bajo el modelo difuso también ha supuesto un incremento de la demanda turística y residencial de agua. El fuerte crecimiento del consumo privado dentro de la estructura económica española y, muy especialmente del consumo de las familias, ha generado nueva demanda adicional para usos turísticos y de ocio.

El fuerte crecimiento económico de estos años y la estructura productiva en la que se ha apoyado han producido un fuerte acoplamiento entre el crecimiento del PIB y las presiones ambientales en general y el consumo de agua en particular. Como recuerda el Análisis de los Resultados Medioambientales para España, 2008 de la OCDE hay que:

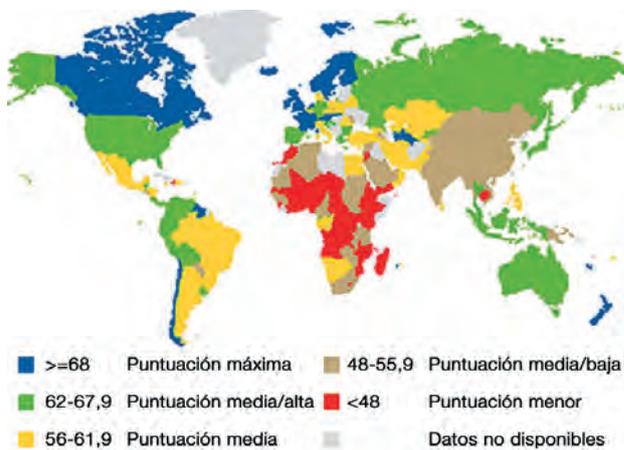
“Seguir disociando las presiones sobre el medio ambiente del crecimiento económico, para reducir la intensidad de la contaminación y mejorar la eficiencia de la economía en materia de recursos”.

3.3.5. Índice mundial de pobreza del agua: Situación de España

El Índice de Pobreza del Agua (IPA), define la Crisis Mundial del Agua país por país siendo Haití, el peor y Finlandia, el mejor y encuentra que algunas de las naciones más ricas del mundo, como los Estados Unidos y Japón, se sitúan en

los últimos puestos en el ranking del agua, mientras que algunos países en desarrollo están entre los diez mejores, según el Centro para la Ecología & la Hidrología UK y expertos del Consejo Mundial del Agua.

Figura 3.10. Índice Mundial de pobreza del agua.



Fuente: Padrón municipal de habitantes, INE.

A nivel internacional, clasifica a 147 países según cinco componentes: Recursos, acceso, capacidad, uso e impacto ambiental. Para mostrar donde existen las mejores y las peores situaciones con respecto al agua. Según el índice, los 10 países más ricos en agua del mundo son, en orden descendente: Finlandia, Canadá, Islandia, Noruega, Guyana, Surinam, Austria, Irlanda, Suecia y Suiza.

Los 10 países situados últimos en la clasificación del Índice de la Pobreza del Agua están todos en el mundo en desarrollo: Haití, Níger, Etiopía, Eritrea, Malawi, Djibouti, Chad, Benin, Ruanda, y Burundi.

“Los nexos entre pobreza, privación social, integridad ambiental, disponibilidad del agua, y salud se distinguen claramente en el IPA, permitiendo a los hacedores de políticas y a los grupos interesados identificar dónde existen problemas y las medidas apropiadas para encarar sus causas”.

De acuerdo con este índice España se encuentra en una situación media-alta.

El IPA asigna un valor de 20 puntos como la mejor calificación para cada una de sus cinco categorías. Un país alcanza los criterios en las cinco categorías tendrían una puntuación de 100. El país que resultó con mayor puntuación fue Finlandia, con un IPA de 78 puntos, mientras que el último fue Haití, con un IPA de sólo 35.

Según el análisis estadístico, la capacidad, uno de los cinco componentes del IPA que define la habilidad de un país de comprar, administrar y gestionar para un mejoramiento del agua, educación y salud, tiene a Islandia,

Irlanda, España, Japón y Austria como los cinco mejores países. Estando España entre el 10 por ciento de los mejores situados por el índice general. Estos países, conjuntamente con muchos otros, tienen altos ingresos y poblaciones saludables y bien educadas.

Para recursos, que mide el volumen per capita de los recursos de agua superficial y subterránea que pueden ser aprovechados por las comunidades y los países, los cinco mejores países resultaron Islandia, Surinam, Guyana, Congo y Papua Nueva Guinea. Los últimos cinco en este componente fueron los Emiratos Árabes Unidos, Kuwait, Arabia Saudita, Jordania e Israel. Los países mejor posicionados tienen abundantes recursos, pero principalmente tienen poblaciones pequeñas en relación a la cantidad de recursos. Los países en posiciones inferiores están todos en áreas desérticas con precipitación mínima y ningún río importante que les provea agua. A pesar de la escasez de agua, Israel, Kuwait y Arabia Saudita están entre el 50 por ciento mejor posicionado por el IPA, reflejando su habilidad de superar esta escasez a través de gestión y uso efectivo.

En cuanto al acceso, que mide la capacidad de un país para acceder al agua para beber, para uso industrial y agrícola, por tener la capacidad económica para proveer saneamiento y abastecimiento de agua segura a toda su población, sitúa a España en la posición 26.

Para el uso, que mide la eficiencia de un país en el uso del agua para propósitos domésticos, agrícolas e industriales, el país con más baja clasificación es Estados Unidos, a causa de prácticas de derroche o uso ineficiente del agua. Ocupando también en este caso España una posición media-alta. En relación al Medio Ambiente, que provee una medida para la sostenibilidad ecológica, los temas que incluye son calidad del agua, estrategias y regulación ambiental, y el número de especies en peligro de extinción. Los cinco primeros países en esta categoría son Finlandia, Canadá, Reino Unido, Noruega y Austria. Estados Unidos es el número 6 y España el 14.

3.4. Marco institucional

El aspecto clave para analizar la sostenibilidad del modelo de gestión del agua lo ofrece la capacidad institucional para afrontar los retos y encauzar al sistema hacia el cumplimiento de los objetivos sociales, ambientales y económicos.

La Constitución española declara que la gestión del agua debe hacerse según los principios de unidad de cuenca, unidad de gestión, unidad del ciclo hidrológico (en todas sus fases), economía y tratamiento integral. La nueva Administración del agua española, heredera de las Confederaciones Hidrográficas creadas a comienzos del siglo XX, se erige con el propósito de dar cumplimiento a la Ley de Aguas de 1985, que desarrolla los preceptos constitucionales citados.

Al objetivo tradicional de la plena satisfacción de las demandas de agua (perspectiva de oferta) se añaden los nuevos objetivos de la gestión del agua, y en particular, el de llevar a cabo una gestión eficaz, la de buscar la participación de los usuarios y ciudadanos y la de velar por la calidad del recurso (enfoques de demanda).

Por otro lado, el avance en el desarrollo de la España de las autonomías ha ido imponiendo que la Administración del agua se vaya adaptando al nuevo marco competencial. Esta adaptación se ha ido realizando buscando diferentes interpretaciones de la distinción entre cuencas intra e intercomunitarias, es decir, cuencas hidrográficas enteramente incluidas en una CCAA o compartida entre varias. En un primer paso se produjo la transferencia de la gestión de las cuencas isleñas, y de las internas a Cataluña y Galicia. Y posteriormente se han ido incorporando otras, como las del País Vasco y las andaluzas. Un proceso vivo que todavía producirá nuevos cambios.

Uno de los retos más importantes que posee la gestión del agua en España es el de dotarse de una Administración del agua moderna, eficaz, capaz de hacer cumplir la ley, cercana al ciudadano y de influir en aquellas actividades que directa o indirectamente puedan afectar al estado del agua. Los desafíos en este campo son amplios ya que una Administración hídrica centrada en la obra pública debe dar paso a una administración que gestione de forma integral el recurso hídrico.

La Directiva Marco del Agua es el basamento jurídico sobre el que la Unión Europea está construyendo una política de aguas sostenible. Como norma ha introducido una nueva concepción regulatoria del derecho comunitario ambiental, basada en las estrategias de sostenibilidad. En su contenido encarna un cambio cualitativo y no sólo cuantitativo en la política de aguas. Cambia la correlación de valores de esta política, colocando en primer lugar la protección de las aguas y ecosistemas y, en segundo lugar, su uso sostenible. Establece un modelo integrado y de participación activa en la planificación y gestión, frente al anterior modelo fragmentado y de participación limitada y reactiva. Y, por último, incorpora los instrumentos económicos de transparencia y recuperación de costes como elementos decisivos para lograr el uso sostenible.

Todos los rasgos señalados configuran la directiva como un nuevo marco conceptual de la política de aguas, una nueva forma de pensar y gobernar desde los valores de la sostenibilidad y la participación activa.

Ello hace que el análisis de la sostenibilidad en la política de aguas desde una perspectiva de la gobernanza y el derecho pueda realizarse partiendo del mismo marco conceptual que la Directiva Marco del Agua y, a modo de indicadores, se puedan tomar las estrategias que establece y la forma en las que se han adaptado e implementado en el Derecho interno.

4

EL AGUA EN ESPAÑA:
EVALUACIÓN MEDIANTE INDICADORES

el agua en España: evaluación mediante indicadores

El agua, soporte fundamental de la vida humana y los ecosistemas, es un recurso natural renovable de extrema importancia para España desde el punto de vista ecológico, económico y social, y un factor estratégico para cualquier planificación.

Determinadas características de los ecosistemas españoles, como las topográficas -elevadas pendientes del país- y climáticas -el clima mediterráneo en un 80% aproximado del territorio-, unidas a deficiencias en la planificación (localización de actividades en zonas con escasez, desatención a la calidad, etc.), han motivado un marco especialmente insostenible en el uso de los recursos hídricos.

Este capítulo pretende presentar una evaluación de los recursos hídricos de España basada en indicadores seleccionados por su relevancia y representatividad. La evaluación abarca todas las formas de agua -aguas subterráneas, ríos, lagos, estuarios y otras aguas de tránsito (aguas cercanas a las desembocaduras de los ríos), tanto en términos de calidad como de cantidad.

Los indicadores seleccionados se han definido de acuerdo con el siguiente esquema y se han resumido en una ficha de presentación en la que se incluye:

- **Definición y grado de madurez** del indicador, según sea ya un indicador muy aceptado en particular a nivel comunitario y/o nacional y establecido en cuanto a disponer de series históricas y uso experimentado.
- **Relevancia e interacciones** del indicador para la evaluación de los procesos de desarrollo sostenible y en particular su funcionalidad dentro del esquema Fuerzas Motrices-Presiones-Estado-Impacto- Respuesta (FPEIR). Establecido por la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) e iniciado en su día por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).
- **Situación** del indicador resumiendo su situación a nivel nacional, por comunidades autónomas o por cuencas, a través de la serie temporal más larga y actualizada existente.
- **Evaluación** del indicador valorando la situación y tendencias, bien desde el punto de vista cualitativo de mejora o empeoramiento como de distanciamiento con respecto a objetivos cuantificables establecidos o referencias aceptadas, recurriendo a métodos gráficos simplificados.

La calificación de cada indicador se hace mediante una

representación gráfica que es la resultante final del análisis de las variables correspondientes y de sus interacciones de acuerdo con la siguiente representación:

-  Estado actual favorable
-  Situación no definida o difícil de evaluar
-  Estado actual desfavorable
-  Falta de Información o Datos
-  Señales de esperanza
-  Situación crítica de sostenibilidad, importante distancia a objetivos
-  De interés estratégico para España
-  Tendencia Positiva
-  Tendencia Negativa

Para el análisis de las **aguas superficiales** el Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE) ha utilizado como fuentes principales de datos la Dirección General del Agua, el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y el Instituto Nacional de Estadística (INE). También se ha recurrido a datos del antiguo Grupo de Análisis Económico del Ministerio de Medio Ambiente, la Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento, el Anuario de Estadística Agroalimentaria y el Programa ERHIN (Estudio de los recursos hídricos derivados de la innivación en alta montaña).

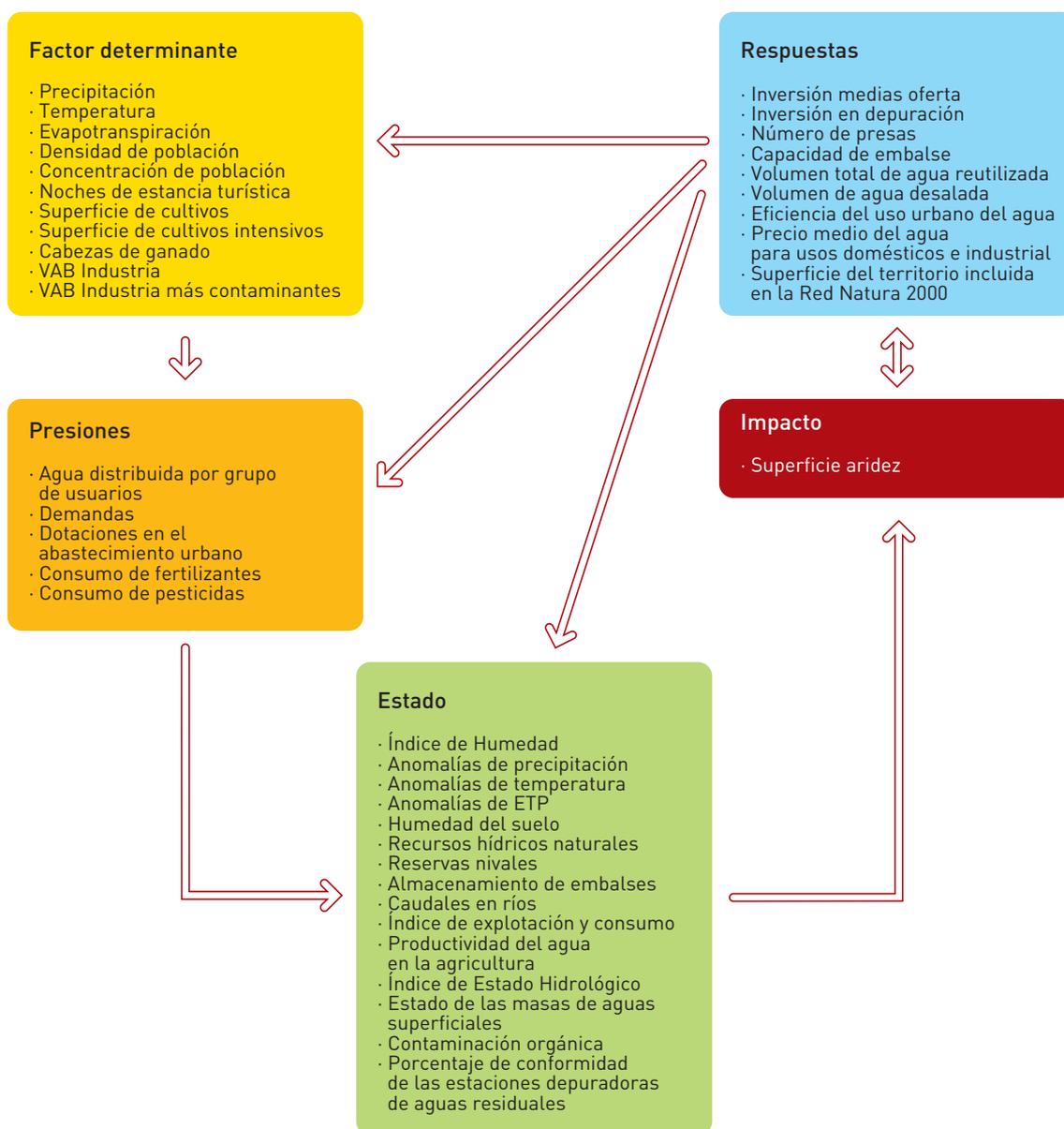
En lo que respecta a las **aguas subterráneas** se han utilizado fundamentalmente los datos del informe del Ministerio de Medio Ambiente (MMA, 2006) que recoge la Síntesis de la información remitida por España para dar cumplimiento a los artículos 5 y 6 de la Directiva Marco del Agua, en materia de aguas subterráneas, así como de la actualización del informe de enero de 2008, elaborada por la Dirección General del Agua del

Ministerio de Medio Ambiente. Si bien los criterios para su aplicación han sido establecidos por los Organismos Autónomos (OO.CC) basándose en el informe de la Comisión europea (CE), Reporting Sheets for 2005. Reporting V 5.0., CE 2004.

Desde el punto de vista metodológico, para las aguas superficiales, se ha seguido el enfoque causa-efecto basado en el modelo FPEIR promovido y aplicado por la AEMA, lo que permite una evaluación completa de los problemas a través del estudio de las Fuerzas Motrices y Presiones relevantes sobre el entorno, los Impactos y variaciones en su Estado que se producen en consecuencia, las Respuestas adoptadas, y la interrelación entre estos elementos (Figura 4.1).

El objetivo de la gestión del agua es preservar la salud humana, a la vez que el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos y sus ecosistemas terrestres asociados. En consecuencia es importante identificar y cuantificar el estado y los impactos actuales sobre el agua en España, y su evolución en el tiempo. El estado del agua viene determinado por factores naturales como la geología o el clima, pero también por la presión ejercida por las actividades humanas. Muchas de estas presiones y de las fuerzas motrices subyacentes son comunes a todos o algunos de los aspectos abordados en este informe. El sector agrícola es, por ejemplo, una significativa fuerza motriz en términos de calidad ecológica, contaminación por nutrientes y materia orgánica, sustancias peligrosas y volúmenes de agua.

□ Figura 4.1. Clasificación de los indicadores de aguas superficiales según el esquema FPEIR.



Fuente: Elaboración propia, 2008.

La gestión del agua subterránea ha sido, por lo general, objeto de menor atención, por lo que los indicadores de estado y presión de las mismas están menos elaborados. En consecuencia, no existe un criterio uniforme, con grandes diferencias según la disponibilidad y calidad de la información de partida muy irregular. En este sentido, las cuencas intracomunitarias¹ presentan mayores peculiaridades que las intercomunitarias². Dada la disparidad de criterios y metodologías utilizadas por cada OO.CC, se ha hecho un esfuerzo por sintetizar los criterios comunes.

Para una correcta comprensión de los indicadores utilizados en hidrogeología es necesario tener en cuenta las peculiaridades que presentan las aguas subterráneas:

- a) La problemática del agua superficial en cuanto al espacio es lineal a lo largo del cauce y es un medio fuertemente biótico. Mientras que la problemática del agua subterránea en cuanto al espacio es en superficie e incluso tridimensional, se extiende por toda la superficie del terreno y en capas a distintas profundidades. El medio está fuertemente controlado por la geología.
- b) La Directiva Marco del Agua (DMA) establece los objetivos de buen estado químico y buen estado cuantitativo para el agua subterránea. De forma que los indicadores de presión e impacto tratan de evaluar estos dos aspectos, según criterios desarrollados complementariamente en la Directiva de Protección del Agua Subterránea contra la Contaminación (DAS) también conocida como Directiva hija.
- c) En función de las características del agua subterránea las fuentes de contaminación y también las presiones suelen clasificarse en presiones difusas, cuando éstas se ejercen sobre una superficie extensa, por ejemplo los retornos de riego que se infiltran cargados de fertilizantes o pesticidas, y las presiones puntuales, cuando se concentra en un punto del terreno, como pueda ser la fuga del depósito enterrado de fuel de una gasolinera. Puesto que las medidas de corrección y recuperación en uno y otro caso son diferentes.

De la misma forma, los indicadores suelen clasificarse en indicadores de presiones difusas o puntuales. De acuerdo con estos criterios en la Tabla 4.1 se listan los indicadores de presión sobre el agua subterránea y en la Tabla 4.2 los indicadores de impacto, obteniéndose la respuesta o estado mediante una matriz presión - impacto.

Es de señalar que la utilización de algunos de estos

indicadores tienen una larga tradición en la gestión de nuestros acuíferos, sin embargo su planeamiento y aplicación sistemática no se realiza hasta 2006 por imperativo de la Directiva Marco del Agua (DMA) (MMA, 2006).

En la literatura existen otros indicadores, pero este informe se ha limitado a los que utiliza el MMA y los OO.CC.

Los indicadores de presión sobre el estado cuantitativo se suele evaluar con criterios indirectos debido a la generalizada falta de información sobre volúmenes de extracción y de los recursos disponibles³, partiendo de datos de concesiones, usos según superficies o el índice de extracciones K (Confederación Hidrográfica del Júcar, 2004). Pero no existe un criterio uniforme sobre el valor umbral a partir del cual la presión se considera significativa ni sobre el modo de cálculo.

Los indicadores de presión difusa se suelen estimar a partir de los criterios establecidos sobre excedentes de nitrógeno (INE, 1999, MAPA, 2000 y MMA, 2001) y porcentaje de superficie con un determinado uso: urbano industrial, minería, aeropuertos, poblaciones sin saneamiento, etc (IGN, 2000). Como en el caso anterior no existe uniformidad en establecer los umbrales de presión y en otras ocasiones se estima en función de la vulnerabilidad de los acuíferos, en virtud de la Directiva 91/676/CEE.

Otras presiones debidas a actividades agrícolas, como otros fertilizantes, biocidas y productos fitosanitarios apenas se tienen en cuenta por falta de investigación de base.

La presión puntual se suele analizar mediante alguna o varias, de las informaciones siguientes: porcentaje de superficie con un determinado uso (IGN, 2000); (MMA, 1991 y 1995); registro de fuentes contaminantes (MMA, 2001, 2002 y 2003); suelos contaminados (IGME, 2002). También se consideran presiones puntuales la intrusión marina estimándose en estudios específicos (IGME, 2000) y la recarga artificial en el caso de ser inducida por cambio de flujo debido a bombeos o retornos de riego.

El principal indicador de impacto del estado cuantitativo son los descensos medios del nivel del agua, la existencia de declaración de sobreexplotación⁴, o la inclusión de la Masa de Agua Subterránea (MAS) en el "Catálogo de acuíferos con problemas de sobreexplotación o salinización" (MMA, 1998) y la afección a ecosistemas asociados. Aunque cuando aparece uno de estos indicado-

1 Cuenca administrada por una Comunidad Autónoma, por estar íntegramente dentro de su territorio.

2 Cuenca administrada por el MMA, por estar su territorio distribuido entre varias CC.AA.

3 Según el Art. 2, apartado 27 de la DMA se define el «recursos disponibles de aguas subterráneas»: el valor medio interanual de la tasa de recarga total de la masa de agua subterránea, menos el flujo interanual medio requerido para conseguir los objetivos de calidad ecológica para el agua superficial asociada según las especificaciones del artículo 4, para evitar cualquier disminución significativa en el estado ecológico de tales aguas, y cualquier daño significativo a los ecosistemas terrestres asociados.

4 Definida en la Ley de Aguas de 1985.

res es frecuente aparezcan asociados los restantes. A pesar de ello, la valoración a veces no resulta sencilla recurriéndose al “juicio experto”.

Los indicadores de impacto de estado químico están

mejor definidos tanto en su caracterización como en el establecimiento de sus umbrales pues se adopta los valores paramétricos de la Directiva 98/83/CE relativa a la calidad de las aguas destinadas a consumo humano, transpuesta por el RD. 140/2003.

□ **Tabla 4.1.** Indicadores de presión sobre el agua subterránea

ESTADO CUANTITATIVO	ESTADO QUÍMICO
	Indicadores de presión difusa
Índice de explotación	Excedente de nitrógeno en los suelos agrícolas
Índice de extracciones	% superficie urbana
	% superficie industrial
	% minería
	% áreas deportivas y recreativas
	Aeropuertos
	Zonas cubiertas o semicubiertas de agua
	Poblaciones sin saneamiento
	Vulnerabilidad
	Indicadores de presión puntual
	% superficies de escombreras
	Suelos contaminados
	Balsas de residuos mineros
	Intrusión marina
	Recarga artificial (inducida)
	Vertidos a aguas subterráneas
	Vulnerabilidad

Fuente: Elaboración propia, 2008.

□ **Tabla 4.2.** Indicadores de impacto sobre el agua subterránea.

ESTADO CUANTITATIVO	ESTADO QUÍMICO
Nivel freático	Nitratos en acuíferos
Declaración de sobreexplotación	Plaguicidas
Salinización	Amonio
Afección a ecosistemas asociados	Metales
Estado de las masas de agua subterránea	Percloro etileno (PCE)
	Tricloro etileno (TCE)
	Estado de las masas de agua subterránea

Fuente: Elaboración propia, 2008.

4.1. Indicadores de aguas superficiales

4.1.1. Indicadores de factor determinante



Indicador: Precipitación

Definición y grado de madurez: La precipitación es el agua procedente de la atmósfera y que, en forma sólida o líquida, se deposita sobre la superficie de la tierra. El indicador mide la precipitación total media nacional (mm).

Los datos se han calculado a partir de los valores medios mensuales obtenidos mediante el modelo de Simulación Precipitación-Aportación (SIMPA), modelo hidrológico distribuido utilizado para la evaluación de los recursos hídricos en régimen natural. Fue desarrollado por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). Se dispone de información correspondiente al periodo 1940-2006.

Relevancia e Interacciones: Este indicador es un factor natural determinante, directamente relacionado con la anomalía de precipitación, el índice de humedad, la humedad del suelo y los recursos hídricos naturales. Es un indicador hidrológico clave para el seguimiento, por parte de los organismos de cuenca, de los sistemas de explotación que conforman su ámbito territorial y para la definición de los valores del Índice de Estado Hidrológico definidos en los Planes Especiales de Actuación en Situación de Alerta o Eventual Sequía.

Situación: Las precipitaciones se caracterizan por su gran variabilidad. El año hidrológico más húmedo de esta serie es 1940/41 con una precipitación media anual de unos 940 mm y el más seco el 2004/05 con 450 mm, lo que supone tan sólo un 47% de la precipitación registrada en el año más húmedo de la serie.

La precipitación media anual en España es de 675 mm, equivalentes a unos 342.000 hm³/año, cifra que está sujeta a una gran variabilidad temporal y espacial.

La precipitación media anual se encuentra fuertemente influida por la orografía. Las precipitaciones aumentan con la altitud y son más importantes en la ladera de los sistemas montañosos situadas a barlovento de los frentes húmedos que en las situadas a sotavento. En su distribución espacial destaca un fuerte

gradiente latitudinal positivo -es decir, la precipitación disminuye de Norte a Sur- y una fuerte asimetría longitudinal que da lugar a que las precipitaciones en la vertiente atlántica sean superiores a las de la mediterránea.

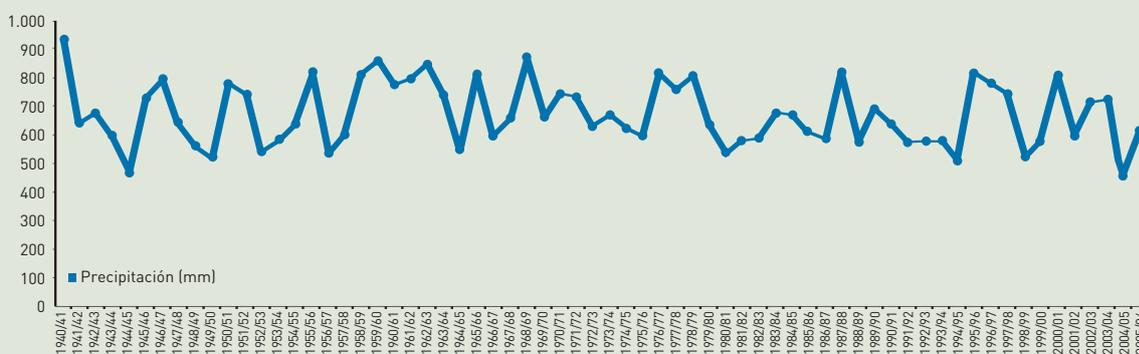
En cuanto a la variabilidad estacional de la precipitación, se observa que las estaciones del año con mayores valores de las precipitaciones son las de otoño e invierno y que en los meses de verano la precipitación total en una gran parte de la mitad meridional de España no alcanza siquiera los 50 mm. Un hecho que acentúa aún más esta variabilidad temporal de la lluvia es que los valores de precipitación medios que se observan en algunas cuencas se producen en apenas unos días.

El año hidrológico 2005/06 ha evolucionado, en términos generales, bajo precipitaciones correspondientes a las de un año por debajo del normal, remitiendo ligeramente la intensidad de la sequía meteorológica del año precedente, de carácter extremadamente seco.

Evaluación: Los impactos del cambio climático en el régimen de precipitaciones en España no son fáciles de identificar dada la complejidad de la distribución espacial de las lluvias y su elevada variabilidad temporal. En el contexto de los últimos quinientos años, la reconstrucción del clima muestra la sucesión de periodos lluviosos y secos, de duración variable y sin cambios bruscos, tanto en el sur peninsular como en el norte. Sin embargo, en la segunda mitad del siglo XX, los estudios realizados revelan una tendencia negativa de las lluvias en buena parte del territorio, en particular en el Cantábrico, con disminuciones de 4,8 mm/año en Santander y de 3,3 mm/año en Bilbao, y en el sureste peninsular.

En el futuro las tendencias apuntan a una menor precipitación acumulada anual, con una mayor reducción de la precipitación, en el último tercio del siglo XXI, en los meses de primavera e incrementos de precipitación en el oeste de la Península en invierno y en el noreste en otoño. Estos cambios se prevén más intensos en los escenarios correspondientes a emisiones de gases de efecto invernadero más elevadas.

□ Figura 4.2. Precipitación.



Referencias:

- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).
- Ministerio de Medio Ambiente (2000). *Libro Blanco del Agua en España*.
- Agencia Estatal de Meteorología (Instituto Nacional de Meteorología).
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Cuarta Comunicación Nacional de España.



Indicador: Temperatura

Definición y grado de madurez: El indicador mide el valor medio anual de la temperatura expresado en grados centígrados. Se calcula a partir de las temperaturas medias mensuales registradas por las estaciones meteorológicas del Instituto Nacional de Meteorología.

Los datos se han calculado a partir de los valores de temperatura medios mensuales obtenidos mediante el modelo de Simulación Precipitación-Aportación (SIMPA), modelo hidrológico distribuido utilizado para la evaluación de los recursos hídricos en régimen natural. Fue desarrollado por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

Se dispone de información correspondiente al periodo 1940-2006.

Relevancia e Interacciones: Este indicador es un factor natural determinante, que está directamente relacionado con la evapotranspiración y con otros indicadores de estado como índice de humedad, anomalías de temperatura y anomalías de evapotranspiración. Es un indicador clave para el seguimiento de los impactos de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Situación: La distribución espacial de la temperatura media anual está estrechamente ligada a la orografía. Los mínimos inferiores a 8°C están localizados en los sistemas montañosos de la mitad norte peninsular, mientras las zonas más cálidas, delimitadas por la isoterma de 18°C, se localizan en el valle del Guadalquivir, la costa Sur y Sureste, así como el Levante.

La temperatura media anual presenta una tendencia positiva, consecuencia del calentamiento global de la atmósfera del planeta, habiéndose registrado una subida 1,5 grados en los últimos 65 años.

Esta evolución comienza con gran variabilidad, con tendencia al alza hasta el 1965/66, periodo de estabilidad hasta 1980/81, tras el que sigue el reciente periodo de calentamiento que se puede calificar de espectacular.

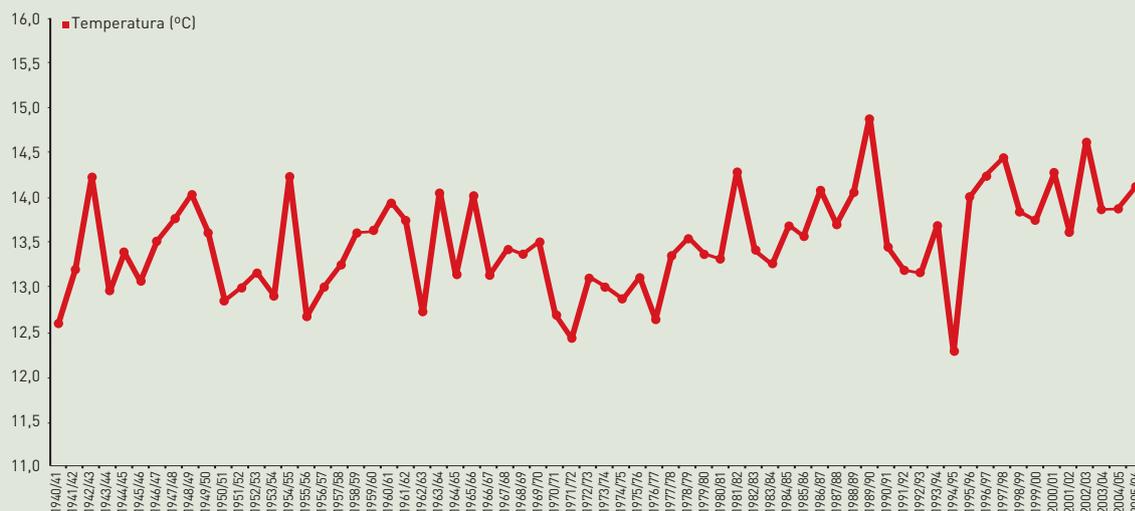
En los últimos años, muy cálidos y extremadamente cálidos, las temperaturas registradas se encuentran en el intervalo correspondiente al 20% de los años más cálidos.

El año 2006 ha tenido un carácter térmico de extremadamente cálido, esto es, temperatura media por encima del máximo del periodo 1940-2005, y ha supuesto un nuevo record de temperatura media anual.

Evaluación: Las series históricas de registros de temperaturas, disponibles desde la segunda mitad del siglo XIX, muestran una tendencia generalizada al alza en todo el territorio español con incrementos que oscilan entre 1 y 2 grados. Este calentamiento registrado ha sido más acusado en primavera y verano, y en las temperaturas máximas. Por regiones, las más afectadas por el calentamiento son las situadas en la mitad oriental peninsular, cubriendo una amplia franja en torno al mediterráneo que se extiende desde Girona hasta Málaga, incluyendo Castellón, Valencia, Alicante, Murcia y el Sureste peninsular.

En el futuro, las proyecciones estimadas de la temperatura media apuntan a un incremento progresivo en todas las regiones, que se acelerará a partir de mediados del siglo XXI. El calentamiento medio será más acusado en verano que en invierno, con diferencias regionales en la intensidad e incrementos relativos superiores en las zonas del interior que en las costeras o insulares. La oscilación térmica diaria también se acrecentará y será más acusada en primavera en la mitad sur y en verano en el interior.

□ Figura 4.3. Temperatura.



Referencias:

- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).
- Ministerio de Medio Ambiente (2000). *Libro Blanco del Agua en España*.
- Agencia Estatal de Meteorología (Instituto Nacional de Meteorología).
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Cuarta Comunicación Nacional de España.



Indicador: Evapotranspiración (ETP)

Definición y grado de madurez: El indicador mide la pérdida de humedad (mm) de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Hay un elevado número de factores que influyen sobre la evapotranspiración (temperatura y humedad del aire, radiación solar, velocidad y turbulencia del viento, tipo de vegetación, cantidad de agua disponible en la zona de las raíces, etc.).

Los datos se han calculado a partir de los valores medios mensuales obtenidos mediante el modelo de Simulación Precipitación-Aportación (SIMPA), modelo hidrológico distribuido utilizado para la evaluación de los recursos hídricos en régimen natural. Fue desarrollado por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

Se dispone de información correspondiente al periodo 1940-2006.

Relevancia e Interacciones: Este indicador es un factor natural determinante, que está directamente relacionado con la anomalía de ETP, el índice de humedad, y por tanto con la superficie de aridez, y con los recursos hídricos naturales. Es un valor potencial sujeto a la disponibilidad de agua en el suelo.

Situación: La evapotranspiración (ETP) media anual en España es de 868 mm, cifra que está sujeta a una gran variabilidad temporal y espacial, presentando sus máximos en la mitad meridional de la península, Canarias, y el valle central del Ebro.

En cuanto a la variabilidad estacional de la evapotranspiración, se observa cómo, contrariamente a lo que sucede con las precipitaciones, las estaciones con mayor valor de la evapotranspiración son las de primavera y verano, pues en el mismo sentido en el que disminuyen las lluvias aumenta la evapotranspiración. Hay que tener en cuenta, que este es un valor potencial sujeto a la disponibilidad de agua en el suelo.

Evaluación: En el futuro las tendencias apuntan a una reducción de las precipitaciones y a un incremento progresivo de las temperaturas lo que se reflejará en incrementos de los valores de evapotranspiración.

□ Figura 4.4. Evapotranspiración.



Referencias:

- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).
- Ministerio de Medio Ambiente (2000). *Libro Blanco del Agua en España*.



Indicador: Densidad de población

Definición y grado de madurez: El indicador mide el número de habitantes por unidad de superficie, en habitantes por kilómetro cuadrado. Su cálculo es el cociente entre el número total de habitantes residente en el territorio español y la superficie total en kilómetros cuadrados.

Los datos proceden del Padrón Municipal y de sus sucesivas revisiones a 1 de enero de cada año, cuya explotación estadística es realizada por el Instituto Nacional de Estadística (INE).

Se dispone de información correspondiente al periodo 1996-2007. Existen series históricas de población desde 1842.

Relevancia e Interacciones: Este indicador mide uno de los factores determinantes, la presión demográfica, y está directamente relacionado con el consumo de agua de abastecimiento y con la demanda de servicios de agua de los hogares. Su dinámica constituye un elemento básico para comprender la evolución previsible de la demanda.

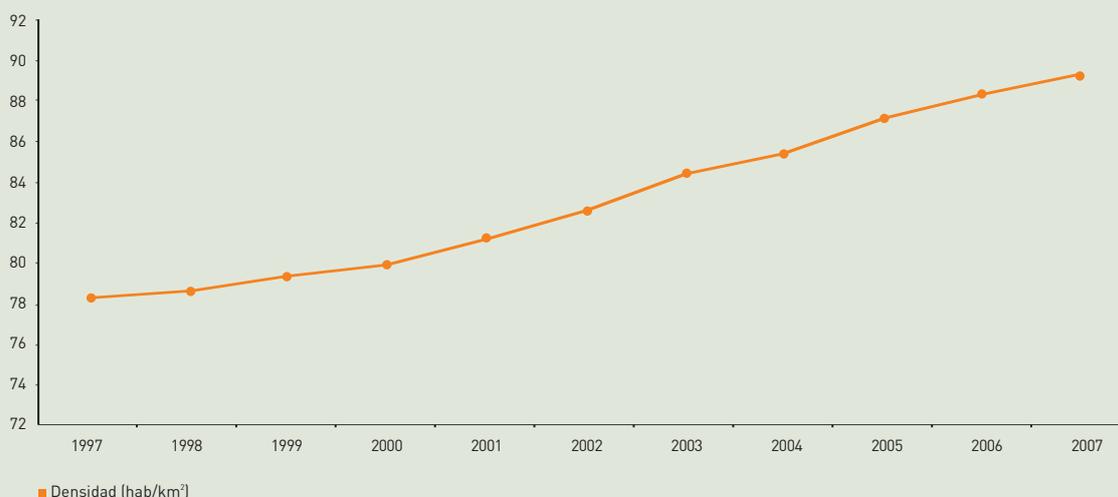
Situación: Entre 1996 y 2007 la población residente en España ha crecido cerca de un 14%. Este crecimiento ha sido debido al importante aumento de la población extranjera residente que ha experimentado un incremento de un 733,4%, mientras que la población española ha crecido sólo un 4%.

La densidad media de la población residente en España, en el año 2007, es de 89,33 habitantes/km², y llega a los valores máximos nacionales en las zonas costeras e insulares, en las que se triplica en periodos vacacionales a causa del turismo.

Evaluación: La ocupación desigual del territorio por parte de la población española tiende a reforzarse con el paso del tiempo, con ritmos más bajos de crecimiento demográfico en las regiones menos densamente pobladas, frente a ritmos más altos en zonas densamente pobladas.

Los requerimientos de agua destinados a su uso por los hogares deben ser atendidos, en principio, con los recursos disponibles en el territorio. La concentración territorial de las demandas en regiones con déficit de recurso disponible, dónde además los picos de demanda se concentran en el periodo estival, genera conflictos de uso con las demandas de servicios de agua para otros usos, en especial agrícolas.

□ Figura 4.5. Densidad de población.



Referencias:

- Instituto Nacional de Estadística.
- Ministerio de Medio Ambiente. *El Agua en la Economía Española: Situación y Perspectivas* (2007).



Indicador: Concentración de la población

Definición y grado de madurez: El indicador mide la proporción de la población que habita en poblaciones mayores de 50.000 habitantes, se expresa en % del número total de habitantes residente en el territorio español. Su cálculo es el cociente entre el número total de habitantes residente en el territorio español en poblaciones de más de 50.000 habitantes, multiplicado por 100, y el número total de habitantes residentes.

Los datos proceden del Padrón Municipal y de sus sucesivas revisiones a 1 de enero de cada año, cuya explotación estadística es realizada por el INE.

Se dispone de información correspondiente al periodo 1996-2007. Existen series históricas de población desde 1842.

Relevancia e Interacciones: Este indicador mide uno de los factores determinantes, la presión ejercida por la concentración de la población en núcleos mayores de 50.000 habitantes y está directamente relacionado con la concentración del consumo de agua de abastecimiento, con la demanda de servicios de agua de los hogares y con la concentración de los vertidos de aguas residuales urbanas. Su análisis debe relacionarse con otros indicadores que permiten analizar con mayor perspectiva las presiones asociadas a la concentración de la población, vinculadas a su vez al desarrollo urbanístico y la ordenación del territorio.

Situación: Entre 1996 y 2007 la población urbana residente en núcleos mayores de 50.000 habitantes ha crecido cerca de un 16%, a un ritmo dos puntos porcentuales superior al incremento medio de la población.

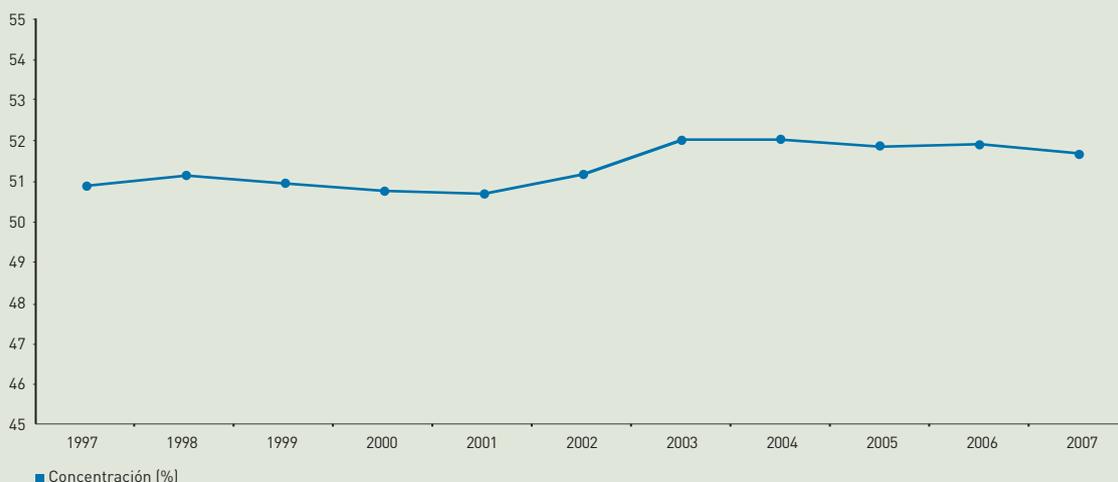
La concentración de la población en núcleos mayores de 50.000 habitantes ha registrado un incremento del 1,8% en el periodo 1996-2007, con un estancamiento alrededor de un 52% desde el año 2003.

Una de cada cuatro personas habita en los grandes núcleos metropolitanos de Madrid y Barcelona, lo que explica el peso relativo del consumo de agua para abastecimiento en las cuencas del Tajo y de las cuencas internas de Cataluña.

Evaluación: El incremento de la población urbana en los grandes núcleos, unido al desarrollo del sector turístico, en regiones con mayores limitaciones hidrológicas naturales incrementa el riesgo de escasez y los conflictos de uso.

Los niveles de garantía exigidos a los abastecimientos urbanos dan lugar a situaciones inaceptables que se agudizan por la incidencia de situaciones de sequía propias del ámbito mediterráneo. Además los requisitos de calidad, de las aguas de abastecimiento a poblaciones, reducen los grados de libertad con que pueden ser afrontadas las situaciones de escasez. En las áreas más deficitarias la presión sobre el uso del recurso incrementa los problemas de calidad y de mantenimiento del estado ecológico de las masas de agua.

□ Figura 4.6. Concentración de la población.



Referencias:

- Instituto Nacional de Estadística.
- Ministerio de Medio Ambiente. *El Agua en la Economía Española: Situación y Perspectivas* (2007).



Indicador: Noches de estancia turística

Definición y grado de madurez: El indicador mide el número de pernoctaciones en alojamientos turísticos, considerando tanto los establecimientos hoteleros como los extrahoteleros (acampamentos, apartamentos y turismo rural). Se expresa en miles de pernoctaciones.

Los datos proceden del Instituto Nacional de Estadística (INE).

Se incluye la información correspondiente al periodo 2001-2007, aunque se dispone de información de años anteriores.

Relevancia e Interacciones: Este indicador mide uno de los factores determinantes, la presión ejercida por el turismo. A efectos estadísticos, a todos los viajeros relacionados con el turismo se los denomina visitantes encuadrándose en la categoría de turistas a aquellos visitantes que permanecen al menos una noche en el lugar visitado. El sector turismo tiene una prioridad estratégica para España, constituyendo uno de los sectores económicos más importantes del país, que mantiene un ritmo de crecimiento continuado beneficiado por la globalización y la facilidad de movilidad. Por tratarse de un sector con un importante peso en el territorio y con una serie de impactos asociados, cumple un papel fundamental para un desarrollo más sostenible.

El turismo está directamente relacionado con la concentración territorial y estacional del consumo de agua de abastecimiento y con la demanda de servicios de agua. Una gestión inadecuada del sector turístico supone una repercusión importante sobre el medio ambiente en general y los recursos naturales de los lugares de destino en particular.

Situación: Entre 2001 y 2007, el número de pernoctaciones en alojamientos turísticos ha aumentado un 10%, superando los 383 millones de pernoctaciones en 2007.

Las pernoctaciones en establecimiento hoteleros suponen el 71% del total y han registrado un aumento de un 19,3% respecto a 2001.

En alojamientos extrahoteleros las pernoctaciones superan los 110 millones y han registrado una disminución de un 7,8% respecto de 2001; con un aumento significativo del turismo rural

(117,7%) y una importante bajada (-17,2%) del número de pernoctaciones en apartamentos.

Las pernoctaciones se concentran en una serie de zonas, fundamentalmente en el litoral mediterráneo y en las Islas Baleares y Canarias, y durante los meses de junio a septiembre.

Evaluación: La distribución espacial del turismo unida a su elevada estacionalidad constituye un importante reto para la gestión del agua.

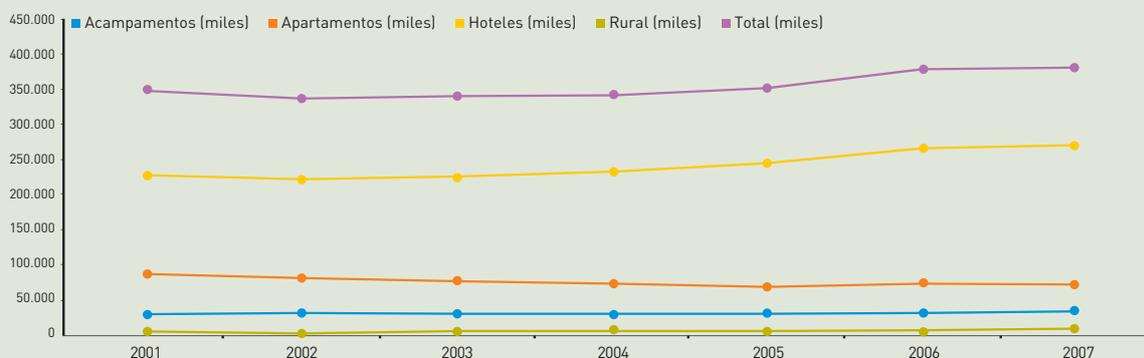
En las cuencas insulares el abastecimiento de agua potable a hoteles y restaurantes constituye el uso dominante del agua como bien intermedio. En el caso de Baleares, el sector terciario representa más del 30% de la demanda de agua potable. En la Demarcación del Guadalquivir, el consumo medio de los municipios turísticos se estima en 270 litros por habitante y día, frente a la media de 180 l/hab.día de la demarcación.

El agua también es un elemento esencial de la oferta de servicios recreativos y de ocio (campos de golf, parques temáticos, estaciones de esquí...) y existen actividades de ocio cuya práctica está asociada al buen estado de conservación de los espacios naturales (senderismo, pesca deportiva,...).

Los campos de golf aparecen como un elemento central en la estrategia de desarrollo territorial de algunas regiones del litoral mediterráneo español. A pesar de su limitada contribución a la demanda total de agua, con un total de 120 hm³ inferior al 1% de la demanda total, en algunas regiones representan el uso del agua con mayor crecimiento relativo.

El Plan de Turismo Español Horizonte 2020 y el Plan 2008-2012, que lo desarrolla, aprobado por Acuerdo del Consejo de Ministros de 8 de noviembre de 2007, tiene como meta lograr en el año 2020 que el sistema turístico español sea el más competitivo y sostenible, aportando el máximo bienestar social. El Plan incluye entre sus objetivos mejorar la sostenibilidad del modelo turístico, optimizando los beneficios por unidad de capacidad de carga sostenible y de inversión, garantizando la calidad del entorno natural y cultural de cada lugar, la integración y bienestar social y el reequilibrio socio-territorial.

□ Figura 4.7. Noches de estancia turística.



Referencias:

- Instituto Nacional de Estadística.
- Ministerio de Medio Ambiente. *El Agua en la Economía Española: Situación y Perspectivas* (2007).
- Instituto de Estudios Turísticos. *El turismo español en cifras 2006*.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. *Perfil Ambiental de España 2006*.
- OSE. *Sostenibilidad en España, 2007*.



Indicador: Superficie de cultivos

Definición y grado de madurez: El indicador mide la superficie agrícola destinada a la producción de cultivos o al mejoramiento de pastos a la que se proporciona agua. Incluye solo tierras de cultivo y se expresa en miles de hectáreas. Los datos proceden del Anuario de Estadística Agroalimentaria, que se elabora en la Secretaría de Estado de Medio Rural y Agua del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Se reflejan los datos correspondientes al periodo 1990-2005, aunque se dispone de datos de periodos anteriores.

Relevancia e Interacciones: Este indicador mide uno de los factores determinantes, la presión de la agricultura, y está relacionado con el consumo de agua para regadío y con el consumo de fertilizantes y productos fitosanitarios. Su dinámica constituye un elemento básico para comprender la evolución previsible de la demanda. En el consumo de agua para regadío influyen, además de la superficie, otros factores como son las técnicas de riego, el tipo de cultivo y los factores climáticos, como son la precipitación, la temperatura y la evapotranspiración. En España, la agricultura de regadío ha sido un modo de respuesta tradicional frente a una disponibilidad limitada de agua con un régimen mediterráneo de precipitaciones y sequías recurrentes.

Situación: Los datos proporcionados por este indicador muestran que la utilización del suelo para usos agrícolas en los últimos años se ha caracterizado por un incremento de la superficie de cultivo destinada a regadío en un 7% entre los años 2002 y 2005, frente a un descenso en la superficie de secano en torno al 4% en este mismo periodo. Considerando el periodo 1990-2005 se aprecia una evolución casi paralela en la superficie total de cultivos y la superficie de cultivos de secano, que han experimentado un descenso de un 17% y un 11%, respectivamente, mientras que la superficie de cultivos de regadío se ha incrementado en un 16%, situándose en el año 2005 en unas 3,8 millones de hectáreas. Las Comunidades Autónomas que en 2005 presentan una mayor proporción de superficie de regadío en relación con la superficie total de los regadíos españoles son Andalucía, con un 26% del total nacional, seguida de Castilla y León, con un 14%, Castilla-La Mancha, con un 13%, y Aragón, con un 12%. A continuación se sitúan las Comunidades Autónomas de Valencia (9%) y Cataluña (7%) mientras que las CCAA restantes contribuyen en porcentajes inferiores al 5% a la superficie total de regadío en todos los casos.

Evaluación: La agricultura de regadío aporta más del 50% de la producción final agraria, aunque solamente representa el 7% de la superficie agrícola nacional. El regadío en España está asociado a valores de producción por hectárea y a márgenes

netos de producción muy superiores a los del secano, contribuyendo económicamente en un 2% al PIB. Sin embargo, de acuerdo con la última información disponible que permite comparar a nivel global la utilización del agua por los diferentes sectores de la economía, las operaciones de riego utilizaron en 2001 el 80% del total de agua suministrada.

El regadío desempeña un papel multifuncional, que se configura como elemento básico del actual modelo de desarrollo rural de la política agraria comunitaria. El Plan Nacional de Regadíos (PNR) constituye un instrumento de ordenación territorial que cuenta entre sus principales objetivos, tanto la potenciación de la competitividad de las explotaciones de regadío, como la consecución de un uso cada vez más eficiente del conjunto de los recursos hídricos por medio de la modernización de las infraestructuras de distribución y los sistemas de aplicación de agua de riego. El PNR incluye entre sus actuaciones, prioritaria la mejora y consolidación de las infraestructuras de la distribución y aplicación del agua de riego de 1,3 millones de ha con un ahorro de agua estimado de 1.375 hm³ anuales.

Además se ha establecido un Programa complementario de actuaciones en mejora y consolidación de regadíos con el que se incorporan a los más de 1,3 millones de ha modernizadas en el marco del PNR, otras 866.898 ha con un ahorro de agua estimado de 1.162 hm³, entre las que se cuentan actuaciones en la red de transporte, distribución y sistemas de aplicación del agua en parcela y acciones de rehabilitación y modernización de las redes en alta. Este plan de actuación contempla adicionalmente la utilización de recursos hídricos alternativos, procedentes de aguas regeneradas o desaladas y la incorporación de sistemas informatizados de gestión de los recursos por las explotaciones de regadío.

Además, se cuenta con instrumentos de planificación como el Reglamento de Planificación Hidrológica, aprobado por Real Decreto 907/2007 de 6 de julio, que integra los aspectos de planificación hidrológica para mejorar la gestión de la demanda con aspectos relacionados con la protección de las aguas, derivados de la transposición de la DMA, y la aplicación de mejores prácticas agrarias y medioambientales, reguladas por el Real Decreto 2352/2004, y que deben cumplir los beneficiarios de las ayudas directas de la PAC, así como los beneficiarios de determinadas ayudas de desarrollo rural. Los nuevos Planes Especiales ante situaciones de Alerta y Eventual Sequía (PES) aprobados por orden MMA 698/2007, de 21 de marzo de 2007, también contienen medidas que contribuyen a optimizar la gestión de la demanda de agua en situaciones extremas, priorizando usos e introduciendo medidas progresivas, dependiendo del estado de la sequía.

□ Figura 4.8. Superficie de cultivos.



Referencias:

- INE (2002). Las cuentas satélite del agua en España.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (2006). Hechos y cifras de la agricultura, la pesca y la alimentación en España.
- Ministerio de Medio Ambiente. *El Agua en la Economía Española: Situación y Perspectivas* (2007).
- OSE. Sostenibilidad en España 2006 y 2007.



Indicador: Superficie de cultivos intensivos

Definición y grado de madurez: El indicador mide la superficie agrícola total destinada a la producción de cultivos de maíz, arroz y sorgo en regadío, considerados intensivos por sus mayores necesidades hídricas. Se expresa en miles de hectáreas.

Los datos proceden del Anuario de Estadística Agroalimentaria, que se elabora en la Secretaría de Estado de Medio Rural y Agua del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Se reflejan los datos correspondientes al periodo 1990-2006.

Relevancia e Interacciones: Este indicador mide uno de los factores determinantes, la presión de la agricultura intensiva en las necesidades hídricas y está relacionado con el consumo de agua para regadío. Su dinámica constituye un elemento complementario a otro indicador Superficie de regadío para comprender la evolución previsible de la demanda. En el consumo de agua para regadío de los cultivos intensivos influyen, además de la superficie, otros factores como son las técnicas de riego y los factores climáticos, como son la precipitación, la temperatura y la evapotranspiración.

Situación: De los tres cultivos seleccionados por sus mayores necesidades hídricas, el sorgo es el que acapara una menor superficie de cultivo, experimentado un descenso de casi el 60% con respecto a la superficie ocupada por este cultivo en 1990, si bien se ha mantenido muy estable desde el 2002. En 2005 la superficie de este cultivo no superaba las 6.700 hectáreas, y de éstas solo el 36% correspondía a cultivos de sorgo en regadío, mayoritariamente concentrados en las comunidades autónomas de Andalucía y Cataluña, seguidas de Extremadura.

En el caso del arroz, hay dos puntos de inflexión en la tendencia al alza de las superficies agrícolas dedicadas a este cultivo, que correspondieron a 1993 y 1995, años en los que ni siquiera se alcanzaron las 60.000 ha. A partir de 1996 se inicia un progresivo aumento de la superficie de cultivo de arroz hasta el año 2004, invirtiéndose esta tendencia en los dos últimos años. La superficie registrada para este cultivo en el último año fue de 106.400 hectáreas (provisional), valor que representa un incremento del 18% con respecto al año 1990, y un descenso del 12% con respecto a 2004. En 2005, Andalucía, Extremadura y Cataluña fueron las CCAA con mayor superficie de cultivo de arroz, aportando un 33%, un 23% y un 18% respectivamente, al total nacional.

El cultivo del maíz, con una superficie dedicada muy superior (353.600 ha en 2006), es el que tiene un mayor peso cuantitativo en la evolución de la superficie de este tipo de cultivos caracterizados por su mayor demanda de agua. La superficie de este cultivo, en ascenso desde 1993, aunque con algunas marcadas inflexiones en su evolución, también ha iniciado una tendencia descendente en los dos últimos años (2005 y 2006) como la registrada en los otros dos cultivos. En este caso, la superficie de cultivos de maíz se ha visto reducida en un 26% con respecto al año 2004. Castilla y León es la Comunidad Autónoma con mayor superficie de maíz en regadío en el ámbito nacional, ya que representa el 31%, seguida de Aragón (17%) y Extremadura (14%).

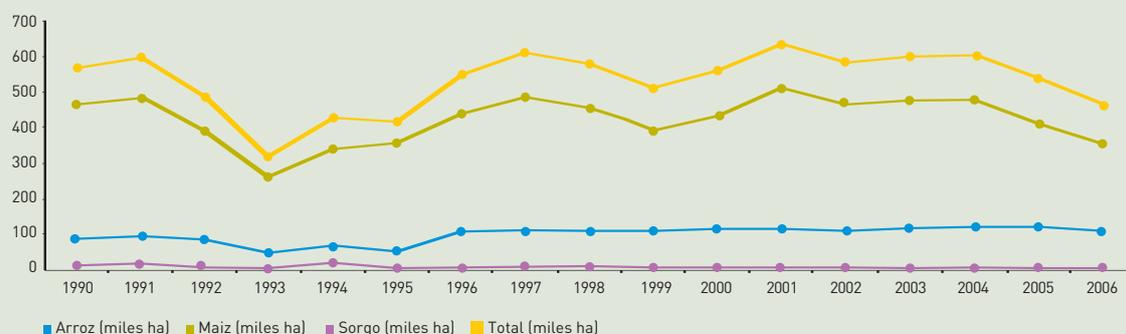
Desde el año 2004, se puede hablar, por tanto, de una tendencia a la baja en la ocupación superficial de estos cultivos con altas necesidades de agua.

Evaluación: Desde el año 2004, existe una tendencia a la baja en la ocupación superficial de estos cultivos con altas necesidades de agua. Sin embargo, los efectos que pueden tener cambios institucionales como la modificación de la política agraria de la Unión Europea o la previsible liberalización de los mercados agrarios, que pueden suponer cambios en la producción y en los precios de mercado, o las mejoras en el acceso al agua y a la tecnología de riego, puede tener una importancia crucial en la elaboración del escenario tendencial.

En el año 2007, el sistema de riego mayoritario en el cultivo de maíz es la gravedad (63%), seguido del riego por aspersión (23,8%) y el automotriz (11,4%).

La expansión de cultivos de regadío, entre los que se incluyen los cultivos intensivos, tiene como consecuencia la pérdida de hábitat esteparios secos, de cultivos de secano tradicionales y zonas de cría para aves esteparias, como la avutarda. Se hace necesario seguir intensificando los esfuerzos para gestionar mejor la demanda de agua por parte del sector agrícola, aumentar la superficie dedicada a agricultura ecológica y la disminución de productos fitosanitarios perjudiciales para el medio ambiente.

□ Figura 4.9. Superficie de cultivos intensivos.



Referencias:

· Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2008). *Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos. Informe sobre regadíos en España.*



Indicador: Cabezas de ganado

Definición y grado de madurez: Este indicador mide el número de cabezas de ganado (datos en miles de cabezas) de las cabañas bobina, ovina, porcina y caprina. Se expresa como el número de cabezas de cada una de las cabañas y como la suma de las cuatro consideradas.

Los datos proceden del Anuario de Estadística Agroalimentaria, que se elaboran en las Secretaría de Estado de Medio Rural y Agua del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Se dispone de información correspondiente al periodo 1990-2005.

Relevancia e Interacciones: Este indicador mide uno de los factores determinantes, la presión de la ganadería y está relacionado con la aportación de contaminantes, fundamentalmente materia orgánica y nutrientes, a las masas de aguas superficiales y subterráneas.

Las actividades ganaderas, desigualmente repartidas en el territorio del país son el origen de distintas presiones sobre los recursos hídricos. El uso del agua por parte de la ganadería no es demasiado relevante por las cantidades consumidas, pero sí por los impactos sobre la calidad de las aguas.

Situación: El ritmo de crecimiento en el número de cabezas de ganado es, a pesar de la diferencia entre especies, relativamente elevado. Entre 1990 y 2005 se ha producido un aumento de un 17% en el número total de cabezas de ganado. Este incremento se debe, fundamentalmente, a una subida del 56% en el número de cabezas de ganado porcino y del 26% de ganado bovino. En contraposición, el número de cabezas de ganado caprino se ha reducido en el mismo periodo en un 21%, manteniéndose con escasas fluctuaciones el número de cabezas de ganado ovino.

El censo actual de ganado bovino se sitúa en unos 6.500.000 animales, siendo España el tercer país de la UE-25 en número de bovinos.

La porcicultura ha alcanzado un elevado grado de industria-

lización y de intensificación productiva de las distintas especies de abasto. Actualmente España, con una cabaña de 24.900.000 cabezas, es después de Alemania el segundo productor comunitario.

Evaluación: La actividad ganadera aporta en España en torno a un 40% de la Producción Final Agraria, porcentaje que se ha mantenido constante desde los primeros años setenta.

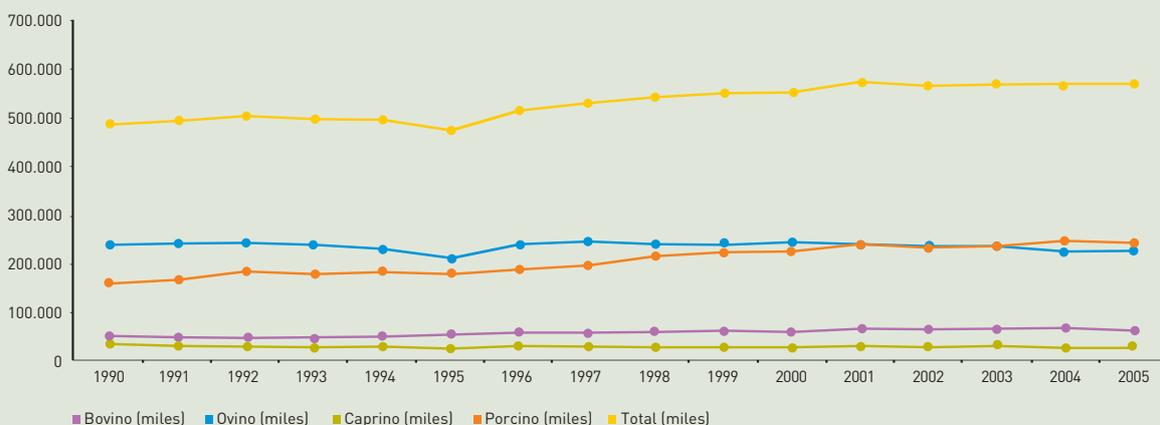
El consumo de agua por parte de la actividad ganadera es, en términos agregados, poco significativo destacándose importantes diferencias entre las demarcaciones. La cuarta parte del consumo de agua en ganadería tiene lugar en la demarcación del Ebro, seguida de la del Duero (15%). Una demarcación pequeña como la del Norte utiliza un 12% del agua para uso ganadero, un volumen superior, por ejemplo, al de la demarcación del Tajo (10%).

En la cría de ganado se obtienen distintos subproductos (estiércol, N₂ equivalente, P205), que potencialmente pueden afectar negativamente a la calidad de las masas de agua a través de procesos de infiltración y escorrentía, dependiendo del grado de tratamiento y de la utilización que se haga de los mismos su posible recuperación bien como fertilizantes en la agricultura o como fuente de producción de energía. En este momento no se dispone de un estudio que permita elaborar un balance de materiales sobre la contaminación efectiva de las aguas derivadas de la actividad ganadera.

La concentración de los subproductos de potencial efecto contaminante de origen ganadero supone un desafío importante para la gestión de residuos que han de ser considerados en el diseño de las políticas hídricas.

En la prevención de los problemas de contaminación del agua originados por la cabaña ganadera confluyen diferentes instrumentos de la política ambiental, como: la Ley 16/2002, de prevención y control integrados de la contaminación, en cuyo ámbito de aplicación se incluyen las instalaciones destinadas a la cría intensiva de cerdos, los Planes de Gestión de Residuos y el Plan de tolerancia cero contra los vertidos.

□ **Figura 4.10. Número de cabezas de ganado.**



Referencias:

- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. *Anuario de Estadística Agroalimentarios*.
- Ministerio de Medio Ambiente. *El Agua en la Economía Española: Situación y Perspectivas*. (2007)
- Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. *Hechos y cifras de la agricultura, la pesca y la alimentación en España*. (2006)



Indicador: Valor añadido Bruto (VAB) de la Industria

Definición y grado de madurez: El valor añadido bruto a precios de mercado se obtiene como saldo de la cuenta de producción, es decir, por la diferencia entre la producción de bienes y servicios y el consumo intermedio y se expresa en millones de euros. El Sistema Europeo de Cuentas de 1995 (SEC-95) establece como principal criterio de valoración del VAB el precio básico, calculándose esta magnitud, vía rentas, como la suma de la Remuneración de asalariados, el Excedente Bruto de Explotación, las Rentas mixtas y los Otros impuestos netos sobre la producción.

Los datos proceden del Instituto Nacional de Estadística (INE) y corresponden al periodo 2000-2006.

Relevancia e Interacciones: Es un factor determinante y está directamente relacionado con la demanda de agua utilizada en los procesos industriales así como con el volumen y el tipo de vertidos. El impacto del crecimiento industrial sobre el medio hídrico depende de la eficiencia en el uso del agua y de cuáles son los sectores implicados en dicho crecimiento.

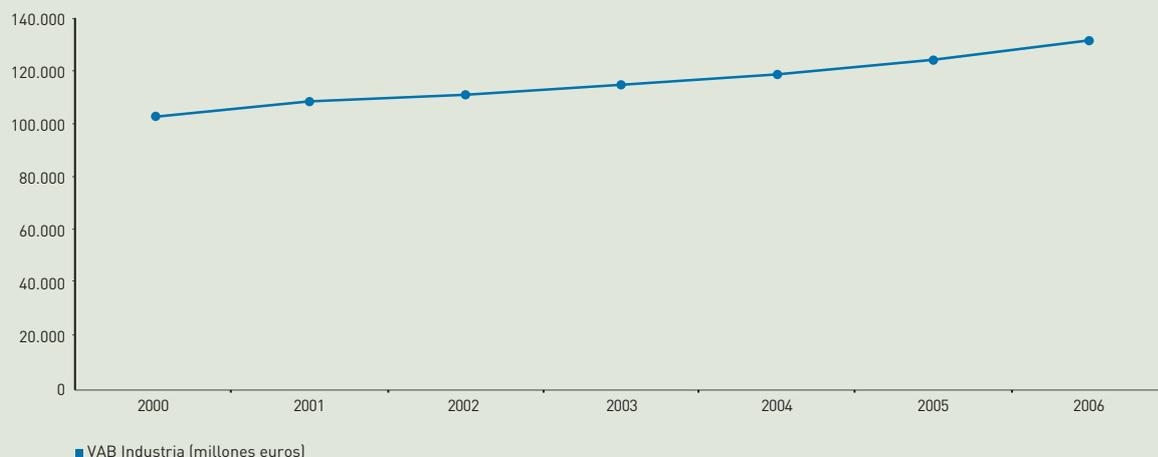
Situación: El sector manufacturero español ha mantenido en los últimos años un ritmo de crecimiento relativamente elevado. El aumento del VAB Industria ha sido del 28% entre los años 2000 a 2006, siendo la media de crecimiento anual del 4,2%. Existen diferencias muy importantes tanto entre los distintos sectores que conforman el sector como entre las distintas Comunidades Autónomas, destacando la Comunidad Foral de Navarra, País Vasco, La Rioja y Cataluña por su fuerte presencia industrial. Parece consolidarse una clara tendencia hacia el cambio estructural presente desde hace varias décadas en la economía española. De acuerdo con esta tendencia, el motor del crecimiento industrial se traslada desde los sectores tradicionales a otras ramas como la fabricación de maquinaria, material de transporte o minerales no metálicos.

Evaluación: Según estimaciones realizadas, la producción de 1.000 euros de valor añadido en la industria española requería en 2001, de acuerdo con la estructura y el estado de la tecnología en dicha fecha, la utilización de 10 metros cúbicos de agua

y un vertido al medio ambiente de 5 m³, existiendo importantes diferencias entre las distintas ramas industriales. Un crecimiento de un punto porcentual en la actividad industrial, con la misma estructura e idéntica tecnología que la del año 2001, requeriría poner a disposición de la industria una cantidad adicional de agua de 10 hectómetros cúbicos y se traduciría en 5 hectómetros adicionales de vertidos.

Suponiendo que se mantiene la hipótesis de especialización del crecimiento de la industria y la eficiencia en el uso de los recursos de agua en los valores de 2001, la expansión de la actividad requerirá en el año 2015 un volumen adicional de 486 hm³ anuales a disposición de las empresas industriales, que considerando la eficiencia actual de las redes de distribución, podría suponer una cantidad un 20% superior de agua distribuida. Una parte considerable de dicho aumento, equivalente a un 23,5% tendrá lugar en el Tajo; otro 14% del crecimiento cuantitativo de la demanda de agua para la industria tendrá lugar en la cuenca del Ebro; el 11% en el Júcar y el 10% en Norte y en las Cuencas Internas de Cataluña.

□ **Figura 4.11. Valor Añadido Bruto de la industria.**



Referencias:

- Instituto Nacional de Estadística.
- Ministerio de Medio Ambiente. *El Agua en la Economía Española: Situación y Perspectivas* (2007).



Indicador: VAB Industria más contaminante

Definición y grado de madurez: El Valor Añadido Bruto a precios de mercado se obtiene como saldo de la cuenta de producción, es decir, por la diferencia entre la producción de bienes y servicios y el consumo intermedio. Se expresa en millones de euros. En este caso, se considera el Valor Añadido Bruto de las empresas más contaminantes, es decir la suma del VAB de las industrias textil, alimentación y química, medido en millones de euros.

Los datos proceden del Instituto Nacional de Estadística (INE) y corresponden al periodo 2000-2006.

Relevancia e Interacciones: Es un indicador de presión y está directamente relacionado con la demanda de agua utilizada en los procesos de las industrias consideradas más contaminantes así como con el volumen y el tipo de los vertidos generados. El impacto del crecimiento industrial sobre el medio hídrico depende de la eficiencia en el uso del agua y de cuáles son los sectores implicados en dicho crecimiento.

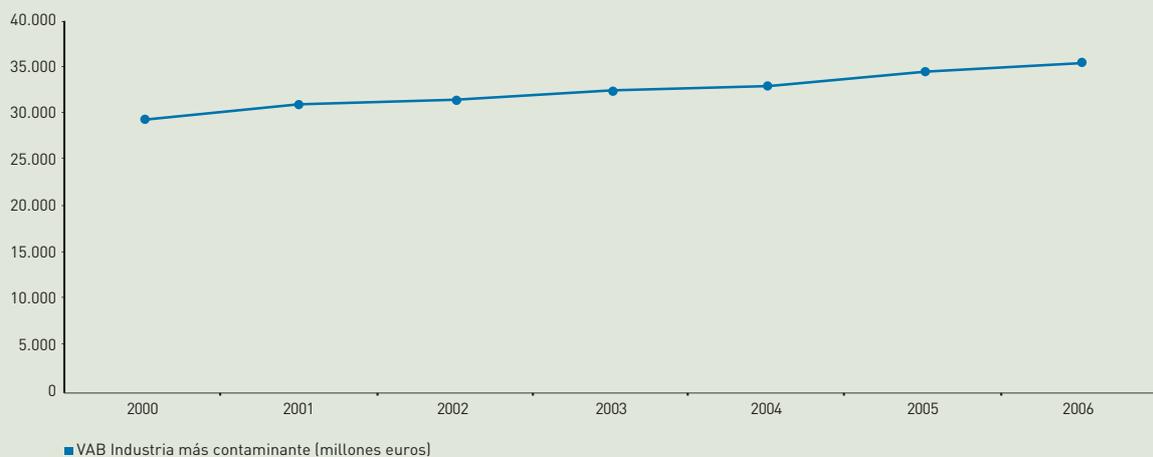
Situación: En el periodo comprendido entre 2000 y 2006 el VAB de la industria más contaminante ha experimentado un aumento del 20%, inferior al de la industria en su conjunto. De los tres sectores de industria consideradas, es la industria de la alimentación, bebida y tabaco la que tiene el mayor peso, con un VAB que ronda el 49% del total del VAB de industria más contaminante, seguido de un 34% en el caso de la industria química, siendo por último de un 17% el de la industria textil y de confección.

Evaluación: Los requerimientos de agua en la industria española varían en función de la estructura productiva y del estado de la tecnología en uso por parte de los diferentes sectores. La industria textil y la química utilizan más de 20 metros cúbicos por cada 1000 euros de valor añadido. El sector de la alimentación, bebidas y tabaco, por el contrario, requiere menos de 15 metros cúbicos por cada 1000 euros de valor añadido.

En cuanto a los vertidos, tanto el volumen como la composición de los mismos varía en función del tipo de sector industrial. En la industria química, este volumen alcanza valores superiores a 10 m³/1000 euros de valor añadido, siendo ligeramente superior a 5 m³/1000 euros de valor añadido para el caso del sector de la alimentación, bebidas y tabaco, y no alcanzándose esa cifra para la industria textil.

Si se realiza un estudio de la composición química de los vertidos de la industria en función de su sector se observa que el sector de alimentos en general produce vertidos con una composición peor que la media española para todos los contaminantes exceptuando los metales pesados, en que el aporte más importante con diferencia proviene de la industria química. Los vertidos característicos de la industria química presentan una concentración muy superior al promedio de los vertidos industriales en todos los parámetros de calidad y son estos los que explican la mayor parte de la contaminación antes de tratamiento por metales pesados.

□ Figura 4.12. VAB industria más contaminante.



Referencias:

- Instituto Nacional de Estadística.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. El Agua en la Economía Española: Situación y Perspectivas (2007).

4.1.2. Indicadores de presión



Indicador: Agua distribuida por grupos de usuarios

Definición y grado de madurez: El indicador suministra información sobre la evolución del volumen de agua utilizada por los distintos usuarios. El indicador Extracción o Captación de agua, mide la cantidad de agua continental y no continental que se utiliza por parte de la actividad económica. Incluye tanto las captaciones de agua de minería y drenajes, como las destinadas a distribución y uso final propio. En relación a los recursos, comprende la captación de aguas continentales, superficiales y subterráneas, la captación directa de precipitaciones atmosféricas, el agua de mar, las masas permanentes de agua estancada y las aguas de transición tales como pantanos, lagunas y estuarios de aguas salobres.

Los datos para la elaboración del indicador provienen de la Encuesta sobre el Suministro y Tratamiento de Agua realizado por el INE. Sólo se dispone de información correspondiente al periodo 1996-2005 para el conjunto de España, publicados este año.

Relevancia e Interacciones: El mal uso y gestión de los recursos hídricos han provocado a menudo el agotamiento de las existencias, la disminución de las capas freáticas y la reducción de la superficie de los lagos interiores y de los flujos de corriente hasta niveles ecológicamente peligrosos. Es un indicador de presión que mide la intensidad del uso del recurso. El correcto uso y gestión del agua, debida fundamentalmente a actividades humanas, es tan esencial para el desarrollo como lo es para la vida. Además de sus funciones geofísica, química y biológica, el agua presenta unos valores sociales, económicos y ecológicos interrelacionados.

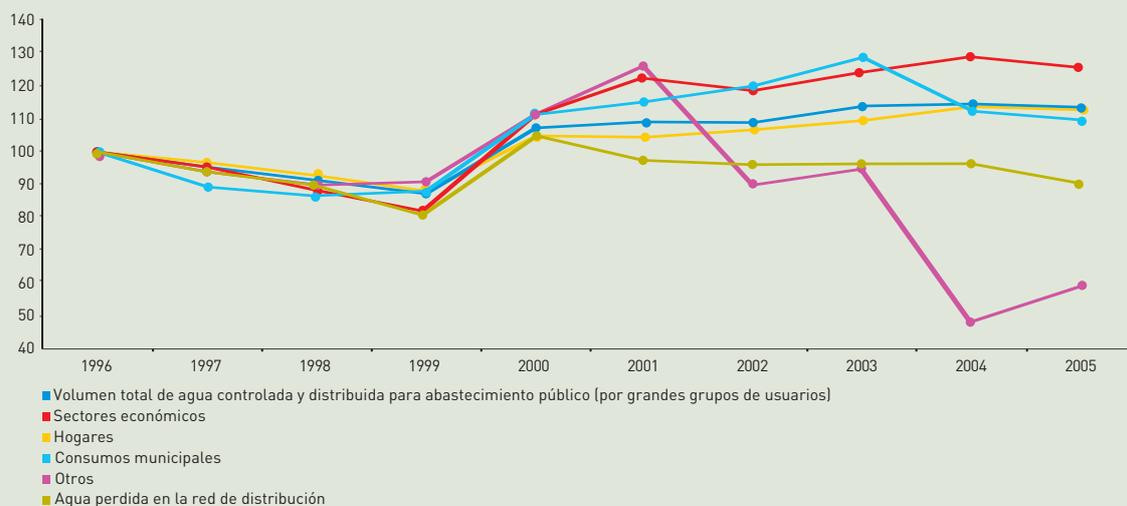
Situación: El volumen total de agua controlada y distribuida para abastecimiento público en 2005, último año disponible alcanzaron los 4.873 Hm³. De los cuales el 82% (4.002 Hm³) se

distribuyeron para el consumo de las familias, los consumos municipales y los sectores económicos. El 18% restante fueron pérdidas de agua (fugas, roturas, acerías, errores de media fraudes...). El agua distribuida, una vez descontada las pérdidas en el 2005 fue 13,2% más que en 1996. El agua distribuida a los sectores económicos ha aumentado en este periodo (1996-2005) un 25%, la de los hogares un 13% y el agua distribuida a los consumos municipales también lo ha hecho un 9%. Las pérdidas en la red de distribución suponen un 20% del agua captada, aunque en estos diez años esta pérdida se ha conseguido reducir, aunque sólo un 10%.

Evaluación: El volumen de extracción de agua continúa aumentando. A estas presiones, hay que añadir las extracciones y usos ilegales. Datos del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino constatan que en España existen 510.000 pozos ilegales, que extraen más de 7.000 m³/año. Estas cifras suponen un volumen de extracción ilegal de aguas subterráneas superior a 3.600 hm³/año. Las extracciones ilegales están relacionadas en muchos casos con desarrollos urbanísticos y turísticos insostenibles y con la agricultura intensiva.

Las extracciones y usos ilegales de agua no se limitan a los pozos ilegales, existen otras formas como las derivaciones de agua superficial sin la preceptiva autorización del organismo de cuenca, la utilización de volúmenes de agua superiores a los asignados en la autorización y las conexiones fraudulentas a los sistemas de abastecimiento público urbano. Entre 2002 y 2005, el SEPRONA abrió una media de 1.545 expedientes al año en toda España por infracciones relativas a la utilización del agua.

□ Figura 4.13. VAB industria más contaminante.



Referencias:

- Instituto Nacional de Estadística. Encuesta del Uso del agua en el sector agrario, www.ine.es
- WWF/Adena. *Uso ilegal del agua en España. Causas, efectos y soluciones.* (2006)



Indicador: Demandas

Definición y grado de madurez: El indicador mide la demanda de agua estimada en 1998 en hm^3 , durante la elaboración de los Planes Hidrológicos de Cuenca, calculada como la suma de valores distribuidos en celdas de $1\text{km} \times 1\text{km}$.

Los datos proceden del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y corresponden a la demanda estimada en 1998.

Relevancia e Interacciones: Este indicador de presión suministra información sobre las demandas de agua existentes, por los diferentes sectores económicos de actividad, en un ámbito territorial y en un periodo determinado de tiempo. Es un indicador básico utilizado en la planificación hidrológica. La estimación de las demandas iniciales y de las demandas previstas, en los diferentes horizontes de planificación y para distintos escenarios tendenciales de crecimiento y evolución de los sectores de actividad, es la base en la que se sustentan, en combinación con la disponibilidades de recursos regulados, los balances hidráulicos y la catalogación de los sistemas de explotación y de las cuencas hidrográficas como excedentarios o como deficitarios.

Situación: Sus valores se encuentran estrechamente ligados al nivel de vida (generalmente entendido como nivel de renta), aunque condicionados por las políticas tarifarias y por la eficiencia y sistema de gestión de las redes de suministro.

Demanda urbana: en zonas rurales con una importante cabaña ganadera, la demanda debida al ganado estabulado ubicado dentro de los núcleos de población puede superar al propio consumo doméstico. El turismo y la segunda residencia generan en muchas zonas una apreciable demanda de agua, llegando incluso, en algunos núcleos, a superar ampliamente la correspondiente a la población fija. La incidencia del turismo respecto a la demanda hídrica total puede ser importante a escala local, pero no parece ser muy relevante a nivel nacional. En estas zonas afectadas introduce importantes distorsiones, y su fuerte carácter estacional plantea dificultades especiales para su correcta estimación.

Demanda industrial: los datos disponibles suelen referirse a la gran industria, que dispone de fuentes de abastecimiento propias. La pequeña y mediana industria se suelen incluir dentro del sector de abastecimiento urbano, lo que conduce a una infravaloración de la demanda industrial. Existe un escaso conocimiento sobre la demanda real de cada industria, debido a su gran disper-

sión territorial y sectorial, a la complejidad del uso industrial, y a la falta de controles sobre el consumo de agua.

Demanda agraria: representa, aproximadamente, el cuádruple del resto de usos consuntivos. Hay una gran diversidad de factores que la determinan: superficies, variables meteorológicas, dedicación productiva, características de suelo y agua, tipología de métodos de riego parcelarios y condiciones de manejo, tipología de redes de conducción y distribución y condiciones de operación, etc., algunos de los cuales presentan, además, una apreciable variabilidad interanual (temperatura y precipitación), que determinan las necesidades hídricas de los cultivos implantados, la superficie y ubicación de cada cultivo, la extensión total regada y la delimitación del mosaico de parcelas que efectivamente se riegan. Todo esto debe advertir sobre un hecho importante, y que conviene subrayar, y es el de la imposibilidad práctica de conocer con absoluta exactitud, a la escala de las grandes cuencas hidrográficas, las superficies realmente regadas en un año concreto. En cuanto a la demanda ganadera, frecuentemente considerada junto con la de regadío para constituir entre ambas la demanda total agraria, resulta de una cuantía despreciable frente a la de los riegos.

Evaluación: Los datos disponibles de este indicador corresponden al año 1998 y son dudosamente representativos de la situación actual, teniendo en cuenta el incremento de población registrado y las variaciones de los distintos sectores económicos, así como del aumento de la eficacia en la utilización del agua. El indicador no recoge la demanda de agua necesaria para el mantenimiento de los ecosistemas.

La respuesta tradicional al incremento creciente de las demandas frente a la disponibilidad limitada de recursos ha sido aumentar las infraestructuras de regulación y de explotación de recursos, cuya construcción y funcionamiento generan importantes impactos.

El nuevo ciclo de planificación hidrológica, enmarcado en el proceso de implementación de la Directiva Marco del Agua, incluye entre sus objetivos satisfacer las demandas racionales de agua, incluida la medioambiental y convierte al *medio ambiente* en un usuario/cliente prioritario de la demarcación hidrográfica.

□ Figura 4.14. Demandas.



Referencias:

- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).
- Ministerio de Medio Ambiente. *Libro Blanco del Agua en España*. (2000)
- CEDEX. *Estudio sobre el impacto potencial del cambio climático en los recursos hídricos y demandas de agua de riego en determinadas regiones de España*.
- Planes hidrológicos de cuenca.



Indicador: Dotaciones en el abastecimiento urbano

Definición y grado de madurez: El indicador mide la dotación media de agua suministrada a las redes de abastecimiento, en litros, por habitante y día. Los datos proceden de las encuestas realizadas por la Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento (AEAS) entre las empresas de suministro de agua potable, una de las fuentes de información más valiosas sobre el consumo urbano en España. En la encuesta de 2002 se llegan a recoger datos directos del 69,9% del censo de población (con un 93% del censo en núcleos de tamaño superior a 100.000 habitantes). Existe menos información a medida que el tamaño de los núcleos disminuye, aunque estos municipios pequeños son la gran mayoría en España.

Se dispone de información correspondiente a los años 1987, 1990, 1992, 1994, 1996, 1998, 2000, 2002 y 2004.

Relevancia e Interacciones: Este indicador mide la presión ejercida por el consumo de agua en los municipios españoles, determinando la demanda futura para abastecimiento urbano. El valor que este indicador toma en cada uno de los servicios está sujeto a significativas variaciones sobre la media por causas diferentes, entre las que se incluyen las fugas en la red, las variaciones estacionales de población y la estructura industrial de la zona. Los usos del agua servida por las redes de abastecimiento urbano incluyen los correspondientes a las demandas de industrias y servicios conectados, pudiendo observarse un cierto mantenimiento de la proporción relativa de los distintos usos. Las dotaciones tienden a disminuir con el tamaño de la población, lo que se explica por el creciente efecto de escala de los equipamientos y servicios. Para poblaciones inferiores a 20.000 habitantes, la dotación media continúa disminuyendo, aunque existen importantes diferencias entre las diversas poblaciones. Estas dotaciones se diferencian de las dotaciones brutas en las pérdidas que se producen hasta el origen de la red, en los depósitos de alta.

Situación: La evolución en los últimos años de estas dotaciones revela una cierta disminución en 1992, junto con una bajada muy apreciable en 1994, al menos en los núcleos de más de 20.000 habitantes, tal y como muestra la gráfica (datos de AEAS). En el descenso de la dotación de los años 1992 y 1994 debe tenerse en cuenta la presencia de una fuerte sequía, con su correspondiente moderación de la demanda, y las medidas de ahorro y de reducción de fugas llevadas a cabo en un buen número de poblaciones. En 1996, la dotación se recupera, pero a niveles más contenidos que los del comienzo de la década, permaneciendo el buen efecto de moderación de consumos inducido por la sequía.

La actual demanda del agua de abastecimiento se caracteriza por la exigencia de un nivel de garantía muy elevado, y una distribución temporal de los suministros necesarios -salvo en zonas turísticas y de segunda residencia- sensiblemente uniforme. Además, las condiciones de calidad del suministro son obviamente más exigen-

tes. Sus retornos se producen de forma puntual y localizada y, en general, con características constantes, por lo que, debidamente depurados, son aptos para su reutilización posterior en usos con menores exigencias de calidad. La cuantía de estos retornos suele evaluarse, convencionalmente, como un 80% del agua suministrada. En cuanto a los orígenes del agua (captada+adquirida) según las encuestas de AEAS, se puede apreciar un significativo aumento del origen superficial desde 1992, frente al mantenimiento del resto de orígenes. En las poblaciones menores de 20.000 habitantes las proporciones se invierten. Existe una diferencia apreciable entre el agua captada y adquirida, y el agua registrada en contadores para los diferentes usos. Esta diferencia se debe tanto a las pérdidas desde el origen hasta la puesta en alta, como a las pérdidas y/o falta de registro desde los depósitos de alta, en el proceso de distribución hasta los usuarios finales.

La gestión del abastecimiento de agua potable y del saneamiento (alcantarillado y depuración) servida son servicios de competencia municipal que deben ser prestados obligatoriamente por los Ayuntamientos, de forma directa (gestión propia, Organismos autónomos o Sociedades públicas) o indirecta (Sociedades mixtas, concesiones, gestión interesada, concierto o arrendamiento). La gestión puede ser afrontada por un ente supramunicipal, con la consiguiente economía de escala (en infraestructuras, gestión técnica, gastos generales, etc.). Estos entes pueden ser de ámbito local (mancomunidades, comarcas, áreas metropolitanas o agrupación de municipios) o autonómico (Organismos autónomos administrativos, Entes públicos o Empresas públicas). El régimen de gestión del abastecimiento varía considerablemente con el tamaño de la población, pudiendo apreciarse una consolidación de la tendencia a encomendar la gestión a sociedades municipales y empresas privadas para poblaciones de más de 20.000 habitantes, disminuyendo la gestión directa de las corporaciones municipales.

La necesidad de aumentar la garantía y calidad del suministro - y el incremento de costes que ello supone -, así como la necesidad de completar en los próximos años la depuración de las aguas residuales urbanas, tiende a fortalecer la conveniencia de las agrupaciones de municipios para disminuir los costes unitarios de inversión y explotación. Este hecho, a su vez, puede tender a reforzar la participación progresiva de las compañías especializadas en la gestión del agua de abastecimiento.

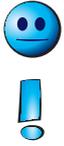
Evaluación: Los valores de dotaciones de abastecimiento urbano se encuentran estrechamente ligados al nivel de vida (generalmente entendido como nivel de renta), aunque condicionados por las políticas tarifarias y por la eficiencia y sistema de gestión de las redes de suministro. La actual tendencia en este sentido se dirige hacia una estabilización de las dotaciones de agua en los municipios que ya han alcanzado un suficiente grado de desarrollo, una tendencia creciente en las poblaciones pequeñas, y decreciente en las poblaciones de mayor tamaño.

□ **Figura 4.15. Dotaciones en el abastecimiento urbano.**



Referencias:

- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).
- Ministerio de Medio Ambiente. *Libro Blanco del Agua en España*. [2000]



Indicador: Consumo de fertilizantes

Definición y grado de madurez: Este indicador mide la intensidad de la utilización de abonos químicos (fertilizantes nitrogenados, fosfatados y potásicos) en la agricultura, entendida como la cantidad utilizada (kg) por unidad de superficie (ha).

Los datos proceden del Anuario de Estadística Agroalimentaria, que se elabora en la Secretaría de Estado de Medio Rural y Agua del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Se dispone de información correspondiente al periodo 1995-2006.

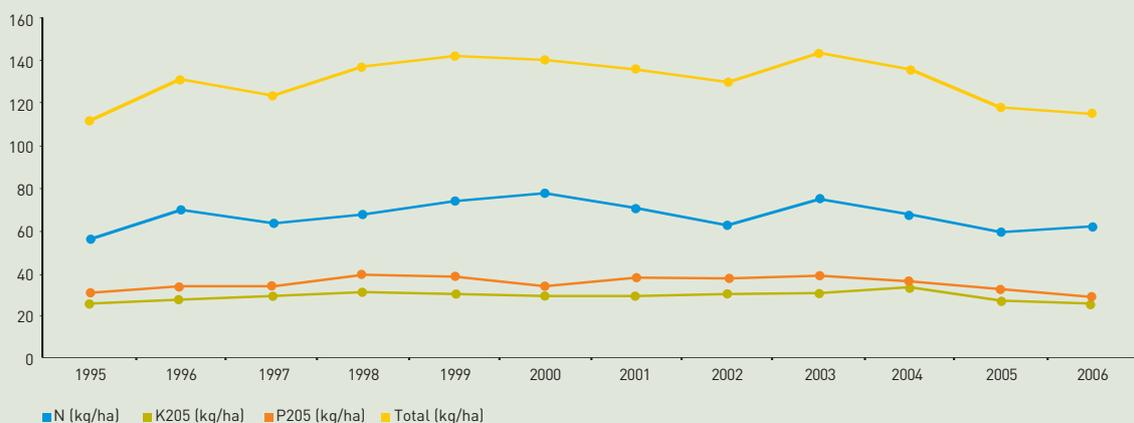
Relevancia e Interacciones: Este indicador mide la presión ejercida por la utilización de fertilizantes en la agricultura y está directamente relacionado con problemas asociados a la contaminación hídrica difusa, en especial, con la contaminación por nitratos de las aguas subterráneas y con procesos de eutrofización

Situación: Entre 1996 y 2006 el consumo de fertilizantes potásicos y fosfatados ha presentado una evolución similar, mostrando en los tres últimos años un ligero descenso del consumo hasta situarse en valores equiparables a los registrados en los primeros años de referencia (1995, 1996 y 1997). Los fertilizantes nitrogenados han experimentado en este periodo fluctuaciones algo más acusadas en su evolución, pero también se ha registrado una disminución en su consumo en los últimos años. Esta tendencia global descendente refleja una moderada mejora hacia pautas más sostenibles. La mayor disminución del consumo global de fertilizantes se produjo en el año 2005, con un descenso del 15% con relación al año anterior. En el año 2006 este descenso se ralentizó siendo inferior al 3%.

Los estudios que se están realizando para la implantación de la Directiva Marco de Agua deducen previsiones moderadas de aumentos de contaminación difusa resultante de la aplicación de fertilizantes entre el 5% y el 10% para el conjunto de España, aunque también con una distribución desigual y un peso muy importante de la agricultura en la cuenca del Ebro donde se prevén aumentos entre el 12 y el 25%.

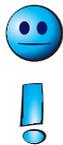
Evaluación: Aunque se ha producido una tendencia descendente en el consumo de fertilizantes por unidad de superficie en los últimos años, la agricultura española no solo se orienta hacia un uso más intensivo del agua, sino también hacia pautas de transformación de superficies de secano a regadío, con el consecuente aumento en el uso de fertilizantes. No obstante, las actuaciones de mejora y consolidación de regadíos (R.D. 287/2006, de 10 de marzo) y la implantación de buenas prácticas agrícolas podrían invertir esta tendencia.

□ Figura 4.16. Consumo de fertilizantes.



Referencias:

- Instituto Nacional de Estadística.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. *Perfil Ambiental de España 2006*.
- Ministerio de Medio Ambiente. *El Agua en la Economía Española: Situación y Perspectivas*. (2007)



Indicador: Consumo de pesticidas

Definición y grado de madurez: El indicador mide el valor de las ventas de productos biocidas empleados en la agricultura en millones de euros.

Los datos proceden del Anuario de Estadística Agroalimentaria, que se elabora en la Secretaría de Estado de Medio Rural y Agua del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Se dispone de información correspondiente al periodo 1995-2006.

Relevancia e Interacciones: Este indicador mide la presión asociada al consumo de productos fitosanitarios y está relacionado con problemas asociados a la contaminación hídrica difusa, a la contaminación del suelo, a la pérdida de biodiversidad y a la salud. Sin embargo, aunque se ha producido un ligero repunte en el mercado fitosanitario en el último año, éste responde más a una recuperación en valor y precios que a un incremento en el consumo de estos productos.

Situación: Entre 1995 y 2006 se ha invertido la tendencia ascendente mantenida hasta el año 2002, año a partir del cual se registra un descenso de aproximadamente el 16% en el valor de las ventas de estos productos interrumpido por ligeros repuntes en los años 2004 y 2006. En el año 2006, este incremento en el valor de las ventas de productos fitosanitarios fue inferior al 2% en relación con el año anterior.

La evolución del consumo de fitosanitarios en este mismo periodo ha experimentado un aumento creciente hasta alcanzar su máximo en el año 2004, mientras que en el año 2005 los datos vuelven a mostrar una tendencia a la baja con una disminución en el consumo del 12,6% en relación con el año anterior. La intensificación desigual de la agricultura en las Comunidades Autónomas también se refleja en el uso de fitosanitarios, mucho mayor en Canarias, Cantabria, Comunidad Valenciana, Región de Murcia y La Rioja.

Cabe añadir que la agricultura ecológica continúa incrementando su superficie en España con una tasa de crecimiento del 14,7% en 2006 en relación con 2005, destacando en este contexto la Comunidad Autónoma de Andalucía al contar con un 58% de superficie total inscrita en agricultura ecológica (2006) en relación con el total nacional.

Evaluación: Los datos de este indicador no permiten confirmar una tendencia clara que pueda asociarse a la disminución del consumo de productos fitosanitarios. La utilización de plaguicidas, pese a los riesgos que presenta para la salud y el medio ambiente, permite maximizar el rendimiento agrario y la calidad de los productos agrícolas y puede contribuir a limitar la erosión del suelo al permitir cultivos de laboreo reducido.

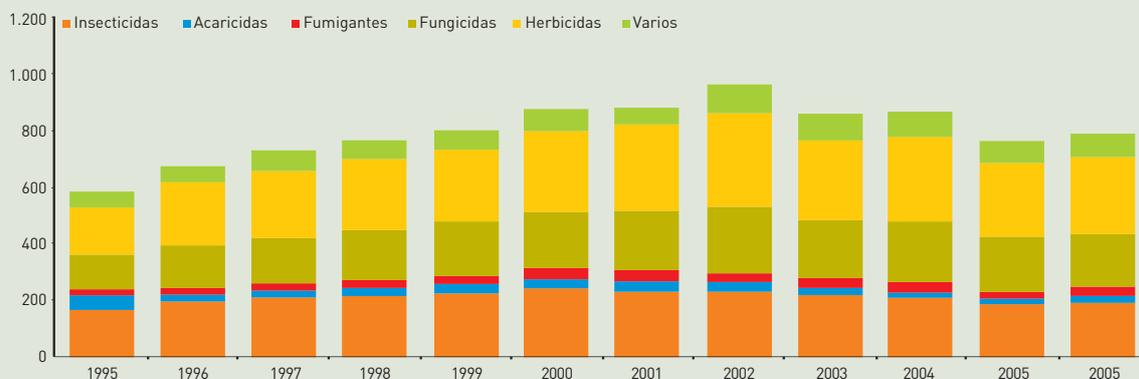
Para prevenir los riesgos, el uso de productos fitosanitarios está regulado en la legislación europea, transpuesta a la española. El Real Decreto 280/1994 fija los límites máximos de residuos de productos fitosanitarios en productos vegetales, así como la instrumentación de su control. El Real Decreto 2163/1994, por el que se traspone la Directiva 91/414, establece un marco comunitario de autorización para comercializar y utilizar productos fitosanitarios. El Real Decreto 1054/2002, por el que se traspone la Directiva 98/8, regula el proceso de evaluación para el registro, autorización y comercialización de biocidas.

La Unión Europea ha puesto en marcha nuevas propuestas normativas destinadas a reducir los riesgos e intensificar los controles sobre el uso de plaguicidas.

La propuesta de Directiva marco para conseguir un uso sostenible de los plaguicidas (COM(2006) 373 final), considera que los Estados miembros deben establecer planes de acción nacionales para fijar objetivos, medidas y calendarios a fin de reducir los riesgos, incluidos los peligros, y la dependencia de los plaguicidas. Recomienda la creación de un sistema de formación para los usuarios profesionales y los distribuidores, y de sensibilización para el gran público. Prevé medidas específicas para proteger el medio acuático, tales como dar prioridad a los productos menos nocivos, utilizar técnicas de aplicación más eficaces de baja deriva, el establecimiento de zonas barrera, donde no se puedan aplicar ni almacenar plaguicidas, y la reducción del uso de plaguicidas en zonas sensibles.

La propuesta de Reglamento (COM(2008) 93 final) relativo a la comercialización de productos fitosanitarios, que sustituiría a la Directiva 91/414, ha previsto la posibilidad de modificar o retirar la aprobación de una sustancia activa cuando pueda verse comprometido el cumplimiento de los objetivos establecidos en la Directiva Marco de Agua.

□ Figura 4.17. Consumo de pesticidas.



Referencias:

- Ministerio de Medio Ambiente. *Anuario de Estadística Agroalimentaria*.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. *Perfil Ambiental de España 2006*.

4.1.3. Indicadores de estado



Indicador: Índice de humedad

Definición y grado de madurez: Indicador adimensional que representa el cociente entre la precipitación media anual y la evapotranspiración (ETP) media anual para un determinado año hidrológico.

Los datos se han calculado a partir de los valores medios mensuales obtenidos mediante el modelo de Simulación Precipitación-Aportación (SIMPA), modelo hidrológico distribuido utilizado para la evaluación de los recursos hídricos en régimen natural. Fue desarrollado por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

Se dispone de información correspondiente al periodo 1940-2006.

Relevancia e Interacciones: Este indicador es un factor natural de estado, y está directamente relacionado con la precipitación y la evapotranspiración (ETP). Indicador utilizado por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) para el seguimiento del riesgo de desertificación. Refleja los impactos del cambio climático en la modificación del régimen de precipitaciones y de temperaturas.

Situación: En España existen regiones áridas (ocupan una extensión reducida y se localizan en parte de las Islas Canarias y el área del desierto de Tabernas en Almería), semiáridas (depresión del Ebro, Almería, Murcia, sur de la cuenca del Júcar, cabecera de Guadiana y Canarias), subhúmedas (cuenca del Duero, sur de las Cuencas internas de Cataluña, Baleares y Guadalquivir y a lo largo de las cordilleras de menor altitud) y húmedas (Galicia y la zona cantábrica).

El cociente entre precipitación media anual y ETP media anual, para los años hidrológicos 1940/41 a 2005/06, varía entre 0,5 y 1,17.

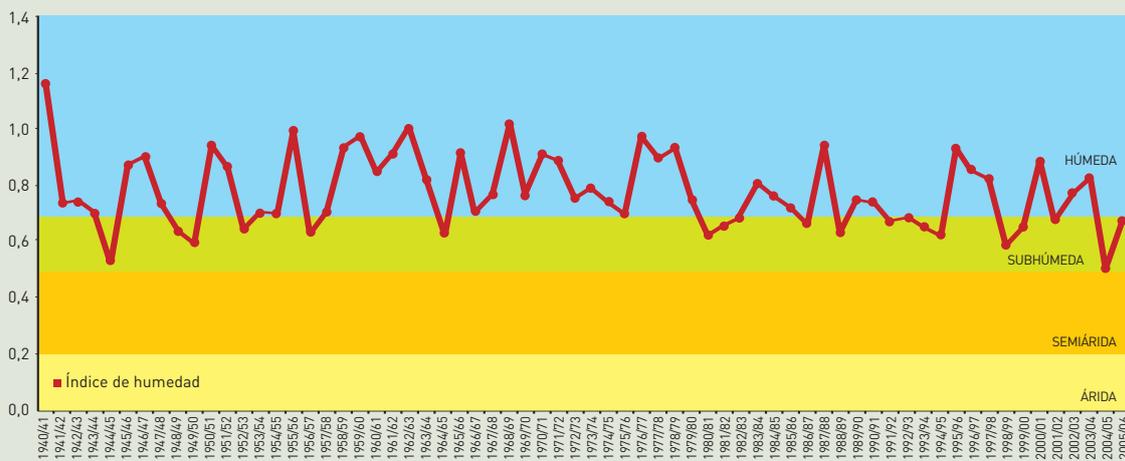
España presenta una singular diversidad climática que, proyectada sobre su también diversa geología, da lugar, a una gran multiplicidad de ambientes hidrológicos.

Evaluación: Según la Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CLD), las zonas susceptibles de sufrir desertificación son las áreas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, es decir, aquellas zonas en las que la proporción entre la precipitación anual y la evapotranspiración potencial está comprendida entre 0,05 y 0,65.

De acuerdo con ello, amplias zonas de la geografía se encuentran potencialmente afectadas por el proceso. De hecho, más de dos terceras partes del territorio español pertenecen a las categorías de áreas áridas, semiáridas y subhúmedas secas. Toda la mitad sur, a excepción de las cadenas montañosas más elevadas, más la meseta norte, la cuenca del Ebro y la costa catalana entran dentro de dichas categorías y, por lo tanto, son susceptibles de sufrir procesos de desertificación.

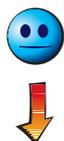
En el futuro, las tendencias apuntan a una menor precipitación acumulada anual y a un incremento progresivo de las temperaturas, que se reflejarán en incrementos de los valores de evapotranspiración y en la disminución del índice de humedad, lo que supondrá un aumento del riesgo de desertificación y de las áreas susceptibles de sufrir este proceso.

Figura 4.18. Índice de humedad.



Referencias:

- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).
- Ministerio de Medio Ambiente. *Libro Blanco del Agua en España*. (2000)
- Programa de Acción Nacional contra la Desertificación. Dirección General de Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente.



Indicador: Anomalía de precipitación

Definición y grado de madurez: Parámetro adimensional que mide la desviación de la precipitación media de un año respecto a la media de las precipitaciones medias anuales de todo el período (diferencia del valor medio anual y la media del período, dividido entre la media del período).

Los datos se han calculado a partir de los valores medios mensuales obtenidos mediante el modelo de Simulación Precipitación-Aportación (SIMPA), modelo hidrológico distribuido utilizado para la evaluación de los recursos hídricos en régimen natural. Fue desarrollado por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

Se dispone de información correspondiente al periodo 1940-2006.

Relevancia e Interacciones: Este indicador de estado natural, suministra información sobre las secuencias de años extremadamente secos o extremadamente húmedos y está directamente relacionado con la precipitación. Su tendencia está relacionada con el impacto del cambio climático en el régimen de precipitaciones. Es un indicador hidrológico de referencia en los balances de los años hidrológicos.

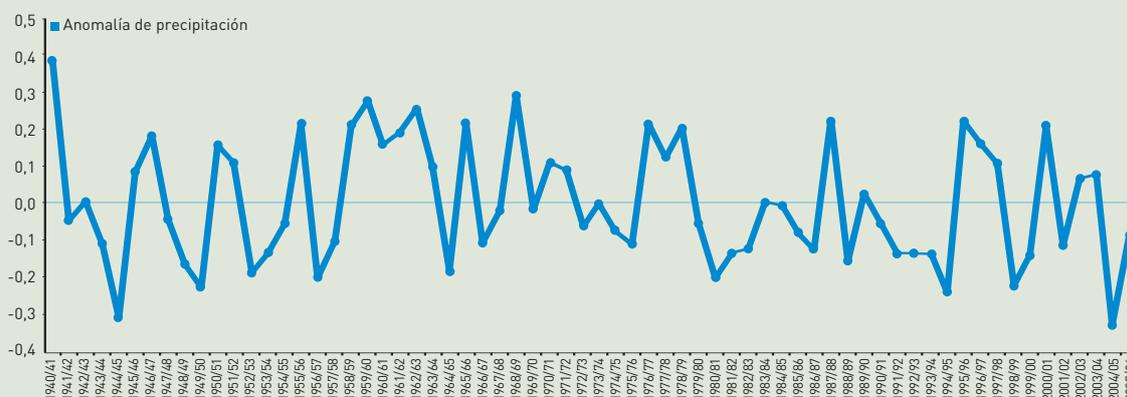
Situación: El examen de la serie anterior pone de relieve que las rachas de años secos son más largas que las húmedas, como corresponde a datos no gaussianos y con sesgo positivo. Las dos rachas secas más largas, entendiéndose por tales aquellas donde no se supera la media de la serie, tienen una duración de ocho años (período 1979/80 a 1986/87) y cinco años (1990/91 a 1994/95), mientras las tres húmedas más largas son de seis (1958/59 a 1963/64) y tres años (1976/77 a 1978/79, 1995/96 a 1997/98). Durante el periodo de 27 años comprendido entre 1979/80 y 2005/06, sólo en ocho ocasiones se ha excedido la media de la serie, lo que es bien ilustrativo, de los graves problemas de escasez de lluvias que se han producido en los últimos años en muchos lugares de España.

Se puede observar la correspondencia de este indicador con la precipitación media anual: las precipitaciones del año hidrológico más húmedo de esta serie, 1940/41 se corresponden con valores de este indicador más elevados, y los más bajos con las sequías más graves concentradas en tres periodos: 1941/42 a 1944/45, 1979/80 a 1982/83 y 1990/91 a 1994/95, siendo esta última, con diferencia, la más aguda en intensidad.

Evaluación: La información disponible revela una tendencia a la reducción de las precipitaciones y al incremento de los periodos con precipitaciones extremadamente bajas, el último registrado el año hidrológico 2004-2005.

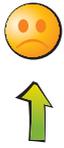
En el futuro las tendencias respecto a los cambios extremos en las precipitaciones, como consecuencia de los efectos del cambio climático, presentan una incertidumbre elevada y no proyectan cambios significativos en la intensidad de los eventos extremos de lluvia, aunque se prevén variaciones de frecuencia en diverso grado dependiendo de las regiones y épocas del año.

□ Figura 4.19. Anomalía de precipitación.



Referencias:

- Agencia Estatal de Meteorología (Instituto Nacional de Meteorología).
- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. *Cuarta Comunicación Nacional de España.*



Indicador: Anomalía de temperatura

Definición y grado de madurez: Parámetro adimensional que mide la desviación de la temperatura media de un año respecto a la media de las temperaturas medias anuales de todo el período (diferencia del valor medio anual y la media del período, dividido entre la media del período).

Los datos se han calculado a partir de los valores medios mensuales obtenidos mediante el modelo de Simulación Precipitación-Aportación (SIMP), modelo hidrológico distribuido utilizado para la evaluación de los recursos hídricos en régimen natural. Fue desarrollado por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

Se dispone de información correspondiente al período 1940-2006.

Relevancia e Interacciones: Este indicador de estado natural, suministra información sobre la intensidad y frecuencia de eventos climáticos extremos. Su tendencia está relacionada con el impacto del cambio climático y está directamente relacionado con la temperatura.

Un aspecto importante en el seguimiento de las condiciones climáticas y en las proyecciones de clima futuro es la posible alteración en la intensidad y frecuencia de los eventos climáticos extremos. Los impactos debidos a cambios en extremos climáticos son, por lo general, más severos que los asociados al cambio del clima promedio como consecuencia de los importantes daños que pueden llegar a producir sobre el medio ambiente, las actividades socio-económicas o la salud humana.

Situación: En la figura se presentan las desviaciones de la temperatura media anual respecto al valor medio del período 1940-2006.

Las tendencias observadas suponen unos incrementos de temperatura de 1,2°C en la zona cantábrica, cuenca alta del Duero y Ebro, y el Pirineo central y oriental; de 1,3°C en la vertiente atlántica y de 1,4°C en la mediterránea. La serie de desviaciones de temperatura del Hemisferio Norte presenta su máximo abso-

luto el año 1998, mientras que la desviación máxima de 1,8°C se da en Badajoz en el año 2000. En Donostia-San Sebastián, la anomalía máxima se da en 1997 y en Tortosa en 1994. Los períodos de descenso térmico de los primeros 20 años del siglo son semejantes en todas las series, así como la tendencia al alza desde 1921 a 1945, el período de estabilidad desde 1946 hasta finales de los cincuenta, el siguiente período descendente que termina en 1977, tras el que sigue el reciente período de calentamiento que se puede calificar de espectacular.

Los registros climáticos disponibles indican una tendencia hacia un calentamiento global durante el último siglo, con un calentamiento anterior a 1940, un ligero enfriamiento durante el período 1940-70 y un calentamiento posterior especialmente notable durante la última década.

Los aumentos de temperatura media son significativamente mayores en los meses de verano que en los de invierno.

Evaluación: En la segunda mitad del siglo XX y comienzos del XXI se observa un incremento de la frecuencia e intensidad de años con temperaturas extremas elevadas.

En el futuro todas las proyecciones indican que habrá un sensible incremento en la intensidad y frecuencia de eventos extremos relacionados con la temperatura en todas las regiones españolas, que es significativamente mayor en los escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero más altas.

Este tipo de eventos puede tener influencia en el cambio que podría experimentar el número de olas de calor en período estival. Así, en el escenario de emisiones medias-altas se podrían alcanzar, en más de la mitad de los días del período estival, temperaturas máximas diarias en el interior de la Península por encima de las que actualmente se consideran excepcionalmente altas.

□ Figura 4.20. Anomalía de temperatura.



Referencias:

- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).
- Ministerio de Medio Ambiente. *Libro Blanco del Agua en España*. (2000)
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. *Cuarta Comunicación Nacional de España*.



Indicador: Anomalía de evapotranspiración (ETP)

Definición y grado de madurez: Parámetro adimensional que mide la desviación de la evapotranspiración de un año respecto a la media de las evapotranspiraciones medias anuales de todo el período [diferencia del valor medio anual y la media del período, dividido entre la media del período].

Los datos se han calculado a partir de los valores medios mensuales obtenidos mediante el modelo de Simulación Precipitación-Aportación (SIMPA), modelo hidrológico distribuido utilizado para la evaluación de los recursos hídricos en régimen natural. Fue desarrollado por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

Se dispone de información correspondiente al período 1940-2006.

Relevancia e Interacciones: Este indicador es un factor natural de estado, y está directamente relacionado con la ETP. Suministra información sobre la incidencia de la intensidad y frecuencia de los fenómenos climáticos extremos.

Situación: El examen de la serie pone de relieve que las rachas con evapotranspiraciones bajas son más largas que las con evapotranspiraciones altas. La más larga de las primeras, entendiéndose por tales aquéllas donde no se supera la media de la serie 1940/41-2005/06, tiene una duración de quince años (período 1966/67 a 1980/81), mientras que la de altas evapotranspiraciones más larga es de once años (1994/95 a 2005/06). Durante el período de 25 años comprendido entre 1981/82 y 2005/06, sólo en siete ocasiones se ha bajado de la media de la serie, lo que es bien ilustrativo, de los graves problemas de desertificación que se están produciendo en los últimos años en muchos lugares de España.

Se puede observar la correspondencia de este indicador con la evapotranspiración potencial anual: las evapotranspiraciones del año hidrológico con menor evapotranspiración de esta serie, 1940/41 se corresponde con valores de este indicador más bajos, y los valores más altos con las evapotranspiraciones más altas, concentrados en tres periodos: 1946/47 a 1949/50,

1958/59 a 1961/62 y 1995/96 a 2005/06, siendo esta última, con diferencia, la más aguda en intensidad.

Evaluación: La información disponible revela una tendencia al aumento de la evapotranspiración y a la reducción de los períodos con evapotranspiraciones bajas, el último registrado el año hidrológico 1990/91-1994/95.

En el futuro las tendencias respecto a los cambios extremos en las evapotranspiraciones, como consecuencia de los efectos del cambio climático, presentan una incertidumbre elevada y no proyectan cambios significativos en intensidad, aunque se prevén variaciones de frecuencia en diverso grado dependiendo de las regiones y épocas del año.

□ **Figura 4.21. Anomalía de evapotranspiración (ETP).**



Referencias:

- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).
- Ministerio de Medio Ambiente. *Libro Blanco del Agua en España 2000*.



Indicador: Humedad del suelo

Definición y grado de madurez: El indicador representa el valor medio anual (mm) de la humedad del suelo, obtenido a partir de los valores medios mensuales: diferencia entre la capacidad máxima de almacenamiento de agua en el suelo (mm) y almacenamiento de agua en el suelo en el mes (también en mm), estimados a partir de información sobre usos del suelo.

Los datos se han calculado a partir de los valores medios mensuales obtenidos mediante el modelo de Simulación Precipitación - Aportación (SIMPA), modelo hidrológico distribuido utilizado para la evaluación de los recursos hídricos en régimen natural. Fue desarrollado por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

Se dispone de información correspondiente al periodo 1940-2006.

Relevancia e Interacciones: Este indicador es un factor natural de estado, y está directamente relacionado con la precipitación y la evapotranspiración potencial (ETP), que regula el volumen de agua o excedente que acaba convirtiéndose en escorrentía.

Situación: Su variedad es el rasgo más expresivo. Se puede observar la correspondencia de este indicador con la precipitación media anual: las precipitaciones del año hidrológico más húmedo de esta serie, 1940/41, favorecieron la humedad del suelo.

El desfase temporal existente entre la precipitación y la evapotranspiración potencial da lugar a los déficit de humedad del suelo.

Evaluación: Al no darse siempre las condiciones óptimas de humedad en el suelo, para que se produzca la evapotranspiración a su tasa potencial, la evapotranspiración real (ET) suele ser bastante menor que la ETP. Como es lógico, las mayores diferencias relativas se darán en los territorios más secos, y las menores diferencias en los más húmedos. El efecto de aumento del cociente ET/ETP tiene lugar con la mayor humedad de la zona.

□ Figura 4.22. Humedad del suelo.



Referencias:

- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).
- Ministerio de Medio Ambiente. *Libro Blanco del Agua en España*. (2000)



Indicador: Recursos hídricos naturales

Definición y grado de madurez: El indicador representa el valor medio anual (mm) de los recursos hídricos en régimen natural.

Los datos se han calculado a partir de los valores medios mensuales obtenidos mediante el modelo de Simulación Precipitación-Aportación (SIMPA), modelo hidrológico distribuido utilizado para la evaluación de los recursos hídricos en régimen natural. Fue desarrollado por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

Se dispone de información correspondiente al periodo 1940-2006.

Relevancia e Interacciones: Este indicador de estado natural suministra información sobre la cantidad de los recursos hídricos disponibles en un espacio y en un periodo de tiempo determinado. Está directamente relacionado con la precipitación y la temperatura. Una modificación de la temperatura o de la precipitación repercutiría sobre los recursos hídricos de un territorio, ya que a largo plazo, su escurrimiento es igual a la diferencia entre la precipitación y la evapotranspiración. Es un indicador hidrológico clave para la planificación hidrológica.

Situación: La causa inicial de toda sequía es la escasez de precipitaciones (sequía meteorológica) lo que deriva en una insuficiencia de recursos hídricos (sequía hidrológica) necesarios para abastecer la demanda existente.

La irregularidad temporal de los recursos en régimen natural impide que puedan ser totalmente aprovechados en la satisfacción de las diferentes necesidades de agua, de forma que los recursos realmente disponibles son muy inferiores a los naturales.

Los problemas de insuficiencia de recursos tienen un carácter temporal, y están generalmente asociados a rachas hidrológicas adversas, de tal modo que en condiciones de normalidad hidrológica no se presentarían problemas graves.

La consideración de los últimos 20 años -es decir, el empleo de las series 1940/41-12005/06 en lugar de la serie 1940/41-1985/86- supone, por término medio, un 5% de disminución de los recursos naturales totales. Esta disminución se produce, con distintos porcentajes, en casi todos los ámbitos excepto los de Galicia Costa y Guadiana II, donde es prácticamente igual, y en los del Júcar y Cuencas Internas de Cataluña, donde se produce un ligero aumento. Estas excepciones se explican anali-

zando con detalle la distribución espacial de la sequía de principios de los noventa, que aunque tuvo un carácter bastante generalizado, no afectó por igual a todo el territorio nacional. En concreto, la aportación media en esos ámbitos en el periodo comprendido entre 1985/86 y 1995/96 fue algo mayor que la media de todo el periodo, aunque esas aportaciones elevadas se produjeron básicamente en las zonas litorales, donde no podían ser reguladas para paliar la sequía en esos territorios y los de aguas arriba.

Evaluación: El cambio climático, con aumento de la temperatura y, en España, disminución de la precipitación, causará una disminución de aportaciones hídricas y un aumento de la demanda en los sistemas de regadío. Los impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos no sólo dependen de las aportaciones procedentes del ciclo hidrológico, sino que es el sistema de recursos hidráulicos disponible y la forma de manejarlo un factor determinante de la suficiencia o escasez de agua frente a la demanda de la población.

La sensibilidad de los recursos hídricos al aumento de la temperatura y disminución de precipitación es muy alta, precisamente en las zonas con temperaturas medias altas y con precipitaciones bajas. Las zonas más críticas son las semiáridas, en las que las aportaciones pueden reducirse hasta un 50% sobre el potencial actual. Los recursos hídricos sufrirán en España disminuciones importantes como consecuencia del cambio climático. Para el horizonte de 2030, simulaciones con aumentos de temperatura de 1°C y disminuciones medias de precipitación de un 5% ocasionarían disminuciones medias de aportaciones hídricas en régimen natural de entre un 5 y un 14%. Para 2060, simulaciones con aumentos de temperatura de 2,5 °C y disminuciones de precipitación de un 8% producirían una reducción global media de los recursos hídricos de un 17%. Estas cifras pueden superar el 20 a 22% para los escenarios previstos para final de siglo.

Junto a la disminución de los recursos se prevé un aumento de la variabilidad interanual de los mismos. El impacto se manifestará más severamente en las cuencas del Guadiana, Canarias, Segura, Júcar, Guadalquivir y Baleares.

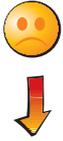
El cambio implicará necesariamente la remodelación y redefinición de nuevas políticas como la científico-tecnológica, hidráulica, energética, agrícola, medioambiental y planificación del territorio.

□ **Figura 4.23. Recursos hídricos naturales.**



Referencias:

- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).
- Ministerio de Medio Ambiente. *Libro Blanco del Agua en España*. (2000)
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. *Cuarta Comunicación Nacional de España*.
- Ministerio de Medio Ambiente. *La Gestión de la sequía de los años 2004 a 2007*. (2008)



Indicador: Reservas nivales

Definición y grado de madurez: Este indicador mide los volúmenes de agua almacenados en forma de nieve (hm^3) en los diferentes ámbitos montañosos españoles. Hasta 1990 sólo se dispone de datos de la cuenca nival pirenaica, a partir de entonces, se trabaja con todas las cuencas nivales.

Los datos proceden del programa ERHIN (Estudio de los Recursos Hídricos Derivados de la Innivación en Alta Montaña), desarrollado por la Dirección General del Agua, cuyo principal cometido es el control sistemático de las reservas nivales disponibles en cada momento en los diferentes ámbitos montañosos españoles, con el fin de integrar las aportaciones hídricas producidas por la fusión de estas reservas en la gestión general de los recursos hídricos del territorio español. Para ello el Programa ERHIN dispone de una red de 260 puntos fijos (balizas) de control del manto nival, instalados a partir de 1985 y repartidos a lo largo de las tres cadenas montañosas, en las que, por su mayor interés, se ha desarrollado el Programa Pirineo (113), Cordillera Cantábrica (127) y Sierra Nevada (21). En estos ámbitos cada temporada invernal se realizan, como norma, tres campañas de toma de datos nivales en las que se evalúan superficies, espesores y densidades de la capa de nieve, para, a través de los correspondientes cálculos, determinar la reserva de agua en forma de nieve para cada una de las cuencas consideradas.

Se dispone de información correspondiente al periodo 1987-2007.

Relevancia e Interacciones: Este indicador de estado natural suministra información sobre los recursos hídricos naturales acumulados en forma de nieve. Está directamente relacionado con la precipitación en forma de nieve, con la temperatura y con los recursos hídricos naturales.

Situación: Durante los últimos veinte años el valor máximo de volumen de agua almacenada en forma de nieve del teórico año medio se encuentra próximo a 8.000 hm^3 , destacando que de 2003 a 2005 han sido años donde el volumen de agua en forma de nieve ha superado los 6.000 hm^3 . Se puede constatar que las reservas de agua acumuladas en forma de nieve, como tónica general, han ido disminuyendo desde el año hidrológico 2003/2004 hasta el año hidrológico actual.

Estacionalmente, las reservas empiezan a tomar relevancia en el mes de noviembre, llegando a su punto más álgido en el mes de febrero, para ponerse a cero a finales de mayo y siguiendo, por lo general esta tendencia cíclica el resto de los años. La fusión principal de la nieve se concentra en los últimos meses de la primavera y principios del verano. Por ello, la última de las mediciones rea-

lizadas cada año (los primeros días de mayo, normalmente) permite cuantificar con mucha aproximación los volúmenes de agua que transportarán los ríos como consecuencia de la fusión del manto de nieve formado en la alta montaña durante el invierno.

Los efectos del último periodo de sequía registrado, entre los años 2004 y 2007, se hacen patentes en el Pirineo, cadena en que el valor máximo del volumen de agua almacenada en forma de nieve del teórico año medio se encuentra próximo a 1.400 hm^3 cifra que, durante los tres últimos años, sólo ha sido alcanzada en el periodo abril-mayo del año 2006; y en la que durante los años hidrológicos 2004-2005 y 2006-2007 el volumen de agua en forma de nieve no ha superado los 1.000 hm^3 .

Evaluación: La precipitación en forma de nieve es un tipo de regulación natural por que, en condiciones climáticas favorables, puede mantenerse sin fundir durante muchos meses, lo que retrasa, como es evidente, la escorrentía derivada de esa precipitación. Este fenómeno tiene especial significación, en España, en el sector central del Pirineo, desde la cabecera del Aragón a la del Segre, y en menor medida en el núcleo central de Sierra Nevada, en la cabecera del Genil -sobre todo- y en el Guadalfeo. En los sectores oriental y occidental del Pirineo y en las restantes cordilleras españolas - Cantábrica y Sistemas Central e Ibérico, en particular- las elevaciones térmicas, que muchos años se producen durante el invierno, suelen determinar importantes fusiones parciales que conducen a escorrentías menos concentradas en el tiempo y, por tanto, a unas condiciones menos efectivas de la regulación. Incluso, en ocasiones, estas fusiones parciales se producen en coincidencia con periodos de fuertes lluvias, a cuyas escorrentías se suman, dando lugar, a veces, a crecidas e inundaciones de gran magnitud.

En el Pirineo central, que es donde la regulación nival es más significativa, la fusión principal se produce entre mayo y julio y supone una fracción importante -del 10 al 20%- de los caudales transportados anualmente por el Ebro, más aún si se tiene en cuenta que las cabeceras nivales de los ríos antes indicados cubren sólo unos 5.000 km^2 de los 86.000 km^2 totales de la cuenca. En cualquier caso, la aportación derivada de la fusión de la nieve y entregada al Ebro por el Aragón, el Gállego, el Cinca y el Segre oscila entre el 40 y el 50% de la total recogida por estas cuencas. Y además, es proporcionalmente mayor esta aportación en los años secos que en los húmedos, pues la precipitación nival en alta montaña es más regular que la lluvia en el resto de la cuenca del Ebro. Esto conduce a que en los ríos del Pirineo central las aportaciones medias durante los meses en los que transportan mayores caudales no suelen superar en más de tres veces las correspondientes a los meses más secos.

□ Figura 4.24. Reservas nivales.



Referencias:

- Ministerio de Medio Ambiente. *Medio Ambiente en España 2006*. (2007)
- Ministerio de Medio Ambiente. *La Gestión de la sequía de los años 2004 a 2007*. (2008)
- MOPU: "La nieve en el Pirineo español", Madrid, 1988 y Anuarios "La nieve en las cordilleras españolas" publicados por la Dirección General de Obras Hidráulicas desde 1992 dentro del programa ERHIN, con datos que se inician en el año hidrológico 1986/87.



Indicador: Almacenamiento en embalses

Definición y grado de madurez: El indicador mide el volumen total, en miles de hectómetros cúbicos (hm³), de reservas de agua almacenado en los embalses al comienzo del año hidrológico, a 1 de octubre de cada año. Su cálculo es la suma del volumen de agua almacenado en cada uno de los embalses con capacidad superior a 5 hm³ al comienzo del año hidrológico correspondiente. Incluye los embalses de uso consuntivo y los destinados a la generación de energía hidroeléctrica.

Se dispone de información desde el año hidráulico 1990-1991 hasta el 2006-2007.

Relevancia e Interacciones: Este indicador de estado mide las reservas de agua disponibles y permite evaluar la existencia de reservas suficientes para garantizar el suministro. En su valor influye la situación meteorológica registrada durante el año hidrológico correspondiente y en los años precedentes, la presión sobre su uso y la capacidad de embalse existente. Es un indicador hidrológico clave para el seguimiento, por parte de los organismos de cuenca, de los sistemas de explotación que conforman su ámbito territorial y para la definición de los valores del Índice de estado hidrológico definidos en los Planes Especiales de Actuación en Situación de Alerta o Eventual Sequía. La disminución de las reservas embalsadas provoca restricciones en el suministro de agua de abastecimiento y riesgo y afecciones al medio ambiente.

Situación: La evolución de este indicador durante los últimos diecisiete años hidrológicos refleja, con diferente grado de intensidad, las secuencias de sequía registradas en los periodos 1990-1995 y 2004-2007.

En los últimos diecisiete años hidrológicos las reservas medias de agua en los embalses han sido de unos de 24 hm³, del orden del 45% de la capacidad de almacenamiento existente.

Durante los seis años de sequía más grave registrada (1990-1995 y 2004-2005), con precipitaciones medias inferiores a 600 mm, las reservas de agua fueron muy inferiores a la media y se

mantuvieron por debajo del 40% de la capacidad de almacenamiento existente. Esta disminución generalizada de las reservas de agua en la mayor parte del territorio español ha afectado con mayor intensidad en las cuencas del Segura, Júcar y Mediterránea Andaluza, en las que los niveles en los embalses descendieron del 30% de la capacidad de almacenamiento.

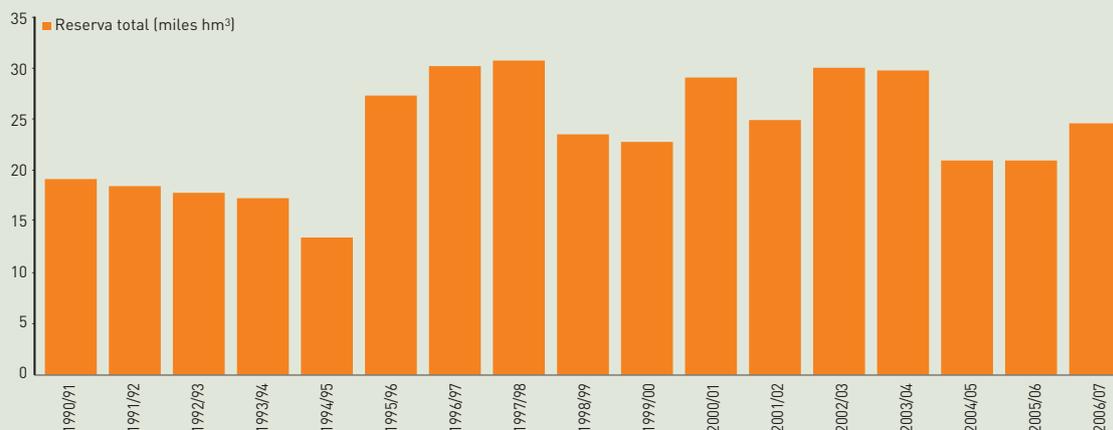
Al término del año hidrológico 2006-2007 las reservas embalsadas no alcanzaron unos niveles que permitieran atender todas las demandas con normalidad, pese a que las precipitaciones registradas en los meses de febrero a mayo permitieran una recuperación de las reservas disminuidas por la sequía de los dos años anteriores.

La reducción de las reservas en los embalses de Entrepeñas y Buendía, en la cabecera del Tajo, comprometió el trasvase del Tajo y representó un riesgo para la agricultura murciana. Para evitar problemas de desabastecimiento del sistema se adoptaron medidas de gestión como la compra-venta de derechos, ahorro de agua y uso de recursos alternativos, como la desalminización y la reutilización de agua.

Evaluación: Entre los impactos del cambio climático se prevé una intensificación de sequías y la disminución de las disponibilidades del recurso. La estrategia hacia la adaptación a los impactos del cambio climático incluye líneas de actuación encaminadas a intensificar las políticas de incremento de oferta de recursos y de gestión de la demanda de agua, potenciando los recursos no convencionales, el aprovechamiento conjunto de distintas fuentes de suministro, la mejora de la eficiencia y la racionalidad en la asignación del recurso.

Para gestionar de forma planificada las sequías se han aprobado en marzo de 2007 los Planes Especiales de Alerta y Actuación ante una Eventual Sequía, enmarcados en la planificación hidrológica de la demarcación, que tienen el objetivo de minimizar los impactos ambientales, económicos y sociales de sequía y la definición de indicadores y umbrales de estados y de los programas de medidas a aplicar según su gravedad.

□ Figura 4.25. Almacenamiento de embalses.



Referencias:

- Ministerio de Medio Ambiente. Boletín Hidrológico.
- Ministerio de Medio Ambiente. *La gestión de la sequía de los años 2004 a 2007*. (2008)
- Ministerio de Medio Ambiente. *Informa balance del año hidrológico 2006-2007*. (2007)



Indicador: Caudales en ríos

Definición y grado de madurez: Caudal anual, en hectómetros cúbicos al año, calculado como suma de los valores medios anuales de caudal en estaciones de aforo seleccionadas. Se han escogido las últimas estaciones de aforo en las desembocaduras de los ríos principales más representativos de cada demarcación hidrográfica que desembocan al mar y en los ríos principales transfronterizos con Portugal.

Se dispone de información correspondiente al periodo 1980-2005.

Relevancia e Interacciones: Es un indicador de estado que mide las aportaciones al mar y a las cuencas portuguesas. En su valor influye la situación meteorológica registrada durante el año, las presiones existentes sobre el uso del recurso, la regulación existente y el régimen de explotación de las infraestructuras hidráulicas. Está relacionado con el mantenimiento de los caudales ecológicos necesarios para la sostenibilidad del recurso y con el mantenimiento de las aportaciones necesarias para la protección de las aguas de transición.

La diversidad y variabilidad de los factores que controlan la respuesta hidrológica hacen que se den situaciones extraordinariamente diversas, con regímenes hidrológicos muy distintos incluso en áreas relativamente próximas.

Situación: En relación a los datos de caudales medidos, correspondientes a régimen alterado, debe indicarse que la mayor parte de las aportaciones han sido inferiores a la media de los valores medios anuales.

La variabilidad hidrológica y la irregularidad del régimen hídrico en el espacio y en el tiempo es uno de los aspectos más destacables de la hidrología de España. Las razones para ello residen en la variabilidad del medio físico (clima, suelos, orografía, etc.). La precipitación es la variable que más influye en las fluctuaciones de las aportaciones de los ríos, pero hay otros factores, como los distintos tipos de suelos, la vegetación, la evapotranspiración y los acuíferos, que condicionan y controlan la respuesta de la cuenca frente a las entradas pluviométricas. En función de las características del régimen de precipitaciones, pero también teniendo en cuenta otras características del clima, como por ejemplo, las que originan la fusión de la nieve,

se puede hablar de un régimen fluvial intranual característico.

Las reducidas lluvias y las elevadas evapotranspiraciones potenciales de los meses de primavera y verano determinan que en una gran parte del territorio no se genere escorrentía en esos meses. El agua que circula por los ríos en esa época es la que procede de la descarga de los acuíferos y cuando éstos no existen la escorrentía es prácticamente nula. Con carácter general se puede decir que el agua que marca la abundancia hídrica de un determinado año en muchas regiones de España es la que precipita en otoño e invierno.

El análisis de la evolución de caudales en estaciones de aforo representa la relación entre la variabilidad temporal en precipitaciones, las características de la cuenca, y sus consecuencias en la variabilidad temporal en la escorrentía.

España presenta una precipitación que equivale al 85% de la precipitación media en la Unión, y una evapotranspiración potencial que es de las más altas del continente, lo que da lugar a uno de los valores de escorrentía más bajos de todos los países considerados (aproximadamente el 60% de la media europea).

Evaluación: Los planes de cuenca fijan, aunque no en todos los casos, unos caudales ecológicos o mínimos. Estos caudales son muy dispares, variando desde el 1% al 10% de la aportación media anual. De su análisis no se desprende, en general, la metodología utilizada para su determinación, aunque en algunos casos no parecen obtenerse de acuerdo con los requerimientos ambientales reales, sino en función de los recursos no utilizados en la satisfacción de otras demandas ya comprometidas, y cuya modificación podría requerir expropiación. Este criterio carece obviamente de fundamento teórico, pero puede resultar acertado para impedir un mayor deterioro del medio hídrico.

Si se pretende recuperar las condiciones primigenias de biodiversidad, especies y ecosistemas anteriores a la detración de caudales del medio, el término podría ser caudal ecológico. Pero si se intenta preservar las condiciones ambientales actuales, se estaría hablando de caudal de mantenimiento, poniendo de manifiesto que cada río es diferente y, por tanto, requiere una metodología individualizada.

□ Figura 4.26. Caudales en ríos.



Referencias:

- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).
- Ministerio de Medio Ambiente. *Libro Blanco del Agua en España*. (2000)



Indicador: Índices de explotación y consumo

Definición y grado de madurez: Índice de explotación: Este indicador adimensional mide la relación entre la demanda de agua y los recursos hídricos en régimen natural. Sólo se dispone de las demandas estimadas para la preparación de los planes hidrológicos de cuenca (estimación de 1998), por lo tanto, sólo varían los recursos hídricos naturales. Indicador de la Agencia Europea de Medio Ambiente que se define como la media anual total de las captaciones de agua dulce, dividido por la media anual de los recursos de agua dulce.

Índice de consumo: Este indicador adimensional mide la relación entre la demanda de agua consuntiva y los recursos hídricos en régimen natural, y se calcula como el cociente entre ambos.

Los datos proceden del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

Se dispone de información correspondiente al periodo 1998/99-2005/06.

Relevancia e Interacciones: Este indicador de estado suministra información sobre la sostenibilidad a largo plazo de las pautas de uso y de explotación de los recursos hidráulicos, teniendo en cuenta los recursos disponibles en su territorio. El índice de explotación es un indicador utilizado por la Agencia Europea de Medio Ambiente.

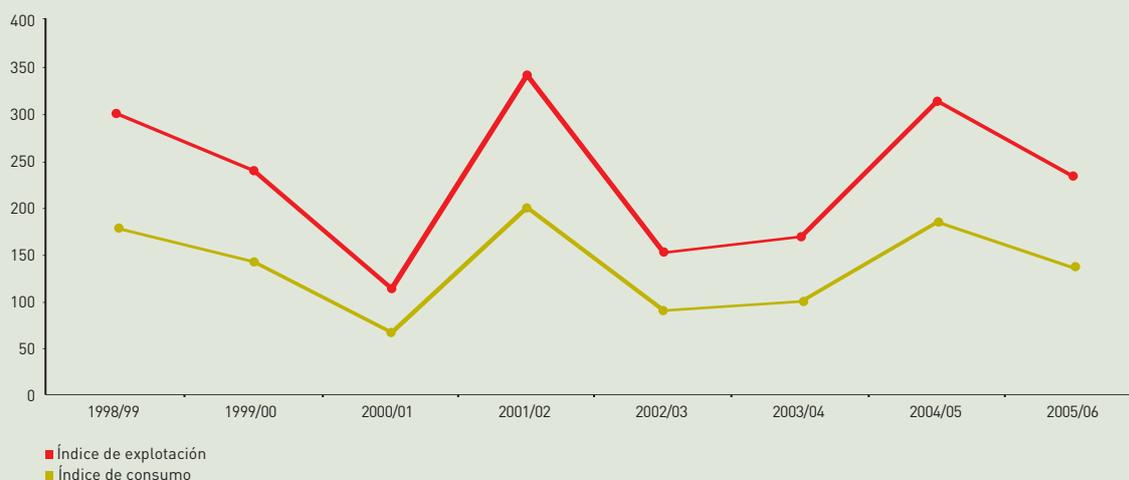
Situación: En el periodo analizado, el 62,5% de los años hidrológicos han presentado valores del Índice de Explotación comprendidos entre el 20% y el 40%, indicadores de una situación de estrés. Coincidiendo con los periodos de mayor sequía registrados, durante tres años se ha superado el valor del 30%.

El Índice de Consumo presenta una evolución paralela al Índice de Explotación, con valores inferiores debido a que no tiene en cuenta los usos no consuntivos, pese a lo cual durante dos años ha registrado valores en torno al 20% o próximos.

Evaluación: El actual sistema de consumo y explotación de recursos genera situaciones de estrés hídrico que se agudizan en periodos de sequía y durante el verano, época en que la extracción es mayor debido a usos agrícolas y al aumento de la demanda provocada por el turismo.

España esta situada -con Alemania, Italia, Chipre, Bélgica y Malta- entre los seis países con mayor estrés hídrico de Europa.

□ Figura 4.27. Índices de explotación y consumo.



Referencias:

- Agencia Europea de Medio Ambiente. *Indicador Índice de explotación de recursos (WQ1)*. (2004)
- MMA. *Libro Blanco del Agua*. (2000)
- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).



Indicador: Productividad del agua en la agricultura

Definición y grado de madurez: El indicador muestra la relación del valor de la producción obtenida por metro cúbico de agua utilizado para conseguirlo. Los datos corresponden al periodo 2000-2006 y están referidos a la Encuesta de Explotaciones Agrarias del INE que estima el volumen de agua de regadío utilizado por las explotaciones agrarias. La encuesta se dirige a 576 comunidades de regantes. Se utiliza como marco de referencia el Catálogo General de las Comunidades de regantes del año 1994 publicado por el Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, actualizado con información procedente del Directorio Central de Empresas del INE (DIRCE), así como otras informaciones complementarias procedentes de registros administrativos del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino y de las comunidades autónomas.

Relevancia e Interacciones: El agua consumida por la agricultura es del orden de un 80% del total utilizado. Este consumo es determinante sobre el agua disponible para los ecosistemas y para el resto de los usos urbanos e industriales. Una gestión razonable de los recursos hídricos en la agricultura es un factor clave de cara a lograr avances notables en la sostenibilidad del sector. Este indicador de estado relaciona la cantidad de agua y la distribución de la misma, con las necesidades de las explotaciones agrarias en la actualidad. Otros datos tales como las pérdidas de agua por conducciones o la calidad de las aguas están relacionados con este indicador.

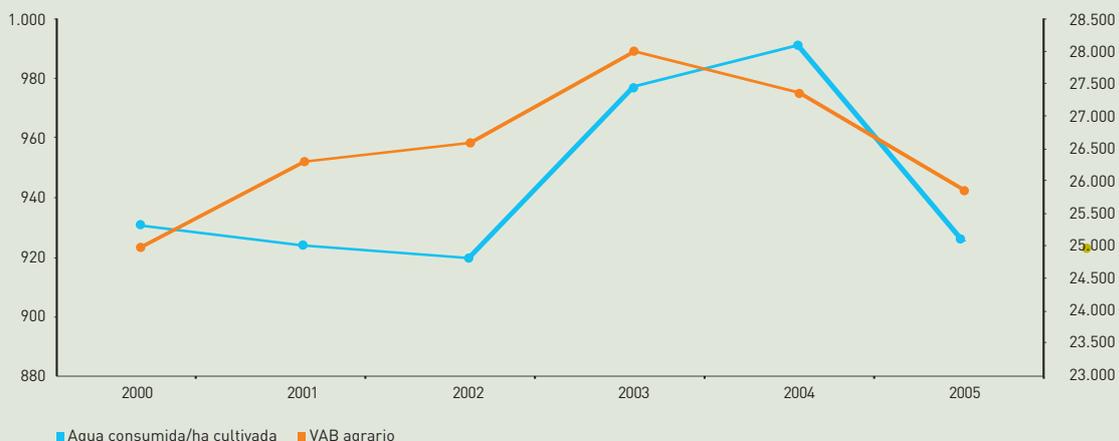
Situación: El consumo de las explotaciones agrarias alcanzó en 2006 (datos publicados en 2008) los 15.864 hectómetros cúbicos, lo que supone un descenso del 4%. La variación respecto al año 2000 respecto al año 2005 que fue del 6,3%. Al mismo tiempo el Valor Añadido Bruto de la agricultura apenas ha aumentado un 0,5% desde el año 2000, sufriendo oscilaciones importantes a lo largo de estos seis años. Tuvo un ascenso hasta el año 2003, año a partir del cuál el VAB agrario desciende. Esto hace que la productividad agraria aumente. Los cultivos herbáceos demandan un mayor consumo de agua (el 44% total) y son lo que, en general, presentan un menor valor añadido bruto.

No hay una relación entre el VAB agrario y el agua consumida por ha. En la figura se aprecia cómo hay tramos (periodo 2000-2002) en los que el VAB aumenta mientras el agua consumida por ha disminuye, periodo en el que como se ve en la figura derecha, la productividad aumenta.

Evaluación: El sector agrícola consume el 80% del agua del país. El VAB de la agricultura no supera el 4% del PIB total aunque algunas CCAA como Extremadura y Castilla-La Mancha superan el 9%. En muchas ocasiones existen importantes posibilidades de ahorro en las instalaciones o en los métodos de cultivo y en los procedimientos de riego. Actualmente el riego por gravedad supone el 45% sobre el total. Hay una influencia clara de la Política Agraria Común que otorga subvenciones mayores a cultivos de regadío haciendo descender la productividad del agua en la agricultura.

El volumen de agua destinada a su distribución a las explotaciones agrícolas tiende a estabilizarse. El Plan Nacional de Regadíos (PNR) 2002-2008, incluye entre sus objetivos modernizar las infraestructuras de distribución y aplicación del agua de riego para racionalizar el uso de los recursos, reducir la contaminación de origen agrario y promover innovaciones en los sistemas de riego para reducir los consumos de agua. La integración de la política agrícola con la política del agua continúa siendo una asignatura pendiente, los esfuerzos realizados no consiguen influir en la elección de cultivos a favor de aquellos con un valor alto por unidad de agua aplicada.

□ Figura 4.28. Relación VAB-Consumo de agua.



Referencias:

- Instituto Nacional de Estadística, *Encuesta del uso del agua en el sector agrario*. www.ine.es
- MAPYA (2006). *Anuario de Estadística Agroalimentaria 2006*. www.mapya.es



Indicador: Estado Hidrológico

Definición y grado de madurez: El indicador *Índice de Estado Hidrológico en función de la incidencia de la sequía* es un indicador integrado elaborado a partir de los valores del Índice en cada sistema de explotación. La ponderación se realiza, para cada demarcación, en función del volumen de la demanda de agua en cada sistema respecto al volumen total demandado en la demarcación. Para el cálculo del índice a nivel nacional se pondera, de forma análoga, el peso de cada demarcación hidrográfica.

Se incluyen los valores de este indicador correspondientes al periodo febrero de 2006-febrero de 2008, aunque se dispone de información correspondiente a años anteriores.

Relevancia e Interacciones: Indicador de estado suministra información sobre la sequía hidrológica derivada de las consecuencias del déficit de precipitaciones (sequía meteorológica) en el sistema hidrológico. Las sequías hidrológicas presentan normalmente un desfase con las sequías meteorológicas. El déficit de precipitación se propaga al ciclo hidrológico, que en su fase terrestre atenúa su variabilidad y regula la respuesta en aportaciones de las cuencas en función del comportamiento de los principales almacenamientos del sistema hidrológico, el suelo y el acuífero. Las situaciones de sequía hidrológica pueden dar lugar a periodos de escasez. El estado de escasez de agua se caracteriza, en un sistema de explotación, por la existencia de necesidades de agua superiores a los recursos disponibles, desequilibrio que puede ser debido a la sequía o a la existencia de demandas elevadas en relación con los recursos disponibles en el territorio.

Situación: En el periodo febrero de 2006-2008 la situación general registrada ha sido de prealerta/alerta de riesgo de sequía hidrológica. En el último periodo de sequía durante los años 2004-2007, las situaciones de emergencia registradas afectaron fundamentalmente a las cuencas del Sureste español, en particular las cuencas de los ríos Segura y Júcar, gran parte de la cuenca del río Guadalquivir y algunas subcuencas del río Guadiana y de la margen izquierda del río Ebro.

Entre los principales problemas presentados, en este último periodo de sequía, en el abastecimiento a poblaciones destacan: En la zona norte las ciudades de Bilbao, Vitoria-Gasteiz y Santander vieron comprometidos sus abastecimientos. En el año 2005-2006, el abastecimiento a Madrid se encontró en situación de sequía severa. En el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir hubo que ejecutar obras de emer-

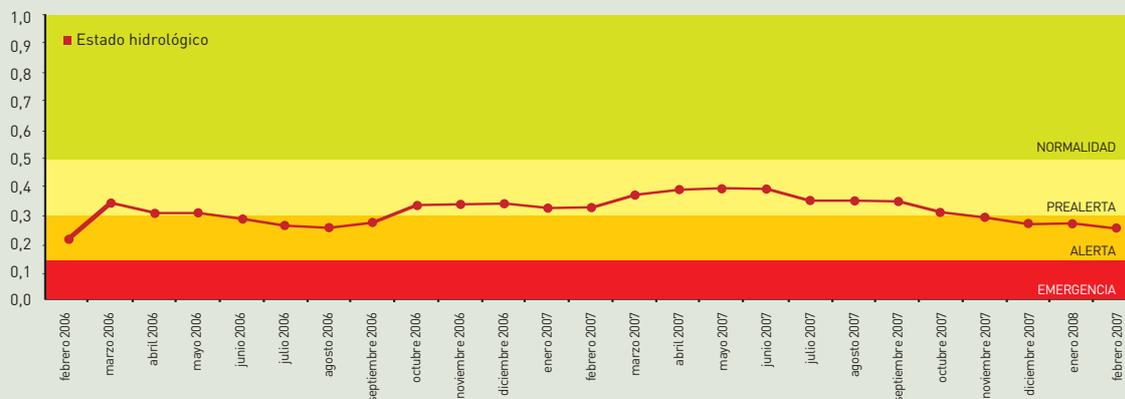
gencia para garantizar el abastecimiento a diferentes sistemas, se registraron situaciones delicadas en el abastecimiento a Puertollano y su complejo petroquímico, el abastecimiento a Sevilla pasó en el último trimestre del año 2005-2006 a la situación de alarma. La escasez de recursos también tuvo repercusiones en el sector agrícola, provocando afecciones a los cultivos, especialmente en los de secano, y restricciones en las dotaciones de riego que en el año 2004-2005 fueron: de hasta un 30% en zonas del Tajo, de un 10% en la cuenca del Guadiana, de un 40% en el Guadalquivir, más de un 60% en algunas zonas del Segura y hasta un 40% en la cuenca del Ebro.

Entre las afecciones de carácter ambiental registradas destacan: la disminución de la calidad de los caudales circulantes en la mayoría de las cuencas, los episodios de mortandad de peces originados por las elevadas temperaturas registradas y el bajo nivel de los embalses, la reducción de los niveles de agua encharcada en el Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel (Ciudad Real), la Laguna de Gallocanta (zona húmeda de importancia internacional del convenio RAMSAR y catalogada Zona de Especial Protección para las Aves) llegó a secarse.

Evaluación: La sequía no está sólo vinculada a una precipitación anómala considerablemente inferior a la normal. En función de las necesidades de los recursos hídricos, las consecuencias de un déficit de precipitación pueden ser diferentes. España es un país con recursos hídricos limitados, por ello se están potenciando las políticas encaminadas al ahorro de agua y a su uso sostenible. La complejidad orográfica de la Península Ibérica da lugar a diferentes grados de sequía en el territorio. El problema se agrava en el arco mediterráneo y en el sur peninsular. Para gestionar de forma planificada las sequías se han aprobado en marzo de 2007 los Planes Especiales de Alerta y Actuación ante una Eventual Sequía, enmarcados en la planificación hidrológica de la demarcación, que tienen el objetivo de minimizar los impactos ambientales, económicos y sociales de sequía y la definición de indicadores y umbrales de estados y de los programas de medidas a aplicar según su gravedad.

Entre los parámetros empleados para configurar las medidas de restricción de suministro se incluyen: las prioridades a la hora de aplicar restricciones de suministro a los diferentes usos y a la atención de requerimientos ambientales, la fase de sequía en la que se aplican esas restricciones y la cuantía de dichas restricciones.

□ Figura 4.29. Estado hidrológico



Referencias:

- Ministerio de Medio Ambiente. *La gestión de la sequía de los años 2004 a 2007*. (2008)
- Ministerio de Medio Ambiente. *Informe balance del año hidrológico 2006-2007*.
- Ministerio de Medio Ambiente. Observatorio Nacional de la Sequía.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. *Planes Especiales de Actuación en Situaciones de Alerta y Eventual Sequía*.



???

Indicador: Cumplimiento de objetivos ambientales. Estado de las masas de agua superficiales (en riesgo).

Definición y grado de madurez: El indicador mide el nivel de riesgo de no alcanzar los objetivos ambientales fijados por la Directiva Marco del Agua para las masas de agua superficiales. El objetivo fundamental es alcanzar un buen estado y el uso sostenible de todas las aguas a más tardar en 2015. Las categorías de aguas superficiales son ríos, lagos, aguas de transición y aguas costeras. La gradación del riesgo es en cuatro niveles: riesgo seguro, riesgo en estudio, riesgo nulo y riesgo sin definir. El indicador se calcula como el cociente entre el número de masas de agua superficiales que se encuentra en cada uno de los cuatro niveles de riesgo considerados y el número total de masas de agua superficiales en cada demarcación hidrográfica o en el conjunto nacional, expresado en tanto por ciento.

Para evaluar este indicador es necesario conocer qué presiones afectan a estas masas y los impactos que se producen como consecuencia de estas presiones. A partir del análisis de presiones e impactos se evalúa el riesgo de que las masas de agua superficiales no alcancen los objetivos medioambientales establecidos para el año 2015.

Los datos corresponden a 2004 y proceden del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

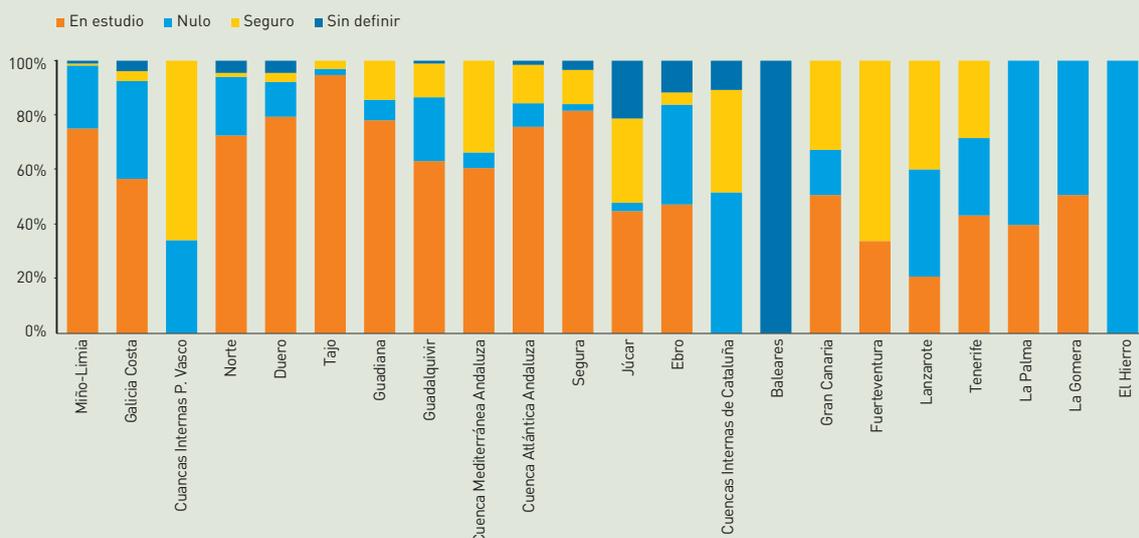
Relevancia e Interacciones: Indicador de estado que mide la presión ejercida por las actuaciones antrópicas sobre la calidad de las aguas superficiales. Salvo las zonas de cabecera de los ríos, la mayor parte de la red de drenaje se encuentra afectada por una u otra presión derivada de la actividad antropogénica, siendo muy pocas las masas de agua libres de presión.

Las presiones más importantes responsables del riesgo en las masas superficiales son las extracciones, sobre todo para regadío, la regulación y la contaminación procedente de fuentes puntuales y difusas.

Situación: Se han identificado un total de 4.630 masas de agua superficiales: 3.792 ríos; 319 lagos; 168 aguas de transición y 351 aguas costeras. El 13,05% de las masas de agua fluviales se hallan en riesgo seguro de incumplimiento; el 22,57%, en riesgo nulo; el 62,95%, está en estudio; y en un 1,42% el riesgo no se ha definido. Como puede observarse en el gráfico, la situación es muy dispar en las diferentes demarcaciones, destacando por presentar el mayor porcentaje de masas de agua superficiales con riesgo nulo (sin contar las insulares) las Cuencas Internas de Cataluña y la Demarcación Hidrográfica del Ebro. El porcentaje de masas superficiales cuyo nivel de riesgo está en estudio es muy elevado en las Demarcaciones del Tajo, Segura, Guadiana, Duero y Norte.

Evaluación: El gran número de masas cuyo riesgo está en estudio hace necesario avanzar en el conocimiento del estado de las masas de agua superficiales. Los programas de medidas necesarios para lograr los objetivos ambientales se deben implantar una vez que se conozca con mayor detalle la situación actual de las masas de agua y la valoración más exacta de sus niveles de riesgo.

Figura 4.30. Cumplimiento de objetivos ambientales. Estado de masas de agua superficiales (riesgo).



Referencias:

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.



Indicador: Contaminación orgánica (DBO₅)

Definición y grado de madurez: El indicador mide el porcentaje de estaciones de la red de control de calidad de aguas superficiales con valores medios de DBO₅ comprendidos en diferentes intervalos. Se expresa como el porcentaje de estaciones, incluidas en cada uno de los intervalos, respecto al total de las estaciones.

La DBO₅ es un indicador de la calidad general del agua y, más concretamente, de la presencia de contaminantes orgánicos. La demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días (DBO₅) mide el consumo de oxígeno que se produce en un agua, conservada a 20 °C de temperatura, por la acción de los microorganismos. Su concentración se expresa en miligramos de oxígeno por litro. Determinados países europeos utilizan la DBO₇.

La concentración de DBO₅ es un indicador consolidado utilizado en las redes de control existentes, para el seguimiento y control de la calidad de las aguas continentales superficiales. Es utilizado también por la Agencia Europea de Medio Ambiente.

Los datos proceden del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Se reflejan los datos correspondientes al periodo 1999-2006, aunque se dispone de datos de periodos anteriores.

Relevancia e Interacciones: Indicador de estado que mide el valor de un parámetro relacionado con la presión de los vertidos y con una serie de impactos potenciales. El principal efecto en el medio receptor de la contaminación por materia orgánica es el consumo de oxígeno disuelto, elemento fundamental para el mantenimiento y desarrollo de la fauna y flora acuática. En general, el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos requiere concentraciones superiores a 5 mg/l. Valores de DBO₅ superiores a 10 mg/l son característicos de aguas contaminadas, e inferiores a 3 mg/l son indicativos de baja contaminación por materia orgánica.

Este indicador mide indirectamente el nivel de depuración y la eficiencia del sistema de depuración existente en una cuenca hidrográfica o en un territorio determinado.

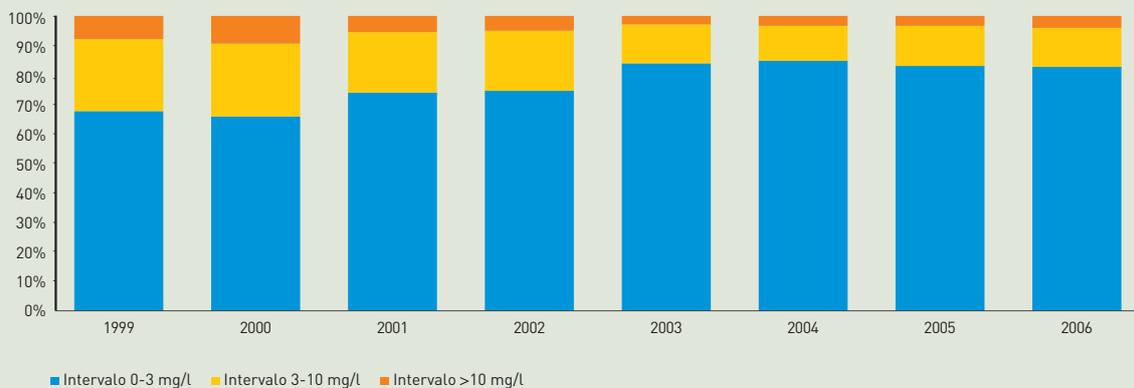
Situación: Desde 1990, se ha registrado una clara tendencia a la disminución de la concentración de DBO₅ en los cauces españoles, especialmente desde 1998, coincidiendo con la ejecución del Plan Nacional de Saneamiento y Depuración. Así, el porcentaje de estaciones con valores medios anuales inferiores a 3 mg/l, indicadores de contaminación débil, ha aumentado desde un 55% en 1997 hasta un 83,5% en 2005, si bien en el año 2006 se ha producido un ligero retroceso hasta el 82,5%. En el año 2005, las estaciones con valores medios anuales superiores a 10 mg/l, característicos de aguas contaminadas, ya sólo representaban el 3,2%, experimentando un mínimo aumento hasta el 3,7% en el 2006.

Por cuencas, en el año hidrológico 2005-2006, las situaciones con porcentajes mayores de estaciones en el intervalo de concentraciones superiores a 10 mg/l, se registraron en el Guadalquivir (20,6%), Segura (9,1%) y Júcar (6,5%).

Evaluación: La mejora experimentada por la calidad de las aguas continentales superficiales en España refleja la disminución de las cargas contaminantes de materia orgánica vertida, como consecuencia de la ejecución de las actuaciones previstas en el Plan Nacional de Saneamiento y Depuración. Sin embargo, la situación en 2006, aunque muy similar a la de 2005, ha experimentado un ligero retroceso, observándose un cierto estancamiento en los cuatro últimos años (2003-2006).

Las previsiones apuntan a una progresiva mejora a medida que se vayan subsanando las actuales carencias en materia de saneamiento y depuración y ejecutando el nuevo Plan de Calidad de las Aguas 2007-2015.

□ Figura 4.31. Contaminación orgánica (DBO₅).



Referencias:

- Ministerio de Medio Ambiente. *La gestión de la sequía de los años 2004 a 2007*. (2008)
- OSE (2007). *Sostenibilidad en España 2007*.



Indicador: Porcentaje de conformidad de las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) con la normativa vigente

Definición y grado de madurez: El indicador se calcula mediante el cociente entre el número de estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas que cumplen los criterios de conformidad establecidos por la legislación vigente (carga contaminante expresada en habitantes equivalentes) y el número total de estaciones de depuradoras de aguas residuales urbanas existentes, expresado en tanto por ciento.

El porcentaje de conformidad de las EDAR es un indicador de funcionamiento y de capacidad para tratar adecuadamente las aguas residuales urbanas. La legislación actualmente vigente en esta materia emana de la Directiva 91/271/CEE, que fija, en su Anexo I, los requisitos de los vertidos procedentes de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas (en valores de concentración o porcentajes de reducción), incluyendo los realizados en zonas sensibles propensas a eutrofización.

Los datos proceden del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Se reflejan los datos correspondientes a los años 1995, 1998, 2000, 2002, 2004 y 2005.

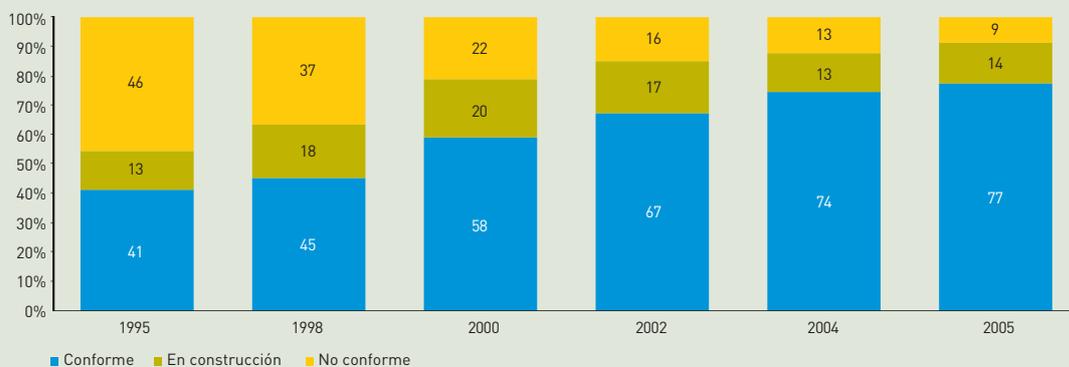
Relevancia e Interacciones: Indicador de estado que mide el nivel de depuración y la eficiencia del sistema de depuración existente en una cuenca hidrográfica o en un territorio determinado. La depuración de las aguas residuales resulta imprescindible para mantener el buen estado de calidad ecológica de las aguas, cumplir con los objetivos de la Directiva Marco del Agua para 2015 y permitir mayores niveles de reutilización.

Situación: El grado de conocimiento del funcionamiento del parque de EDAR existente en el Estado Español es claramente insuficiente. Durante 1995-2005, periodo de ejecución del Plan Nacional de Saneamiento y Depuración, el grado de conformidad de la carga contaminante de las aguas residuales urbanas en España ha aumentado en 36 puntos porcentuales, hasta alcanzar el 77%. En el año 2005, el grado de conformidad se ha incrementado en 3 puntos porcentuales respecto al año anterior, previéndose alcanzar a finales de 2007 el 91%. A pesar de los grandes

avances conseguidos, España no ha cumplido los objetivos de la Directiva 91/271/CEE del año 2005 y se encuentra en posiciones rezagadas en el marco de los países de la UE-15.

Evaluación: La falta de información no permite valorar adecuadamente el actual grado de conformidad con la normativa de las EDAR existentes. Es necesario mejorar el control y vigilancia del funcionamiento de estas instalaciones, cuyo número aumentará en los próximos años a medida que se vayan subsanando las actuales carencias en materia de saneamiento y depuración, especialmente de las aglomeraciones de menos de 2.000 habitantes equivalentes, mediante la ejecución del nuevo Plan de Calidad de las Aguas 2007-2015. Además, el esfuerzo a realizar para adecuar las instalaciones de depuración en las zonas sensibles a las exigencias de la Directiva sobre eliminación de nutrientes es enorme y supondrá la remodelación de un conjunto importante de EDAR.

□ Figura 4.32. Grado de conformidad EDAR.



Referencias:

· Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

4.1.4. Indicadores de impacto



Indicador: Superficie de aridez

Definición y grado de madurez: El indicador mide la superficie árida y semiárida, en kilómetros cuadrados, ocupada por las zonas en que el índice de humedad de la FAO (cociente entre precipitación y evapotranspiración) es igual o inferior a 0,5 (aridez <0,2 y semiaridez= 0,2-0,5).

Los datos se han calculado a partir de los valores medios mensuales obtenidos mediante el modelo de Simulación Precipitación - Aportación (SIMPA), modelo hidrológico distribuido utilizado para la evaluación de los recursos hídricos en régimen natural. Fue desarrollado por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). Se dispone de información correspondiente al periodo 1940-2006.

Relevancia e Interacciones: Este indicador es un factor natural de impacto. La aridez es una situación estructural natural de una región y por tanto permanente, característica de un territorio en el que las precipitaciones son escasas de forma habitual.

Situación: Más de dos terceras partes del territorio español pertenecen a las categorías de áreas áridas, semiáridas y subhúmedas secas. De acuerdo con los resultados del modelo aplicado en el Programa de Acción Nacional contra la Desertificación, el problema de la desertificación se puede considerar grave (grados muy alto y alto) en un 31,5 % de la superficie española. En las zonas de clima árido la vegetación es muy escasa, los procesos de formación de suelo muy lentos, la erosión elevada y no existen redes fluviales organizadas y continuas.

Evaluación: Existe una relación directa entre el proceso de desertificación y una serie de problemas ambientales que pueden llevar a la degradación del suelo fértil hasta convertirlo en desierto improductivo. Los más destacados son: la erosión del suelo, la deforestación, el sobrepastoreo, la falta de agua, la lluvia ácida y la contaminación del suelo. Estos factores, entre otros, pueden conducir a la pérdida de diversidad biológica, biomasa terrestre, bioproduktividad y al cambio climático global, amenazando las prácticas de desarrollo sostenible. A su vez, esto puede conducir a una inestabilidad económica y política acarreado a su vez problemas sociales, tales como la pobreza, la salud, la nutrición deficiente y la falta de seguridad alimentaria.

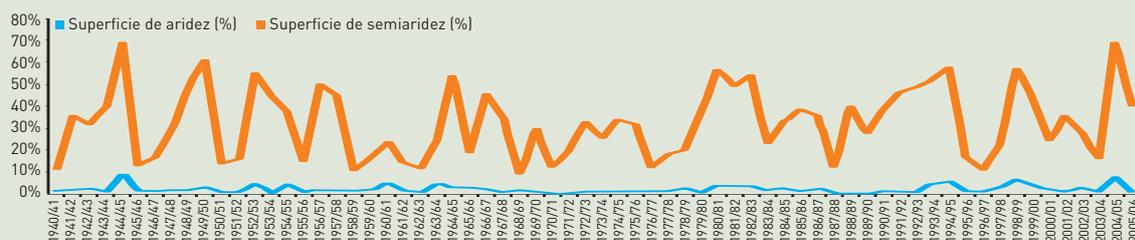
El riesgo de desertificación es máximo en las zonas semiáridas o áridas de las que en España gozamos de una amplia superficie, incrementándose notablemente en las épocas de sequía. Dentro de las acciones humanas que favorecen la desertificación las de mayor influencia o frecuencia son:

- Crecimiento desmedido de las ciudades que provoca un notable incremento puntual del consumo de agua, sobre todo cuando llevan aparejada un área industrial importante. Las necesidades de agua

hacen disminuir los cursos superficiales, y cuando éstos se hacen insuficientes es necesario recurrir a las aguas subterráneas mediante la construcción de pozos que garanticen el abastecimiento. En zonas calcáreas en las que los acuíferos suelen cargarse mediante la presencia de sifones naturales, el agotamiento de un acuífero puede romper la continuidad del sifón y cambiar el curso de forma definitiva, esto provoca la desaparición de manantiales y la sequía de áreas más o menos intensas que provocan cambios en la vegetación y en la evolución y comportamiento del suelo.

- Diseño inadecuado de parques y jardines, sobre todo por la implantación de especies foráneas de mayor consumo hídrico (ejemplo: extensas áreas de césped que requieren un elevado consumo de agua).
- Regadíos mal calculados; se tienen en cuenta los valores medios de precipitación pero no los valles de la misma que es cuando las necesidades de agua se hacen mayores. Cuando existe una sequía prolongada, los primeros años consumen las reservas y a partir de ahí se hace imposible su mantenimiento. Estos efectos se agravan cuando existe una salinización del suelo que, aunque sea incipiente, exige un mayor grado de humedad del mismo para mantener el nivel de absorción de las plantas. Todo ello lleva al abandono de extensas áreas que quedan sometidas a intensos procesos erosivos tras una fuerte degradación física.
- La erosión provoca una disminución del espesor del suelo, una pérdida de coloides orgánicos y minerales y todo ello conduce a una disminución de la capacidad de retención de agua del mismo. La disminución de la reserva hídrica del suelo provoca un menor aprovechamiento de la lluvia y una mayor escorrentía superficial, que incrementa la fuerza erosiva de aquella en los terrenos circundantes lo que conlleva una autoelevación de los efectos degradantes. En ocasiones los procesos erosivos se llevan a cabo por el propio hombre cuando realiza nivelaciones excesivas en los terrenos que van a ser transformados en regadío. En estos casos no es necesaria la intervención de la lluvia, pues el suelo ya ha sido eliminado previamente y sobre todo su capa más fértil.
- En muchas ocasiones se pretende utilizar una zona tradicional de pastos para cultivos, lo que produce una mayor exportación de materia seca que siempre se produce a expensas del consumo hídrico. El agotamiento del agua hace que estas zonas se abandonen con mayor o menor rapidez y los efectos ya los hemos apuntado.
- Incluso cuando se pretende conservar se provocan grandes catástrofes si no se hace con el necesario conocimiento, lo cual es algo excesivamente frecuente. Los aficionados a la conservación suelen ser más sensibles a la vida animal que a la vegetal, y desde luego muy poco sensibles a la edáfica, se interpreta que el suelo es algo muerto y que poco perjuicio se puede hacer allí donde la vida no existe. En este sentido la introducción de especies animales, aisladas en sus respectivas cadenas tróficas, puede dar lugar a una excesiva proliferación que termina con el arrasamiento de la vegetación y la final erosión del suelo.

□ Figura 4.33. Superficie de aridez.



Referencias:

- M^o de M. Ambiente y Medio Rural y Marino. Programa de Acción Nacional contra la Desertificación. Dirección General de Biodiversidad.
- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

4.1.4. Indicadores de respuesta



Indicador: Inversión medidas oferta

Definición y grado de madurez: Presupuesto que destina el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino cada año a actuaciones de gestión e infraestructura del agua, concretamente al programa "Gestión e Infraestructura del Agua", en millones de euros. Las inversiones totales incluyen las inversiones reales y las transferencias de capital externas -partidas destinadas a Administraciones Territoriales, que representan sólo en torno al 4% del total de inversiones en este caso- (capítulos VI y VII de los Presupuestos Generales del Estado) y están sólo referidas a las del Estado y los Organismos Autónomos (OOAA), no incluyéndose las relativas a Sociedades Estatales.

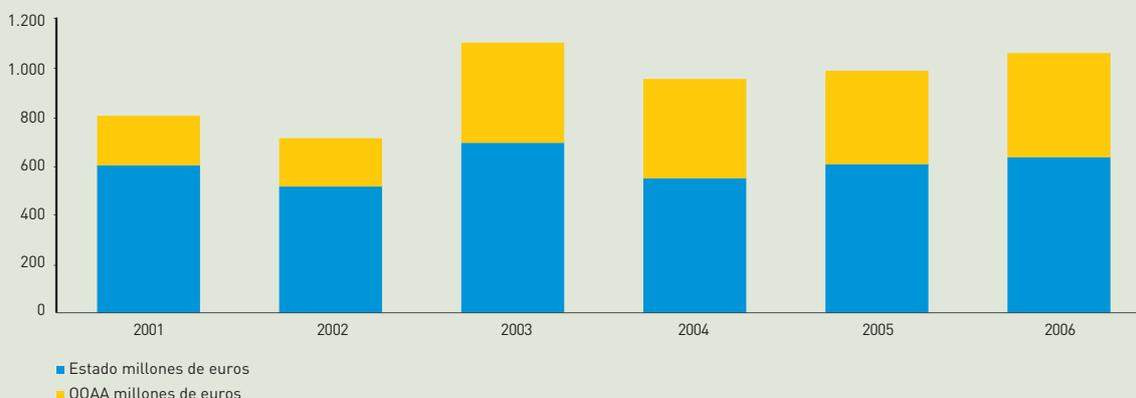
Los datos proceden del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y se dispone de información correspondiente al periodo 2001-2006.

Relevancia e Interacciones: Este es un indicador de respuesta que mide los recursos públicos aportados para mejorar la gestión del recurso agua.

Situación: La financiación de infraestructuras del agua representa el mayor volumen de inversión del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, aunque su importancia relativa va disminuyendo paulatinamente desde 2004. En dicho año, este Programa absorbía el 60,67% del total de las inversiones del Estado y OO.AA., mientras que en 2007 estaba previsto que representara en torno al 57%.

Evaluación: Parece consolidarse en el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino una tendencia hacia el aumento progresivo del presupuesto destinado a actuaciones de contenido netamente ambiental frente a las tradicionales de la obra pública, que son las contempladas por este indicador. La interpretación y el análisis de las dimensiones comparativas en el volumen de gasto deben adoptarse siempre con cierta prudencia y contar con una valoración relativa, ya que un aumento de la inversión no refleja necesariamente una mejora comparativa en la coherencia o en la eficiente asignación de recursos.

□ **Figura 4.34. Inversión medidas oferta. Inversiones totales.**



Referencias:

· Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino



Indicador: Inversión en depuración

Definición y grado de madurez: Se describe como el presupuesto que destina el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino cada año al programa de Calidad del Agua, en millones de euros, programa que incluye las actuaciones en depuración y de gestión del dominio público hidráulico. Las inversiones totales incluyen las inversiones reales y las transferencias de capital externas -partidas destinadas a Administraciones Territoriales, que representan sólo en torno al 4% del total de inversiones en este caso- (capítulos VI y VII de los Presupuestos Generales del Estado) y están sólo referidas a las del Estado y los Organismos Autónomos (OOAA), no incluyéndose las relativas a Sociedades Estatales.

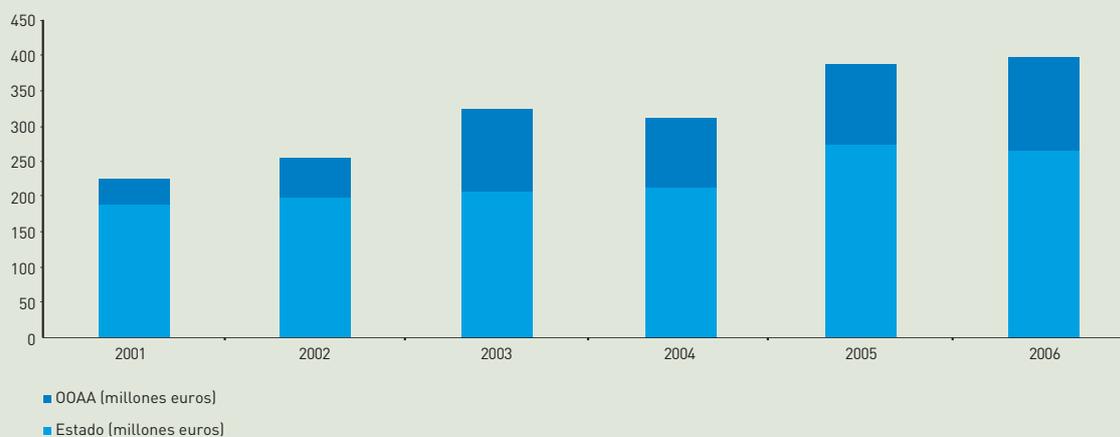
Los datos proceden del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y se dispone de información correspondiente al periodo 2001-2006.

Relevancia e Interacciones: Este es un indicador de respuesta que mide los recursos aportados para mejorar el estado ecológico de las aguas deteriorado por los vertidos de aglomeraciones urbanas. Alcanzar el objetivo del buen estado ecológico de las masas de aguas es una exigencia de la Directiva Marco del Agua para el año 2015.

Situación: Como se observa en la figura, se ha registrado anualmente un crecimiento continuo de las inversiones totales en materia de calidad del agua, excepto en el año 2004. Se observa un incremento de la importancia del programa "Calidad del Agua" dentro de los presupuestos del Ministerio en detrimento de otros programas, como el de "Infraestructuras del Agua" que incluye las grandes obras de regulación. Esto ha sido consecuencia de la reorientación de la política del agua llevada a cabo en la anterior legislatura que se plasmó en el denominado Programa A.G.U.A. Sin embargo, los datos considerados no tienen en cuenta el peso presupuestario creciente de las Sociedades Estatales del Agua, consecuencia de la exigencia de la recuperación de costes en las inversiones que estas Sociedades llevan a cabo, en aplicación de la Directiva Marco del Agua.

Evaluación: A pesar del importante esfuerzo inversor realizado, España no ha alcanzado en plazo todos los objetivos planteados por la Directiva 91/271/CEE. El Plan Nacional de Calidad de las Aguas 2007-2015 contempla una inversión de 19.007 millones de euros, de los cuales el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino aportará un tercio, mediante convenios bilaterales, para colaborar con las Administraciones territoriales en el desarrollo de actuaciones competencia de las mismas y con el fin de cumplir en plazo con las exigencias de las directivas comunitarias. Los objetivos de este nuevo plan se centran en el cumplimiento de los requerimientos todavía no satisfechos de la Directiva 91/271/CEE y la incorporación de los objetivos de la Directiva Marco del Agua y del Programa A.G.U.A.

□ **Figura 4.35. Inversión en depuración. Inversiones totales.**



Referencias:

- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Ministerio de Medio Ambiente. Plan Nacional de Calidad de las Aguas 2007-2015.



Indicador: Número de presas

Definición y grado de madurez: Este indicador mide el número de presas que entran en explotación cada año y el número de presas en activo existentes al final de cada año. Se calcula como la suma del número de presas que han entrado en explotación cada año y como la suma del número de presas que se encuentran en activo al final de cada año.

Los datos proceden del *Inventario Nacional de Presas* del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Se refleja la información correspondiente al periodo 1900-2000, aunque se dispone de información de años anteriores.

Relevancia e Interacciones: El número de presas es un indicador de respuesta que mide los esfuerzos realizados en el desarrollo de infraestructuras hidráulicas básicas, teniendo en cuenta las características del régimen hidrológico español, para satisfacer con garantía y seguridad las necesidades de agua para abastecimiento a población, aprovechamientos hidroeléctricos, usos industriales y regadíos. Las presas también juegan un importante papel en la prevención de riegos de inundaciones, por laminación de avenidas. Es un indicador básico de planificación hidrológica.

Situación: España cuenta con una antigua y extensa tradición en la construcción de este tipo de infraestructuras, y existen, todavía hoy en uso, presas construidas en época romana, como las de Cornalbo y Proserpina, que datan del siglo I.

En el año 2000, el número de presas en servicio superaba el millar (1.133 incluyendo diques laterales). El ritmo de ejecución de estas infraestructuras fue particularmente extenso en las décadas de los años 50 y 60. Hasta 1955 se sostiene un ritmo de unas 4 presas anuales, pasando de las cerca de 60 presas existentes a comienzos del siglo veinte hasta unas 270 en 1950. A partir de este año el ritmo se acelera considerablemente, entrando en servicio una media de 20 presas al año. Entre 1950 y 2000 se construyeron 863 presas, lo que representa el 76% del total existente en esta fecha.

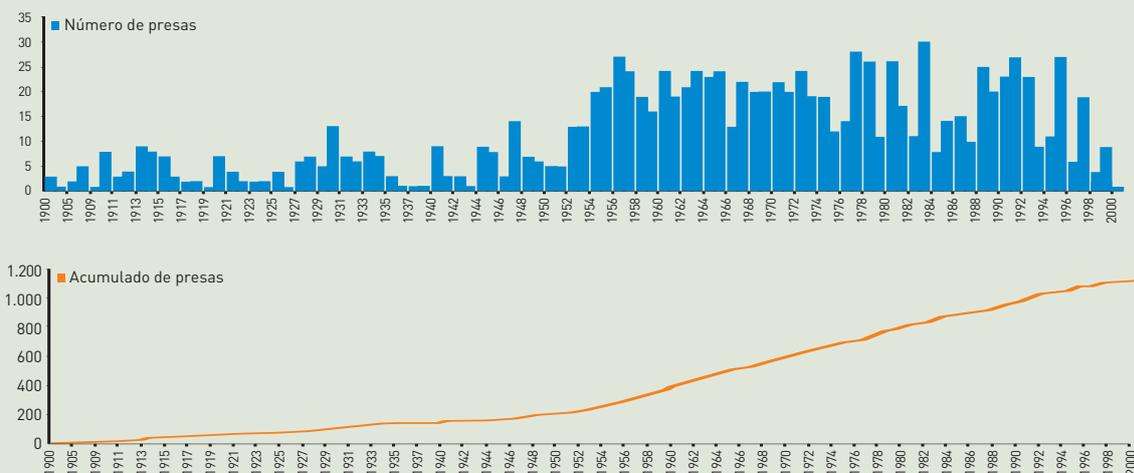
Evaluación: Las presas han constituido tradicionalmente un motor de la economía española, generando el agua regulada en los embalses importantes beneficios económicos. Pero su construcción y funcionamiento generan importantes impactos y las posibilidades de construir nuevas presas y de regular los recursos son cada vez más limitadas. La nueva cultura del agua se acerca al recurso agua no como una fuente de subsistencia sino como un elemento de calidad de vida y disfrute.

En esta nueva cultura del agua garantizar su disponibilidad en cantidad y calidad suficiente, armonizando su uso con su salvaguarda, continuará siendo uno de los principales retos. La construcción de nuevas presas seguirá siendo necesaria pero con un enfoque radicalmente diferente al seguido tradicionalmente a lo largo del siglo veinte, según el cual el agua era un recurso que había que regular. La protección de los ecosistemas es una de las garantías esenciales de la sostenibilidad del recurso. La construcción de nuevas presas constituye una línea de actuación complementaria con otras como las de gestión de la demanda, la reutilización de aguas residuales, la utilización de aguas desaladas y con la necesaria conservación y mantenimiento de las infraestructuras hidráulicas.

El gran esfuerzo realizado en la construcción de presas no se ha correspondido con el necesario esfuerzo de mantenimiento y seguridad de estas infraestructuras. El Ministerio de Medio Ambiente puso en marcha, en el año 2006, un programa de conservación y mantenimiento de las grandes presas de titularidad estatal (unas 229), un programa de adecuación de estas presas a la normativa de seguridad y un programa para la implantación de sistemas de alarma y aviso a la población, que supondrá una inversión de unos 544 millones de euros hasta el año 2011.

La reforma prevista de la Ley de Aguas incorpora un capítulo específico sobre la seguridad de la presa y su embalse, y viene a resolver el problema pendiente de la seguridad jurídica de presas y embalses, estableciendo las obligaciones y responsabilidades de sus titulares, los procedimientos de control de la seguridad y las funciones que corresponden a la Administración pública.

□ **Figura 4.36 y 4.37. Nuevas presas en explotación y Número presas en activo.**



Referencias:

- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. *Inventario Nacional de Presas*.
- Ministerio de Medio Ambiente. *Libro blanco del agua en España*. (2000)



Indicador: Capacidad de embalse

Definición y grado de madurez: El indicador mide el volumen total, en miles de hectómetros cúbicos (miles de hm^3), de los embalses en activo existentes. Su cálculo es la suma de la capacidad máxima almacenable por los embalses en activo existentes. Incluye los embalses de uso consuntivo y los destinados a la generación de energía hidroeléctrica.

Los datos proceden del Boletín Hidrológico del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Se refleja la información correspondiente a los años hidrológicos 1990-2007, aunque se dispone de información de años anteriores.

Relevancia e Interacciones: La capacidad de embalse es un indicador de respuesta que mide los esfuerzos realizados en la regulación de los recursos hídricos. Está relacionado con el número de presas en activo. En su valor influye la antigüedad de las presas y el mantenimiento realizado. La decantación de los arrastres de sólidos provoca con el tiempo una pérdida de la capacidad de embalse. Es un indicador básico de planificación hidrológica.

Situación: La capacidad de almacenamiento total de los embalses actualmente en servicio en España supera los 54.000 hm^3 . Su evolución ha ido en paralelo con incremento del número de embalses, aunque con ligeras diferencias. Hasta 1950, la capacidad de embalse varía de forma análoga al número de presas pero a partir de ese año y hasta 1970, la capacidad crece más rápidamente que el número de presas, al construirse en ese periodo presas de gran capacidad. Desde 1970, el crecimiento de la capacidad vuelve a ser menor hasta finales de los ochenta, en que entra en funcionamiento la presa de la Serena.

Entre los años 1950 y 1960 la capacidad de almacenamiento se elevó desde unos 6.000 hasta unos 37.000 hm^3 , con una media entre 1955 y 1970 de casi 2.000 nuevos hm^3 cada año.

Entre 1990 y 1999 el crecimiento de la capacidad de almacenamiento se sostuvo a un ritmo de unos 550 hm^3 anuales. A partir de este año se observa un estancamiento de la tendencia hasta el año 2006, en que se registró un incremento del orden de 1.000 hm^3 .

En septiembre de 1996, la mayor parte de la capacidad de almacenamiento (del orden del 98% del total) se concentraba en los 300 embalses con capacidad superior a 10 hm^3 . Los embalses de menor capacidad, mucho más numerosos, representaban una pequeña fracción de la capacidad de almacenamiento.

La distribución de la capacidad de almacenamiento varía entre las diferentes cuencas. En las cuencas del Tajo, Guadiana y Segura la capacidad de almacenamiento es superior a las aportaciones naturales totales de un año medio. En el otro extremo se situarían la Cornisa Cantábrica, Canarias y Baleares, con una capacidad muy reducida en comparación con los recursos naturales.

Otra cuestión destacable es la desigual participación territorial de la iniciativa pública y privada en la ejecución de presas. En la Cornisa Cantábrica, Duero y Tajo predominan los embalses ejecutados y gestionados por concesionarios, fundamentalmente hidroeléctricos. En las cuencas más meridionales, Guadiana, Guadalquivir, Mediterráneas Andaluzas y Segura, la práctica totalidad de la capacidad de embalse corresponde a embalses de iniciativa pública.

Evaluación: La capacidad de almacenamiento de los embalses en activo existentes es del orden de un 50% de la aportación natural total de un año medio.

El incremento continuo de la capacidad de almacenamiento de embalses ha sido la medida tradicional para hacer frente a las situaciones de sequía y a los desequilibrios existentes entre los recursos disponibles y las demandas existentes para diferentes usos. Sin embargo, es poco frecuente que los embalses se llenen por completo. La elevada capacidad de embalse existente en España permite superar secuencias secas inferiores al año sin que se produzcan problemas para satisfacer las demandas; mientras que en otros países del entorno, con regímenes de precipitaciones más regulares y mayores recursos disponibles, con menor capacidad de regulación no existe capacidad para superar secuencias secas inferiores al año.

En el futuro, las posibilidades de continuar aumentando la capacidad de embalse son limitadas. El mantenimiento de los ecosistemas hídricos, de los recursos pesqueros y de las playas y los deltas, exige que el agua dulce y los sedimentos que arrastra lleguen al mar en cuantía significativa.

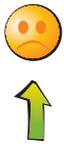
El incremento continuo de la capacidad de embalse no debe considerarse como la única respuesta. El desafío de la gestión del agua en los próximos años pasa por un consenso basado en el conocimiento científico y técnico y que permita avanzar en la reducción de las necesidades y en la utilización conjunta de fuentes alternativas (como la desalación y la reutilización) y tradicionales.

□ Figura 4.38. Capacidad de embalse.



Referencias:

- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Ministerio de Medio Ambiente. *Libro blanco del agua en España*. (2000)



Indicador: Volumen total de agua reutilizada

Definición y grado de madurez: El indicador mide el volumen diario de agua que es reutilizado, en hm³. Se calcula sumando el volumen de agua residual depurada que ha sido reutilizada al día. La reutilización exige un tratamiento de regeneración de las aguas residuales para alcanzar los niveles de calidad sanitaria y ambiental necesarios para el uso que se destina.

Los datos proceden de la encuesta sobre el suministro y tratamiento del agua del Instituto Nacional de Estadística (INE). A partir del año de referencia 2004 se producen algunas variaciones en los datos de los apartados de recogida y tratamiento de aguas residuales debido a un cambio metodológico. Se ha procedido a incorporar en estos apartados las aguas residuales no procedentes de las red de distribución (pluviales, extracción propia u otras procedencias), mientras que la estadística del año 2003 inclusive, se recogía exclusivamente la información sobre las aguas residuales procedentes de la misma red de distribución. No incluye distribución de agua en alta.

Se dispone de información correspondiente al periodo 1996-2005.

Relevancia e Interacciones: Este indicador de respuesta mide la cantidad de agua depurada que es reutilizada. Con la utilización del agua depurada se obtiene un recurso no convencional que permite liberar agua de mejor calidad para otros usos.

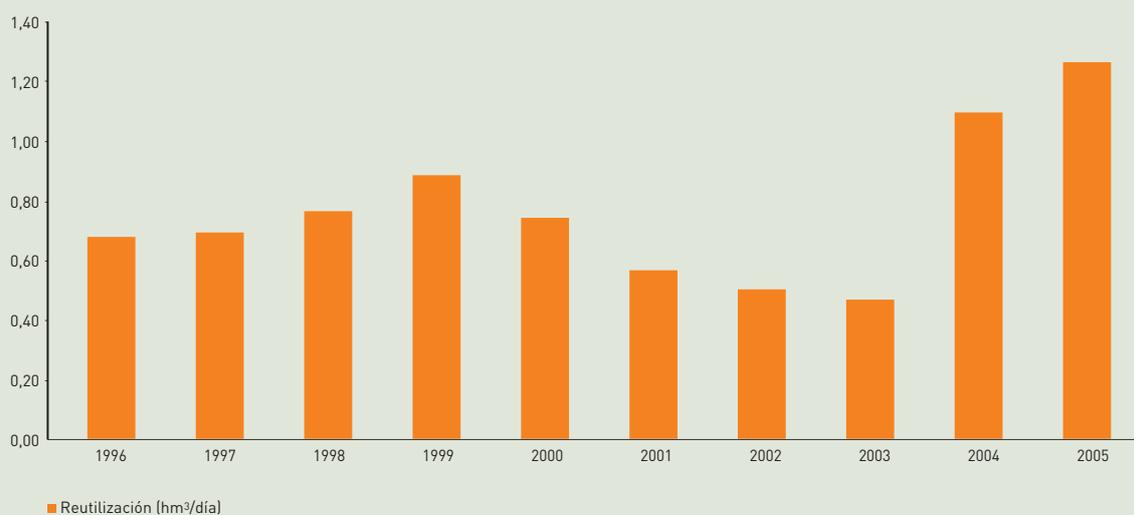
Situación: Según el INE, el volumen de agua reutilizada se ha duplicado en nueve años, superando los 1,2 millones de metros cúbicos diarios en 2005. Esta tendencia creciente no ha sido constante, destacando el importante incremento experimentado en los años 2004 y 2005. De acuerdo con el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, se reutilizan anualmente entre 400 y 450 hectómetros cúbicos sobre 3.400 hectómetros cúbicos de aguas depuradas. El 80% del agua reutilizada se destina a riego agrícola.

Evaluación: La práctica de la reutilización de las aguas residuales depuradas es todavía escasa debido al rechazo de los potenciales usuarios. Aunque el volumen total de aguas residuales que son depuradas ha aumentado significativamente en los últimos años, no ocurre lo mismo con el porcentaje de agua que es reutilizada sobre el total de agua depurada.

Con las actuaciones que prevé poner en marcha el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, la cantidad de agua que actualmente se reutiliza se triplicará en el horizonte del año 2015, fecha en la que se llegará a reutilizar 1.200 hectómetros cúbicos. Recientemente se aprobó el Real Decreto 1620/2007, que además de establecer el régimen jurídico de reutilización de las aguas depuradas, pretende impulsar las prácticas de reutilización.

En las cuencas mediterráneas, el Programa A.G.U.A. prevé incrementar las disponibilidades hídricas en unos 200 hm³ anuales mediante la reutilización de aguas residuales depuradas.

□ **Figura 4.39.** Volumen total de agua reutilizada.



Referencias:

- Instituto Nacional de Estadística
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.



Indicador: Volumen de agua desalada

Definición y grado de madurez: El indicador mide el volumen total de agua anualmente desalada en España, en hectómetros cúbicos (hm³).

Los datos proceden de la encuesta sobre el suministro y tratamiento del agua del Instituto Nacional de Estadística (INE). Se dispone de información correspondiente al periodo 1996-2005. Estos datos se refieren exclusivamente al agua captada para desalación en las propias instalaciones de las entidades dedicadas a la captación, depuración y distribución de agua. No incluye el agua desalada en otras instalaciones, adquirida por las empresas una vez tratada, ni considera aquellas entidades que realizan exclusivamente el suministro de agua en alta, a urbanizaciones o grupos turísticos independientes de los centros urbanos, o que distribuyen el agua al sector agrario. Por lo tanto, estos datos no muestran cómo está evolucionando realmente la desalación en España.

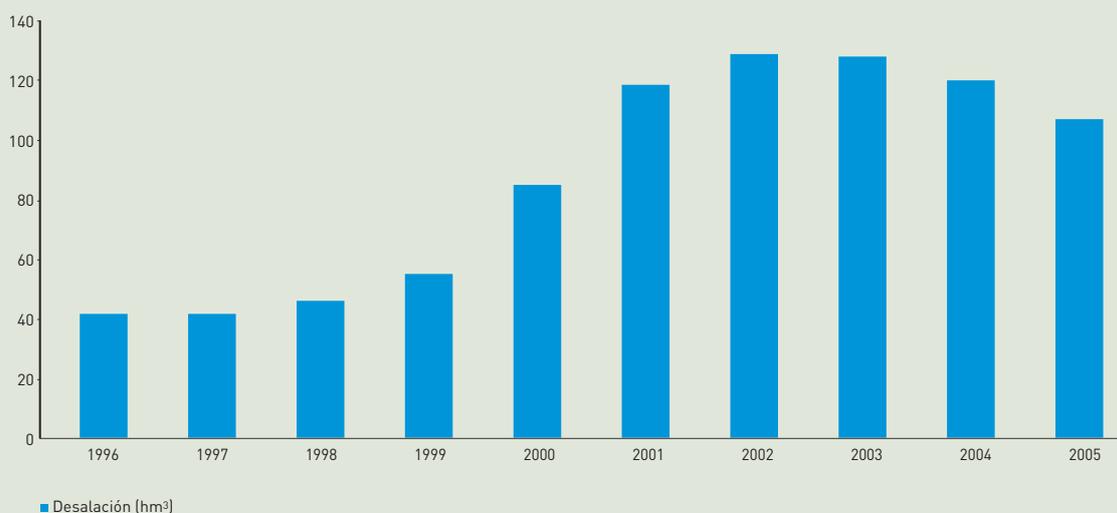
Relevancia e Interacciones: Este indicador de respuesta mide la cantidad de agua marina o salobre que se desala para su posterior consumo. Ante la escasez de recurso, la desalación es una de las acciones que contribuyen a disminuir la presión que sufren las aguas continentales, de ahí la importancia de su evolución.

Situación: La tecnología de desalación ha experimentado en los últimos años un enorme desarrollo, lo que ha permitido obtener agua dulce (con un contenido de sales inferior a 500 ppm) a un coste que permite que sea una fuente de recurso de elevada calidad en zonas de escasez de agua. En la actualidad existen en España más de 700 instalaciones funcionando con una capacidad de desalación de más de 3,3 millones de m³ al día. El agua desalada se destina principalmente al sector doméstico, seguido por el agrícola y el industrial. En 2004, el volumen de agua desalada suponía 1,4 hm³/día (el doble que en 2000) y representaba el 2% de los usos consuntivos. Esta ten-

dencia no se ve reflejada en los datos que proceden del INE y que se indican en la figura, en los que la producción se estabiliza en torno a 120 hm³ anuales durante el periodo 2001-2004, reduciéndose ligeramente en 2005.

Evaluación: España es un país puntero en materia de desalación. El Programa A.G.U.A. (Actuaciones para la Gestión y la Utilización del Agua) ha apostado claramente por estas tecnologías, y prevé incrementar las disponibilidades hídricas de las cuencas mediterráneas en unos 1000 hm³/año, de los cuales el 50% se obtendría por desalación y desalobración mediante la ampliación y/o renovación de las plantas existentes y la construcción de otras nuevas, cuya entrada en servicio está prevista para 2008. Un objetivo concreto del programa es alcanzar una producción de 621 hm³ de agua desalada al año.

□ Figura 4.40. Volumen de agua desalada.



Referencias:

- Instituto Nacional de Estadística.
- Ministerio de Medio Ambiente. *Perfil Ambiental de España 2006*.
- Ministerio de Medio Ambiente. *Libro Digital del Agua*.



Indicador: Eficiencia del uso urbano del agua

Definición y grado de madurez: El indicador mide la diferencia entre el volumen total de agua abastecida y el volumen total de agua distribuida no controlada por las empresas y entidades de distribución, se expresa como porcentaje del volumen total de agua distribuida. En la valoración del "agua distribuida no controlada" no se incluyen las pérdidas en aducción ni los autoconsumos del sistema de captación, potabilización y distribución de agua.

En el concepto de agua distribuida y no controlada en la red de distribución de abastecimiento público urbano, se engloba la totalidad del agua no registrada e incluye las fugas de las redes de distribución, las pérdidas debidas a averías o roturas provocadas por obras, el agua utilizada en usos públicos -como riego de jardines o limpieza de calles- o por instalaciones municipales no controlada mediante contadores, los errores de precisión de las lecturas de los contadores y las acometidas ilegales.

Los datos proceden de la encuesta sobre suministro y tratamiento del agua en España realizada por el INE.

Se dispone de información correspondiente al periodo 1996-2005.

Relevancia e Interacciones: Es un indicador de respuesta que mide la eficiencia en la gestión de las redes de distribución de abastecimiento público. Aumentar la eficiencia de los sistemas de distribución mediante la reducción de las pérdidas de agua y el control adecuado de los consumos, es una cuestión fundamental para lograr un uso urbano sostenible del recurso y para la aplicación del principio de recuperación de costes establecido en la Directiva Marco de Agua. Este indicador está directamente relacionado con el indicador "Agua Perdida en la Red de Distribución de Abastecimiento Público" de la Agencia Europea de Medio Ambiente.

Situación: La eficiencia media de las redes de distribución de abastecimiento público ha mejorado en el periodo 1996-2005 aumentando en dos puntos porcentuales, pese a la reducción registrada entre los años 1997-2000, alcanzando en el año 2005 un valor del 82,1 %.

Pese a esta mejoría, la cantidad "de agua distribuida no controlada" por los sistemas de abastecimiento urbano continúa siendo importante, del orden de 900 hm³/año.

En España, de acuerdo con el informe de la OCDE, el control del uso urbano de agua mediante contadores es superior al 97%, pero un 19% del parque de contadores instalado tiene una antigüedad superior a los 10 años, según la encuesta realizada por AEAS, y un 37% entre 5 y 10 años. La antigüedad del parque influye en el margen de error de las lecturas. El volumen de agua no controlado debido a estos errores se estima en un 18% del volumen total no registrado.

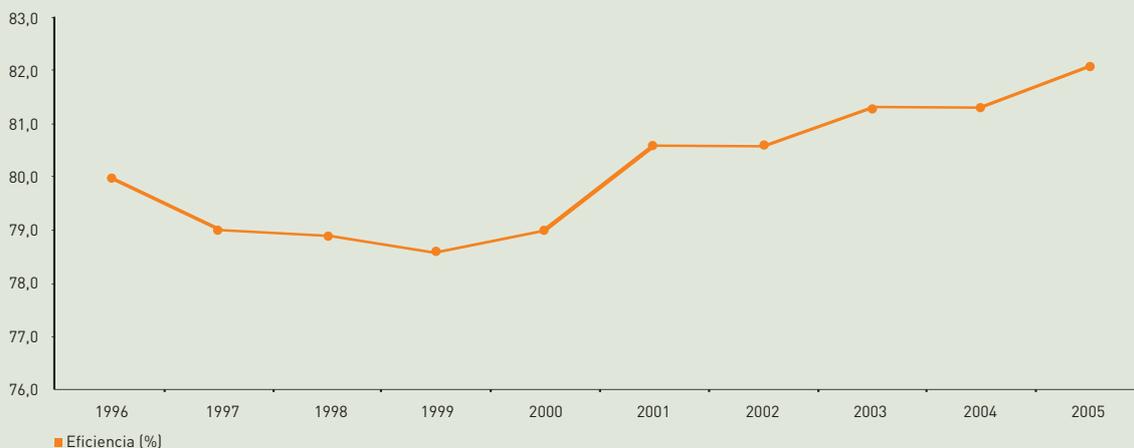
El volumen de las fugas en la red de abastecimiento y del agua no controlada utilizada en usos públicos se estima del orden de un 78% del volumen no controlado y el fraude en un 4%.

En el año 2005, las comunidades autónomas con menor eficiencia en la gestión de las redes son Ceuta y Melilla (58,8%), Comunidad Valenciana (75,8%), Aragón (75,9%), Extremadura (77,4%), Cantabria (79,7%) y Baleares (79,8%). Entre las de mayor eficiencia destacan Asturias (87,7%), Región de Murcia (87,7%), País Vasco (87,6%), Comunidad de Madrid (87,0%) y La Rioja (83,7%).

Evaluación: La gestión sostenible de los sistemas de abastecimiento público urbano requiere reducir al máximo el volumen de agua no controlada para que se haga imprescindible la reducción de fugas y averías de las redes de distribución, mediante su mantenimiento preventivo y su adecuada renovación, y el control de los consumos para la aplicación de medidas de gestión de la demanda, como el precio y sistema de tarifas.

Es destacable la ausencia de información y datos sistemáticos sobre la eficiencia del conjunto del sistema de captación, potabilización y distribución de agua.

□ Figura 4.41. Eficiencia red de distribución.



Referencias:

- Instituto Nacional de Estadística, 2008. *Encuesta sobre suministro y tratamiento del agua en España.*
- OCDE (2004). *Análisis de los resultados medioambientales. España.*
- AEAS (2004). *Suministro de agua potable y saneamiento en España (2002). VIII Encuesta nacional.*
- OSE (2007). *Sostenibilidad en España 2006.*



Indicador: Precio medio del agua para usos domésticos e industriales

Definición y grado de madurez: El indicador mide el pago (euros) por unidad de consumo (m^3 de agua) para uso doméstico (uso de los hogares para la satisfacción de las necesidades básicas) o industrial, que debe satisfacer un usuario de acuerdo al sistema tarifario vigente para cada aglomeración o núcleo urbano. Los conceptos recogidos en la factura comprenden tanto el servicio de suministro de agua (abastecimiento) como los servicios de saneamiento y depuración de aguas residuales.

Los datos proceden de la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS) y se dispone de información correspondiente al periodo 2002-2006.

Relevancia e Interacciones: Indicador de respuesta. El importe que pagan los usuarios por el agua incide sobre el uso eficiente y sostenible del recurso por parte de la sociedad en su conjunto. Cuanto mayor sea el precio del agua, mejor uso se hará de la misma.

Situación: En términos corrientes, las tarifas del servicio de "ciclo integral" de los servicios urbanos del agua para uso doméstico crecieron un 19,55% de media en toda España durante el periodo 2002-2006, situándose la subida más acusada en Cantabria (con valores próximos al 78%) y produciéndose un descenso del precio en la Comunidad Canaria. Mientras, durante el mismo periodo, las tarifas para uso industrial crecieron un 17,69% de media en toda España, experimentándose la subida más notable en Asturias (con valores que superan el 56%) y el más bajo en el País Vasco, donde no existió prácticamente variación de precio en el periodo considerado.

El crecimiento medio anual durante el periodo 2002-2006 fue del 4,57% para los servicios de uso doméstico y del 4,16% para los de uso industrial. Este crecimiento se ha debido fundamentalmente al aumento del precio por el concepto de servicio de saneamiento. En cualquier caso, en términos anuales a precios constantes, los precios de los servicios domésticos del agua apenas han experimentado un ligero crecimiento entre 2002 y

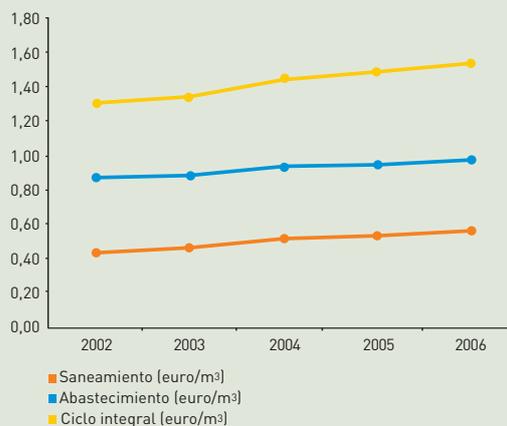
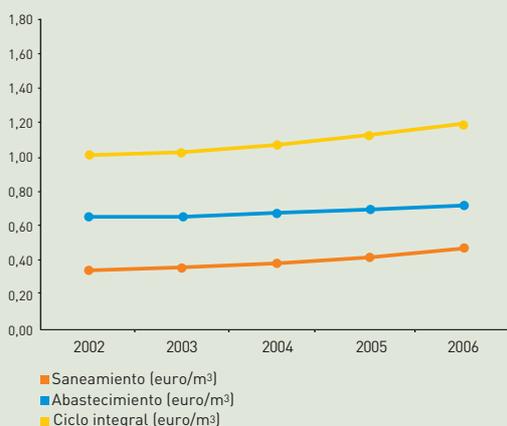
2006, pasando de 1,00 euros/ m^3 en 2002 a 1,06 euros/ m^3 en 2006, en términos de precios constantes.

La media del precio por prestación de estos servicios en el caso del agua para usos domésticos se situó en 2006 en 1,20 euros/ m^3 , oscilando entre los 0,68 euros/ m^3 de Castilla y León y los 1,96 euros/ m^3 de la Región de Murcia. En el caso del agua industrial, los precios medios en el mismo año fueron del orden de 1,53 euros/ m^3 , variando entre los 0,89 euros/ m^3 de 2006 de Castilla y León y los 3,48 euros/ m^3 de las Islas Baleares.

Evaluación: A pesar del incremento de precios de los servicios domésticos e industriales de agua experimentado en España, los precios actuales están todavía muy alejados de los de los países del entorno (la media en Europa para este indicador se sitúa en 3,5 euros/ m^3) y el gasto en agua ha perdido participación en los gastos totales por los suministros a la vivienda. Sólo en las comunidades insulares, Cataluña y Región de Murcia los precios se han mantenido durante todo el periodo con precios superiores a la media nacional (tanto para usos domésticos como industriales), zonas que en general coinciden con las áreas de mayor escasez de recursos hídricos.

Tanto las exigencias de la Directiva Marco del Agua relativas a la recuperación de costes como las cuantiosas inversiones a realizar en los próximos años en materia de suministro y saneamiento, hacen prever un incremento progresivo de precios por encima del nivel de inflación.

□ Figura 4.42 y 4.43. Precio agua (uso doméstico) y precio agua (uso industrial).



Referencias:

- Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS)
- Ministerio de Medio Ambiente. *Informe sobre la situación actual y evolución de los ingresos y tarifas de los servicios urbanos del agua, 2007*
- OSE 2007. *Sostenibilidad en España 2007*.



Indicador: Superficie del territorio incluida en la Red Natura 2000

Definición y grado de madurez: El indicador mide la superficie del territorio, en miles de hectáreas, incluida en la Red Natura 2000, que incluye Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) / Zonas Especiales de Conservación y Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) designados y gestionados en España en aplicación de las Directivas Hábitat y Aves. Su cálculo es la suma de las superficies catalogadas como LIC y ZEPA, en miles de hectáreas. Es un indicador de respuesta.

El indicador se ha elaborado a partir de datos del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Se dispone de información correspondiente al periodo 1987-2004.

Relevancia e Interacciones: Es un indicador de respuesta incluido en la batería de *Streamlining 2010 European Biodiversity Indicators* (SEBI 2010) y uno de los principales indicadores de la Agencia Europea de Medio Ambiente. La meta de Natura 2000 es incorporar a su red los lugares más destacados de Europa en cuanto a biodiversidad se refiere, configurándose así como un red ecológica europea de Zonas Especiales de Conservación (ZEC). Esta red complementa a otras áreas naturales protegidas nacionales, regionales y locales.

La Red Natura 2000 tiene la finalidad de asegurar la supervivencia a largo plazo de las especies y los hábitats más amenazados de Europa, contribuyendo a detener la pérdida de biodiversidad ocasionada por el impacto adverso de las actividades humanas. Es el principal instrumento para la conservación de la naturaleza en la Unión Europea. Una gestión adecuada de los espacios incluidos en la Red Natura es imprescindible para que sean efectivas el resto de las políticas orientadas a la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad.

Este indicador está relacionado con todas las acciones de conservación de la biodiversidad y es fundamental para la adaptación de los ecosistemas al cambio climático.

Situación: En el periodo considerado (1987-2004) se ha producido un salto cuantitativo muy significativo en el incremento de la superficie Red Natura a partir del año 1996, en el que se inicia una tendencia ascendente que se mantiene en la actualidad y que muestra una evolución positiva para el cumplimiento de

los objetivos de conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres calificados de interés comunitario.

La superficie total incluida en la Red Natura 2000 en España asciende a 14.099.213 ha, de las cuales aproximadamente 13.351.345 ha corresponden al ámbito terrestre - lo que supone el 26,3% del territorio nacional- y unas 747.868 ha al ámbito marino. Existen un total de 561 Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) y 1.381 Lugares de Importancia Comunitaria (LIC).

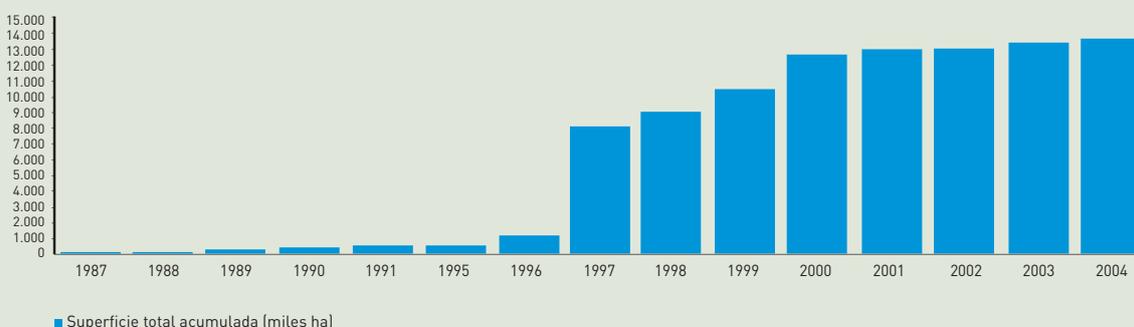
Andalucía es la Comunidad Autónoma que tiene mayor número de LIC y de superficie total protegida bajo esta figura, mientras que para las zonas ZEPA es Extremadura la Comunidad Autónoma que cuenta con el mayor número de zonas declaradas con esta figura y Castilla y León la que presenta una mayor superficie total ZEPA.

Sobre el conjunto de la Red Natura 2000 en la UE-25, España aporta, a fecha de 1 de diciembre de 2006, el mayor porcentaje de la superficie total de los LIC, con un 21,2%, y de la superficie total de las ZEPA, a la que contribuye con un 20,3%.

Evaluación: En España la situación es muy positiva en cuanto a la superficie terrestre total ya incluida en la Red Natura 2000, en correspondencia con su gran riqueza en tipos de hábitat natural y especies silvestres. Sin embargo, se debe intensificar la designación de lugares marinos y la elaboración, aprobación y aplicación de los instrumentos de gestión de los lugares que conforman la Red. La gran superficie de la Red en España implicará necesariamente cambios en el modelo actual de desarrollo rural y de utilización del territorio.

La Ley 42/2007, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad establece el régimen jurídico básico de conservación, uso sostenible, mejora y restauración del patrimonio natural y de la biodiversidad española y especifica que los Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) y la Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) tendrán la consideración de espacios protegidos con la denominación de "espacio protegido Red Natura 2000" y con el alcance y las limitaciones que las Comunidades Autónomas establezcan en su legislación y en los correspondientes instrumentos de planificación.

□ **Figura 4.44. Evolución superficie Red Natura.**



Referencias:

- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- OSE (2007). *Sostenibilidad en España 2007*.

4.2. Indicadores de aguas subterráneas

4.2.1. Indicadores de presión

Clasificación		Indicador	Definición	Relevancia y grado de desarrollo	Referencias (Ver referencias finales del informe)
Estado cuantitativo		Índice de explotación	Se obtiene de la base de datos de las concesiones del Organismo de Cuenca correspondiente. Se considera una presión significativa cuando la extracción total de agua subterránea supera el 20 % de los recursos asignados. Cuando no existen recursos asignados, se considera presión significativa si la explotación supera los siguientes valores: <ul style="list-style-type: none"> · Paleozoicos y rocas similares, dos mm/año de la precipitación · Terciario arcilloso, 10 mm/año · Calizas, 15 mm 	El criterio de aplicación de este indicador no es uniforme para todas la Demarcaciones Hidrográficas, así en la cuenca del Duero se adopta el umbral del 20 %, en la del Guadalquivir se toma como umbral el 70%; en la del Ebro no se toman en consideración solo las extracciones de los pozos de más de 7.000 m³/año en otras, como por ejemplo, en las Cuencas Internas de Cataluña el criterio es : <ul style="list-style-type: none"> · <0,38 presión baja · 0,38-0,65 moderada · >065 alta Es necesario unificar criterios.	MMA (2006)
		Índice de extracciones	$\text{Ind Ext} = \frac{\sum d}{R} * 100$ ∑ d (Hm³/año): Suma, proporcional a la superficie de la masa de agua subterránea considerada, de las demandas de las UH a que corresponde la masa (abastecimiento + riego). R (Hm³/año): Recurso, proporcional a la superficie de la masa de agua considerada, disponible respecto a las UH a que corresponde la masa (infiltración + retornos de riego - restricciones mediambientales - transferencia a otras UH). El umbral considerado es para Ind Ext→40%.	Evalúa el balance recarga descarga del acuífero y por tanto la sostenibilidad de la explotación. Utilizado en las cuencas del Júcar y Guadina, así como ocasionalmente por otras cuencas aunque toman valores paramétricos diferentes. Indicador que tiende a normalizarse y se utilice en todas las cuencas.	Confederación Hidrográfica del Júcar (2004)
Estado químico	Nutrientes y contaminación orgánica del agua subterránea	Excedente de nitrógeno en los suelos agrícolas (Presión difusa)	Se calcula el sobrante de nitrógeno (kg/ha/año) por hectárea de superficie agraria útil, considerándose como presión significativa cuando en más del 40 % de la superficie de la masa de agua se cumple que la superficie agraria útil es superior al 20% y se superan los 50 kg de nitrógeno/ha/año.	Ampliamente utilizado en la caracterización de la mayoría de las MAS se aplica a partir del estudio "Caracterización de las fuentes agrarias de contaminación de las aguas por nitratos".	MAPYA (2000) MMA (2001) MMA (2006)
		Porcentaje de superficie urbana (Presión difusa)	Esta presión es significativa si más del 15% de la superficie de la masa de agua está destinada a este uso según el proyecto Corine Land Cover	El indicador está bien implantado a nivel de OO.CC, si bien como la mayoría de aguas subterráneas son de reciente utilización, no se dispone de series históricas.	MMA (1991 y 1995) IGN (2000) MMA (2006)
		Poblaciones sin saneamiento (Presión difusa)	Se considera que las poblaciones o enclaves habitacionales sin un adecuado sistema de saneamiento, vierten sus efluentes al subsuelo, lo que constituye un fuente potencial de contaminación.	Indicador bien establecido tanto a nivel nacional como autonómico. Se acerca a los objetivos marcados en el control de la contaminación por compuestos nitrogenados de las aguas subterráneas. Es un indicador fácil de determinar a partir de las bases de datos de los Organismos de cuenca respecto a los vertidos.	MMA (2001, 2002 y 2003) MMA (2006)
	Sustancias peligrosas en aguas subterráneas	Porcentaje de superficie industrial (Presión difusa)	Se considera que esta presión es significativa si más del 1% de la superficie de la masa de agua está destinada a este uso según el proyecto Corine Land Cover.	La actividad industrial es una fuente potencial de contaminación al suelo y a través de este a las aguas subterráneas. Está bien implantado en los OOCC pero no se dispone de series históricas.	MMA (2006)

Clasificación		Indicador	Definición	Relevancia y grado de desarrollo	Referencias (Ver referencias finales del informe)
Estado químico	Sustancias peligrosas en aguas subterráneas	Porcentaje de minería (Presión difusa)	Porcentaje de área utilizada con fines mineros respecto a la superficie total de la MAS, siendo este índice significativo para valores mayor o igual a 0,5. Umbrales de clasificación: Muy importante > 2 % Importante 1-2 % Menos importante 0,5-1 %	La actividad industrial específica es una fuente potencial de contaminación al suelo y los vertidos que origina. Está bien implantado en los OOCOC pero no se dispone de series históricas.	MMA (2006) IGN (2000) Corine Land Cover
		Porcentaje de áreas deportivas y recreativas (Presión difusa)	% de área usada por instalaciones deportivas y recreativas, campos de golf y resto de instalaciones deportivas y recreativas, respecto a la superficie de la MAS. Umbrales de clasificación: Significativa > 0,05 % Muy importante > 2% Importante 1-2 % Menos importante 0,5-1 %	Complementa otros indicadores de usos de suelo. Conocido y de fácil obtención. Se acerca a estrategias de protección medioambiental de más amplio espectro.	MMA (2006) IGN (2000) Corine Land Cover
		Aeropuertos (Presión difusa)	% área usada respecto a la superficie total de la MAS, siendo significativa en % igual o mayor de 0,1 Umbrales: Muy importante > 1% Importante 0,5-1 % Menos importante 0,1-05 %	La actividad aeroportuaria es un foco puntual de contaminación, actuando este indicador en relación con otros usos del suelo.	MMA (2006) IGN (2000) Corine Land Cover
		Zonas cubiertas o semicubiertas de agua (Presión difusa)	% de área cubierta respecto a la superficie de la MAS por: Humedales, zonas pantanosas, turberas y prados turbosos. Marismas salinas y zonas llanas intermareales. Lagos, lagunas y embalses. Aguas marinas: lagunas costeras, estuarios, mares y océanos.	Las inversiones de flujo del agua subterránea conectadas con masas de agua superficiales pueden ser causa de alteraciones importantes en la calidad química de estas. En general las relaciones entre las masas de aguas superficiales y subterráneas son poco o mal conocidas, por lo que este indicador sólo es orientador de una presión ejercida sobre las MAS.	MMA (2006) Comisión Europea, (2005)
		Porcentaje de escombreras (Presión puntual)	Se considera que esta presión es significativa si más del 0,01 % de la superficie de la masa de agua subterránea está destinada a este uso según el proyecto Corine Land Cover.	Escombreras y vertederos son focos puntuales de contaminación, actuando este indicador en relación con otros usos del suelo.	MMA (2006)
		Balsas de residuos mineros (Presión puntual)	Este índice estima la influencia de las balsas de residuos mineros e industriales en función del sector de producción, la capacidad máxima de almacenamiento, la permeabilidad y la profundidad del nivel freático. Esta presión se considera significativa si el indicador es mayor de 5.	Focos puntuales de contaminación, actuando este indicador en relación con otros usos del suelo. Suele estar bien controlado por las administraciones territoriales lo que facilita el manejo de este indicador.	MMA (2006) Comisión Europea, (2005)
	Disponibilidad de agua subterránea	Intrusión marina * (Presión puntual)	El indicador mide la concentración de cloruros, en mg/l, en las aguas subterráneas. Se calcula como la suma del número de estaciones de aguas subterráneas de una demarcación hidrográfica en la franja costera de 5 km de ancho con concentración de cloruros superior a 100 mg/l. Una unidad hidrogeológica costera se considera afectada por intrusión marina cuando sus estaciones de control muestran valores superiores a los 1.000 mg/l, pero los datos que se disponen son las estaciones con concentraciones superiores a los 100 mg/l.	Mide el grado de salinización de las masas de aguas subterráneas costeras debido a la intrusión marina y su aptitud para diferentes usos, como agua potable o para riego. En su valor influye la presión sobre su uso, ya que la extracción de aguas subterráneas por encima de los niveles de recarga produce una disminución de los niveles piezométricos, con la consiguiente ruptura del equilibrio entre las aguas subterráneas y las aguas marinas, produciéndose la intrusión marina y, como consecuencia, la salinización de las aguas y el deterioro de su calidad.	M ^o de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Clasificación		Indicador	Definición	Relevancia y grado de desarrollo	Referencias (Ver referencias finales del informe)
Estado químico	Disponibilidad de agua subterránea	Recarga artificial inducida (Presión puntual)	Volumen de recursos disponibles introducidos artificialmente en los acuíferos. Se suele distinguir entre recarga artificial directa (mediante sondeos, escarificaciones en el lecho de los ríos o balsas de infiltración) e indirectas o inducida (por retornos de riegos o por inversión de flujo (del río al acuífero) debido a una explotación intensiva del agua subterránea. Puede tener una doble vertiente como indicador de presión del estado cuantitativo o como indicador de presión del estado químico por las alteraciones en el quimismo del agua del acuífero o en el caso de utilizarse aguas usadas regeneradas.	Poco maduro. Sólo existen ensayos de recarga en diversas cuencas, excepto en las Internas de Cataluña con una mayor tradición en recarga artificial, aún esta es muy puntual y sus efectos poco estudiados. Es utilizado en la evaluación del estado por varios organismos de cuenca pero con significado y criterios muy diferentes. Las Cuencas internas de Cataluña consideran la recarga por retornos de riego y en la cuenca del Guadiana la entrada de agua desde los cauces de los ríos. Debe ser desarrollado cuando se generalice la estrategia de recargar acuíferos como medio de garantía de recursos las relaciones acuífero-río.	MMA e Instituto Tecnológico Geominero de España (2000) MMA (2006)
		Vertidos subterráneos directos (Presión puntual)	Comprende las inyecciones de residuos y agua de refrigeración en acuíferos. Los primeros están prohibidos normativamente y los segundos están sujetos a autorización, por lo que su control se realiza a través de inventario en los OO.CC	Los vertidos directos constituyen una importante fuente de contaminación puntual del agua subterránea. Indicador de uso generalizado en las diversas cuencas. Necesita de una reevaluación y definición de cara a nuevas actividades de vertido en el subsuelo: almacenamientos de CO ₂ y de salmueras procedentes de desaladoras.	Registro de autorización de vertidos de los Organismos de Cuenca. MMA (2006).
		Vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación por nitratos (Presión puntual)	Zonas designadas conforme a la directiva 91/676/CEE. % área vulnerable respecto a la superficie de la MAS. Umbrales de clasificación: Significativa, mayor o igual a 10 %- No significativa menor de 10 %.	Ampliamente utilizado en la caracterización de la mayoría de las MAS, complementario al de contenido de nitratos en la masa de agua subterránea que indica un impacto, así como al de excedente de fertilizantes en suelos. Muestra la cercanía a objetivos de las estrategias de protección del agua subterránea producida por la contaminación difusa de la aplicación de fertilizantes.	MMA (2006) MMA (2001)

4.2.2. Indicadores de impacto

Clasificación		Indicador	Definición	Relevancia y grado de desarrollo	Referencias (Ver referencias finales del informe)
Estado cuantitativo	Disponibilidad de agua subterránea	Nivel freático	Los descensos sostenidos del nivel freático (en acuíferos libres) o del nivel piezométrico en acuíferos confinados, constituyen el principal indicador de impacto por la extracción excesiva de agua.	Indica si las extracciones superan la recarga interanual del acuífero, mostrando la insostenibilidad de la explotación. La explotación intensiva de acuíferos causa de los descensos sostenidos del nivel freático. Suele ir asociado con aumento de la salinidad del agua y en el caso de acuíferos costeros con intrusión marina. Indicadores de utilización universal. Se dispone series de medidas largas. Utilización consolidada.	Comisión Europea, (2005) MMA (2006)
		Declaración de sobreexplotación	En numerosas cuencas se toma como indicador de riesgo de no alcanzar el estado cuantitativo la declaración de acuífero sobreexplotado de acuerdo con la ley de aguas de 1998. Indicador poco aplicable.	Indica un desequilibrio en el funcionamiento de la MAS con un balance negativo entre entradas y salidas muy prolongado. En la práctica poco utilizado por llevar incorporado un largo proceso administrativo y numerosos estudios específicos. Muestra el acercamiento a los objetivos marcados por los organismos de cuenca para la sostenibilidad del recurso. Está en vías de revisión.	MMA (1998) MMA (2000) MMA (2006)

Clasificación		Indicador	Definición	Relevancia y grado de desarrollo	Referencias (Ver referencias finales del informe)
Estado cuantitativo	Disponibilidad de agua subterránea	Salinización	Como parámetro indicativo de salinización u otras intrusiones referente a las concentraciones salinas resultantes de actividades humana, se utiliza la conductividad. Los valores umbrales varían de unas cuencas a otras, adoptándose con frecuencia el límite para consumo humano de 2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ a 20 °C. Este parámetro de amplia utilización por ser de fácil medida mediante un conductímetro y ser un indicador de los iones totales disueltos.	El incremento de salinidad con frecuencia indica la presencia de vertidos, sobre explotación del acuífero o intrusión salina bien marina o de acuíferos salinizados continentales, debidos a cambios en el flujo por la explotación. Es uno de los indicadores más extendidos y ampliamente utilizados. Se posee series largas. Consolidado.	MMA (1998) MMA (1998b)
		Afección a ecosistemas asociados	Según el Art. 2, apartado 27 de la DMA se define el «recursos disponibles de aguas subterráneas»: el valor medio interanual de la tasa de recarga total de la masa de agua subterránea, menos el flujo interanual medio requerido para conseguir los objetivos de calidad ecológica para el agua superficial asociada según las especificaciones del artículo 4, para evitar cualquier disminución significativa en el estado ecológico de tales aguas, y cualquier daño significativo a los ecosistemas terrestres asociados.	Incide directamente sobre los objetivos medioambientales de la DMA al tiempo que es complementario del establecimiento de "recurso disponible". No existe un indicador específico de afección a ecosistemas asociados a las aguas subterráneas, tan solo existe una relación de estos ecosistemas, por lo que se puede considerar un índice en estado de desarrollo.	MMA (2000) MMA (2006)
Estado químico	Nutrientes y contaminación orgánica del agua subterránea	Nitratos en acuíferos*	El indicador mide el porcentaje de estaciones de la red de control de calidad de aguas subterráneas con valores medios de nitratos comprendidos entre diferentes intervalos. Se expresa como el % de estaciones, incluidas en cada uno de los intervalos, respecto al total de las estaciones. Mide la concentración de nitratos en el agua subterránea expresada en miligramos por litro.	La concentración de nitratos en aguas subterráneas es un indicador que se utiliza desde hace años en las redes de control existentes, para el seguimiento y control de la calidad de las aguas. Es uno de los parámetros establecido para evaluar el buen estado químico de las masas de agua subterránea tanto en la Directiva 2000/60/CE (DMA) como en la Directiva 2006/118/CE relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación, y es un indicador utilizado también por la AEMA.	Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua Directiva 2006/118/CE.
		Pesticidas/plaguicidas	Sustancias activas de plaguicidas, incluidos los metabolitos y los productos de degradación y reacción que sean pertinentes. Entendiéndose por "plaguicidas" los productos fitosanitarios y los biocidas definidos en el artículo 2 de la directiva 91/414/CEE y el artículo 2 de la Directiva 98/8/CE, respectivamente. Los valores Índices son: 0,1 $\mu\text{g}/\text{l}$ y 0,5 $\mu\text{g}/\text{l}$ si es total. "total" la suma de todos los plaguicidas concretos detectados y cuantificados en el procedimiento de seguimiento incluidos los productos de metabolización, los productos de reacción y los de degradación.	Junto con los nutrientes son un indicador de contaminación por actividades agrícolas, siendo sus efectos sobre la salud menos conocidos pero presumiblemente más graves, sobre todo por los metabolitos que produce. Sustancia complicada de muestrear y analizar, por lo que se conoce poco sobre ella. Su presencia es uno de los grandes déficit de la investigación en la contaminación de MAS.	Directiva 2006/118/CE del Parlamento Europeo y Consejo, del 12 de diciembre relativa a la protección de las aguas subterráneas frente a la contaminación y el deterioro.

Clasificación		Indicador	Definición	Relevancia y grado de desarrollo	Referencias (Ver referencias finales del informe)
Estado químico	Sustancias peligrosas en aguas subterráneas	Amonio	ión presente como resultado de actividades humanas. Valor paramétrico 0,50 mg/l	Parámetro indicador de calidad de agua para consumo humano. /118/CE y el RD 149/2003, siendo convergente con la estrategia de control de agua apta para consumo humano. Parámetro bien establecido y controlado por autoridades sanitarias. Es uno de los parámetros contenidos en la Directiva 2006.	Directiva 2006/118/CE del Parlamento Europeo y Consejo, del 12 de diciembre relativa a la protección de las aguas subterráneas frente a la contaminación y el deterioro. RD 149/2003. de 7 de febrero por el que se establece los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. (BOE 21 de febrero).
		Metales	Incluye los metales y metaloides: Arsénico, Cadmio, Plomo y Mercurio en incluidos en la lista de indicadores contaminantes de la Directiva 2006/118/CE, presentes de forma natural y/o como resultado de actividades humanas. Valores paramétricos: Arsénico, 10 µm/l ;Cadmio, 5,0 µm/l; Plomo, 25 µm/l; Mercurio, 1 µm/l	Indicadores de calidad de agua para consumo humano. Parámetros bien establecidos y controlados por autoridades sanitarias.	Directiva 2006/118/CE del Parlamento Europeo y Consejo, del 12 de diciembre relativa a la protección de las aguas subterráneas frente a la contaminación y el deterioro- RD 149/2003. de 7 de febrero por el que se establece los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. (BOE 21 de febrero).
		Percloro etileno (PCE)	Percloroetileno o tetracloroetileno (PCE). Formula C ₂ Cl ₄ . Hidrocarburo alifático clorado ampliamente usados en la industria como disolvente, que se encuentran entre los contaminantes más habituales en suelos y aguas subterráneas en el mundo Etileno es lo mismo que eteno es decir con doble enlace, del grupo de los alquenos es decir hidrocarburo no saturado. No es biodegradable en condiciones aerobias, y por tanto mas persistente. Valor paramétrico de TCE + PCE = 10 µg/l	Indicador de contaminación por actividad industrial, relevante pero poco utilizado por su dificultad de muestreo y análisis. Utilizado en la cuenca del Ebro y en las Cuenas Internas de Cataluña, para verificar el impacto probado por contaminación industrial. La tendencia es que sea utilizado de forma sistemática cuando los organismos responsables dispongan de la técnica adecuada y la sistematicen.	Directiva 98/83/CE, de 3 de noviembre de 1998, traspuesta al RD. 140/2003, de 7 de febrero por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. Comisión Europea, (2005) MMA (2006),
		Tricloro etileno (TCE)	Tricloroetileno (TCE), Formula HC ₂ Cl ₃ . Hidrocarburo alifáticos clorado usados en la industria como disolventes, que se encuentran entre los contaminantes más habituales en suelos y aguas subterráneas en el mundo Etileno es lo mismo que eteno, con doble enlace, del grupo de los alquenos es decir hidrocarburo no saturado. Valor paramétrico de TCE + PCE = 10 µg/l.	Buen indicador de contaminación por actividades industriales. Relevante pero poco utilizado por su dificultad de muestreo y análisis. Utilizado en el Ebro y en las Cuenas Internas de Cataluña. La tendencia a ser utilizado de forma sistemática cuando los organismos responsables dispongan de la técnica adecuada y la sistematicen.	Directiva 98/83/CE, de 3 de noviembre de 1998, Comisión Europea, (2005) .
Estado cuantitativo y químico	Estado* de las masas de agua subterráneas (en riesgo)	El indicador se calcula como el cociente entre el número de masas de agua subterráneas que se encuentra en cada uno de los cuatro niveles de riesgo considerados y el número total de masas de agua subterránea en cada demarcación hidrográfica o en el conjunto nacional, expresado en tanto por ciento. La gradación del riesgo es en cuatro niveles: riesgo seguro, riesgo en estudio, riesgo nulo y riesgo sin definir.	Mide el nivel de riesgo de no alcanzar los objetivos ambientales fijados por la Directiva Marco del Agua para las masas de agua subterráneas. Dichos objetivos se resumen en alcanzar un buen estado a más tardar en 2015, que, en el caso de las aguas subterráneas, se alcanza si los estados químico y cuantitativo son al menos buenos.	Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.	

* Indicadores desarrollados



Indicador: Intrusión marina

Definición y grado de madurez: El indicador mide la concentración de cloruros, en mg/l, en las aguas subterráneas. Se calcula como la suma del número de estaciones de aguas subterráneas de una demarcación hidrográfica en la franja costera de 5 km de ancho con concentración de cloruros superior a 100 mg/l. Una unidad hidrogeológica costera se considera afectada por intrusión marina cuando sus estaciones de control muestran valores superiores a los 1.000 mg/l, pero los datos que se disponen son las estaciones con concentraciones superiores a los 100 mg/l.

Los datos corresponden a 2006 y proceden del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

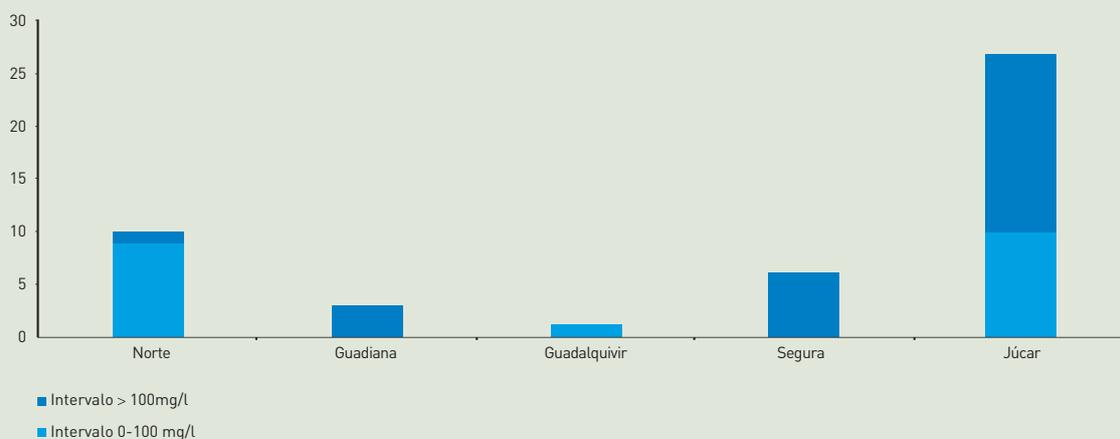
Relevancia e Interacciones: Es un indicador de estado que mide el grado de salinización de las masas de aguas subterráneas costeras debido a la intrusión marina y su aptitud para diferentes usos, como agua potable o para riego. En su valor influye la presión sobre su uso, ya que la extracción de aguas subterráneas por encima de los niveles de recarga produce una disminución de los niveles piezométricos, con la consiguiente ruptura del equilibrio entre las aguas subterráneas y las aguas marinas, produciéndose la intrusión marina y, como consecuencia, la salinización de las aguas y el deterioro de su calidad.

Situación: La situación es muy diferente en las distintas demarcaciones hidrográficas, no teniendo problemas de este tipo algunas de ellas. Por otro lado, la intrusión marina es un hecho bastante generalizado en el litoral mediterráneo, destacando por su gravedad la situación que experimentan las cuencas de Segura y Júcar.

Evaluación: Las actuaciones del Programa A.G.U.A. relacionadas con la modernización de regadíos, la potenciación de la reutilización de las aguas depuradas y la desalinización en municipios costeros mediterráneos tienen entre sus objetivos contribuir a la recuperación de las masas de aguas subterráneas excesivamente explotadas. Sin embargo, las previsiones apuntan a un incumplimiento seguro de los objetivos ambientales establecidos para 2015 por la Directiva Marco del Agua en

gran parte de las masas de agua subterráneas costeras de estas dos demarcaciones.

□ Figura 4.45. Intrusión marina.



Referencias:

· Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.



Indicador: Cumplimiento de objetivos ambientales. Estado de las masas de agua subterráneas (en riesgo)

Definición y grado de madurez: El indicador mide el nivel de riesgo de no alcanzar los objetivos ambientales fijados por la Directiva Marco del Agua para las masas de agua subterráneas. Dichos objetivos se resumen en alcanzar un buen estado a más tardar en 2015, que, en el caso de las aguas subterráneas, se alcanza si los estados químico y cuantitativo son al menos buenos. La gradación del riesgo es en cuatro niveles: riesgo seguro, riesgo en estudio, riesgo nulo y riesgo sin definir. El indicador se calcula como el cociente entre el número de masas de agua subterráneas que se encuentra en cada uno de los cuatro niveles de riesgo considerados y el número total de masas de agua subterránea en cada demarcación hidrográfica o en el conjunto nacional, expresado en tanto por ciento.

Para evaluar este indicador es necesario evaluar a qué presiones están sometidas las masas de agua subterráneas y qué impactos se producen como consecuencia de estas presiones. A partir del análisis de presiones e impactos se evalúa el riesgo de que las masas de agua subterránea no alcancen los objetivos medioambientales establecidos para el año 2015.

Los datos corresponden a 2004 y proceden del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

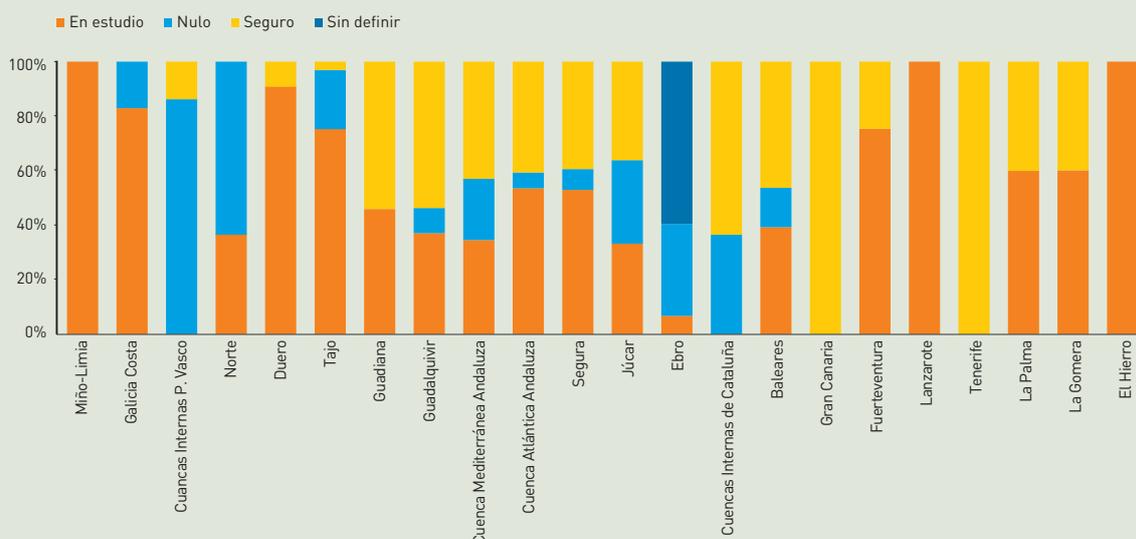
Relevancia e Interacciones: Este indicador es un indicador de estado que mide la presión ejercida por las actuaciones antrópicas sobre la calidad de las aguas subterráneas. Las presiones más importantes responsables del riesgo en las masas subterráneas son la contaminación difusa (nitratos y biocidas), y las extracciones para abastecimiento, regadío o uso industrial, así como la intrusión salina en las zonas costeras.

Situación: Se han identificado un total de 740 masas de agua subterránea, que cubren el 70% de la superficie de España. El 38,65% de estas masas han sido designadas como en riesgo seguro de incumplir los objetivos medioambientales, el 18,24%

se consideran en riesgo nulo y en el 34,59% no se dispone de datos suficientes para realizar la evaluación del riesgo, por lo que se clasifican como en estudio. En un 8,51% aún no se había evaluado el riesgo. Como puede observarse en el gráfico, la situación es muy dispar en las diferentes demarcaciones, destacando por presentar el mayor porcentaje con riesgo nulo las Cuencas Internas del País Vasco y la Demarcación Hidrográfica del Norte. En el extremo opuesto, se encuentran las demarcaciones de Gran Canaria y Tenerife, con el 100% de las masas en riesgo seguro.

Evaluación: El gran número de masas cuyo riesgo está en estudio evidencia la necesidad de ampliar las redes de control de las aguas subterráneas. En las masas de agua en riesgo, es necesario realizar una caracterización adicional para valorar con mayor exactitud la importancia de dicho riesgo y poder determinar las medidas que se deben adoptar. Las zonas más problemáticas son las que se caracterizan por el mayor estrés hídrico, como el Sureste peninsular.

Figura 4.46. Cumplimiento de objetivos ambientales. Estado de masas de agua subterráneas (riesgo).



Referencias:

· Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.



Indicador: Nitratos en aguas subterráneas

Definición y grado de madurez: El indicador mide el porcentaje de estaciones de la red de control de calidad de aguas subterráneas con valores medios de nitratos comprendidos entre diferentes intervalos. Se expresa como el porcentaje de estaciones, incluidas en cada uno de los intervalos, respecto al total de las estaciones.

La concentración de nitratos en aguas subterráneas es un indicador que se utiliza desde hace años en las redes de control existentes, para el seguimiento y control de la calidad de las aguas. Es uno de los parámetros establecido para evaluar el buen estado químico de las masas de agua subterránea tanto en la Directiva 2000/60/CE (Directiva Marco del Agua) como en la Directiva 2006/118/CE relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación, y es un indicador utilizado también por la AEMA. El indicador mide la concentración de nitratos en el agua subterránea expresada en miligramos por litro.

Los datos proceden del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Se reflejan los datos correspondientes a 2006, aunque se dispone de datos de periodos anteriores.

Relevancia e Interacciones: Es un indicador de estado que mide el valor de un parámetro relacionado con la presión ejercida fundamentalmente por actividades agrícolas y ganaderas y con la estado químico de las aguas subterráneas y con una serie de impactos potenciales, tanto en las aguas subterráneas como en las aguas superficiales o ecosistemas terrestres asociados. Concentraciones elevadas de nitratos en aguas superficiales y subterráneas pueden afectar a su aptitud para usos potables. En aguas superficiales, los nitratos pueden dar lugar, además, a problemas de eutrofización. El valor límite de calidad establecido, en la Directiva 2006/118, para evaluar el buen estado químico de una masa de agua subterránea es 50 mg/l.

Situación: Los datos correspondientes al año 2006 ponen de manifiesto una situación muy desigual entre las distintas Demarcaciones Hidrográficas en el porcentaje de estaciones con valores de concentración de nitratos en cada uno de los rangos de concentración, reflejando el buen estado químico en

función de este indicador de las demarcaciones de las Cuencas Internas de Cataluña y Norte frente al resto de las demarcaciones. De acuerdo con estos datos, la Demarcación del Guadiana presentaría la peor situación en función de este indicador, con un 30% de las estaciones con concentraciones de nitratos en las aguas subterráneas superiores a 50 mg/l, valor que el Real Decreto 261/1996 establece para considerar que las aguas subterráneas están afectadas por contaminación por nitratos.

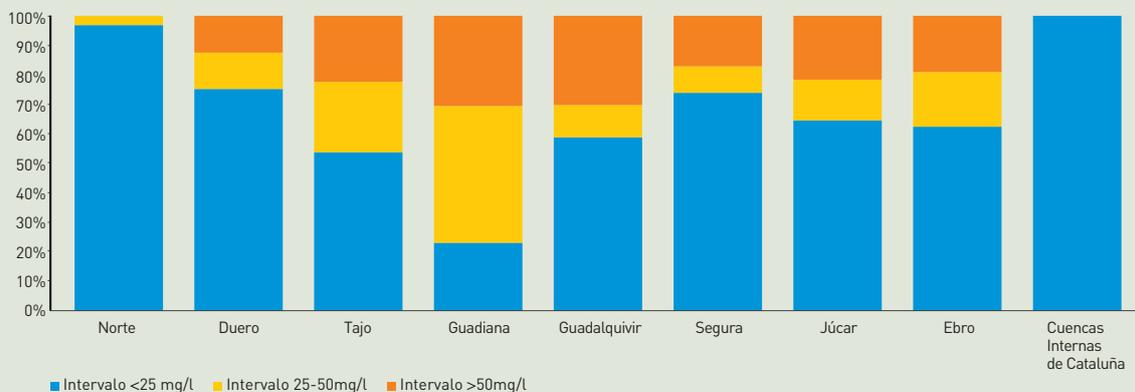
Evaluación: Las aguas subterráneas son un recurso natural valioso que, como tal, debe ser protegido de la contaminación, en especial desde el punto de vista de la protección de los ecosistemas dependientes y de su uso para abastecimiento de poblaciones.

La Directiva Marco de Agua incluye, dentro de sus objetivos, el establecer un marco de protección para las aguas subterráneas que garantice la reducción de progresiva de su contaminación y evite nuevas contaminaciones.

De conformidad con la Directiva Marco de Agua, la Directiva 2006/118/CE, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro, con plazo de aplicación hasta el 16 de enero de 2009, establece medidas específicas para prevenir y controlar la contaminación de las aguas subterráneas. En particular, define criterios para valorar el buen estado químico de las aguas subterráneas y los criterios para la determinación e inversión de tendencias significativas y sostenidas al aumento y para la definición de los puntos de partida de las inversiones de tendencia.

El Real Decreto 2352/2004, de 23 de diciembre, tiene por objeto establecer las buenas condiciones agrarias y medioambientales que deberán cumplir agricultores y ganaderos para acceder a las ayudas directas de la política agraria común. Entre las condiciones exigibles para evitar el deterioro de los hábitat, se establecen condiciones para el almacenamiento de estiércoles ganaderos o para la aplicación de productos asociados a la actividad agraria o ganadera (fertilizantes, purines, estiércoles, compost...) con el fin de evitar el riesgo de filtración y contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.

□ Figura 4.47. Nitratos en aguas subterráneas.



Referencias:

· Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

5

**SOSTENIBILIDAD DEL USO
Y LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS
Y DEL PATRIMONIO HÍDRICO**

sostenibilidad del uso y la gestión de los recursos y del patrimonio hídrico

El objetivo de este capítulo es avanzar en los métodos para informar sobre la realidad del agua en sus múltiples aspectos ambientales, económicos y sociales, y considerar si se progresa o no en lo referente a la sostenibilidad de su gestión.

En este contexto es importante analizar:

- Si las exigencias en general en cuanto a recursos hídricos en España van en aumento.
- Si estas exigencias siguen acopladas al desarrollo o mejora de la calidad de vida y en particular del crecimiento económico y por tanto aumentan con él.
- Si por el contrario la productividad económica de cada unidad de agua, de cada metro cúbico que se deriva aumenta e incluso si lo hace de tal forma que disminuye en valores totales y no sólo relativos, lo cual es un elemento clave de progreso en materia de sostenibilidad de la gestión de los recursos o en este caso de reducción de la insostenibilidad.

5.1. Evaluación preliminar según indicadores

5.1.1. Acoplamiento general entre desarrollo y uso y degradación del recurso

Durante los años 2004 y 2005 el Ministerio de Medio Ambiente (MMA) en colaboración con los organismos de cuenca desarrolló diversos estudios previos de caracterización de los usos del agua en España.

Estos análisis fueron revisados en el 2006 y recogidos en dos informes integrados que han sido debatidos durante el año 2007 en el marco de un ciclo itinerante sobre "El uso del Agua en la Economía Española: Situación y Perspectivas".

En los debates que han tenido lugar en seis capitales diferentes participaron más de 50 organizaciones como

panelistas y se contó con la asistencia de más de 1.000 personas analizando cuáles son los elementos positivos del modelo actual en España y los retos para mejorar la sostenibilidad en el uso del agua.

Este diagnóstico de sostenibilidad, con un planteamiento fundamentalmente metodológico, ya que los datos no están actualizados y en muchos casos son de procedencia distinta, recoge las principales aportaciones de ambos procesos y se estructura a partir de las principales conclusiones del ciclo de debate.

En los últimos años se ha producido un desacoplamiento entre crecimiento económico y utilización del agua. Hay elementos de insostenibilidad en el medio y largo plazo. Es necesario actuar para gestionar las demandas de servicios de agua y revertir algunas de las tendencias en los usos de agua.

Los datos del Instituto Nacional de Estadística (INE) mostraban hasta 2001, como año base, un desacoplamiento entre el uso del agua y el crecimiento económico.

El funcionamiento normal de la economía española exigió en el año 2001 la captación de 37.650 hectómetros cúbicos (millones de metros cúbicos) de agua. Esto es, el equivalente a 916 metros cúbicos por habitante (un 50% más que la media de la UE-15).

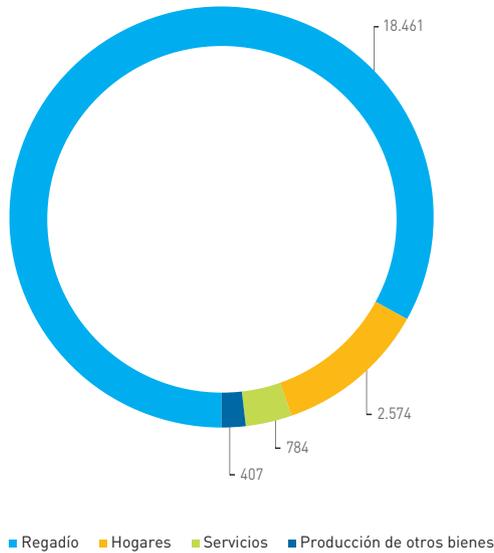
Dos terceras partes (600 metros cúbicos/habitante) se captaron para satisfacer los requerimientos del regadío español y otros 147 para la generación de energía eléctrica.

La parte restante se dirigió a la producción de agua potable (131 m³/hab/año) y a usos intermedios por parte de las propias empresas (38 m³/hab/año).

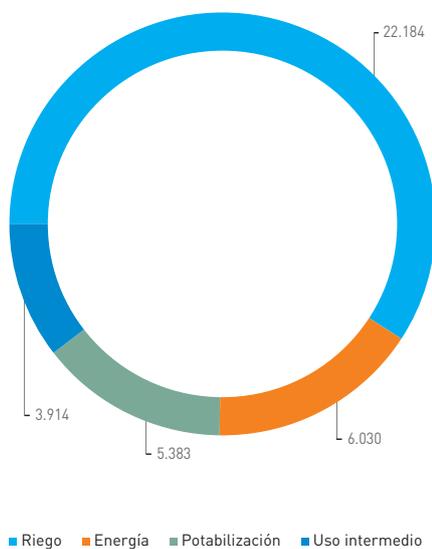
Los campos de golf se estima que utilizarían un total de 122 hm³ al año. Además, para los usos hidroeléctricos hay una capacidad de embalse potencial de 56.174 hm³ y se utilizan 4.915 hm³ en la refrigeración de centrales.

Figura 5.1. Captación y uso del agua en España en 2001 (hm³).

Usos del agua



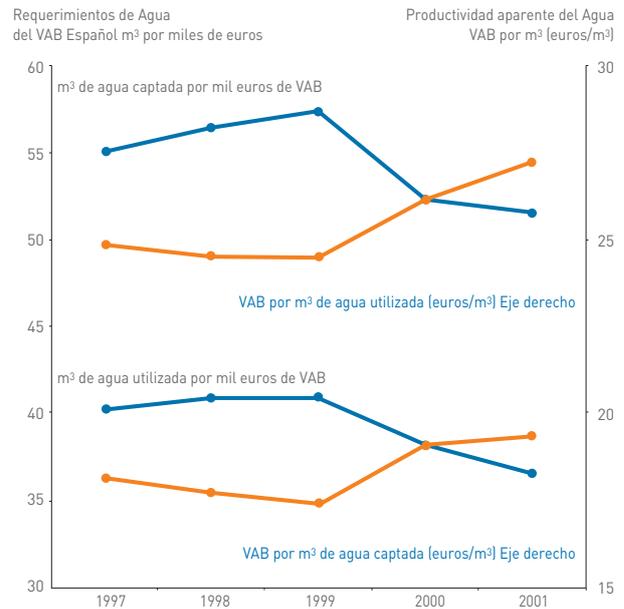
Captaciones



Fuente: INE. Cuenta Satélite del Agua. No incluye usos energéticos.

En términos agregados en la economía española para producir valor añadido por un importe de mil euros, se requeriría captar en promedio 51 metros cúbicos de agua y distribuir 36,7 a las distintas actividades de producción y uso. Dada la estructura de la economía española, por cada metro cúbico de agua utilizada se obtendría 27,5 euros de Valor Añadido Bruto (VAB), cifra que puede interpretarse como un indicador de la productividad media aparente de los servicios del agua en el país.

Figura 5.2. Requerimientos y productividad aparente de los servicios del agua en la economía española.



Fuente: Cuentas Satélite del Agua y Contabilidad Nacional (INE). No incluye usos energéticos

La economía española crecía en términos reales a un ritmo superior al que lo hace la demanda efectiva de servicios del agua y el volumen de extracciones. Por ese motivo, como se observa en la Figura 5.2, se produce al mismo tiempo un aumento en la productividad de los servicios del agua (que pasa de 25 a 27,5 euros por metro cúbico utilizado) y una disminución de los requerimientos de agua de la producción española (desde 40 a 37 metros cúbicos por mil euros de valor añadido). Así, aunque la economía española ha demandado cantidades crecientes de agua, tales demandas no han crecido al mismo ritmo que la economía en su conjunto ya que la expansión se compensa, al menos parcialmente, con mejoras en la productividad aparente del agua.

De acuerdo con estas previsiones entre 2001 y 2015, tanto el uso total de agua de la economía española como el agua distribuida crecerían a un ritmo anual cercano al 0,9%. Una tasa sensiblemente inferior a la prevista para la producción y el ingreso total del país (del 3% anual), por lo que en estos años se profundizaría la tendencia, ya mencionada, de desvinculación del crecimiento económico y la demanda de servicios del agua. En otras palabras, el uso de agua por cada mil euros de PIB disminuiría a un ritmo del 2,1% anual y, en consecuencia, la producción de mil euros de valor añadido requeriría alrededor de 27 ó 28 metros cúbicos (en lugar de los 37 que se requerían en 2001).

Esta desvinculación no es suficiente como para producir lo que se llama un desacoplamiento absoluto, es decir que se reduzca en términos absolutos la demanda de agua que seguirá creciendo aunque sea a menor ritmo que la economía.

Y se pueden identificar algunas tendencias contrapuestas:

- Entre 1997 y 2001 las captaciones de agua crecieron a un ritmo promedio anual del 2%. En el mismo periodo, los recursos utilizados aumentaron al 1,33% anual. El hecho de que los volúmenes captados aumenten a un ritmo superior a los volúmenes utilizados, refleja una disminución en la eficiencia del sistema de captación y transporte del agua (que en efecto disminuyó desde el 73 al 70%).
- Una continuación de las tendencias en los usos del agua supondrían un uso adicional de agua por parte de las actividades socioeconómicas de alrededor de 2.100 hm³ entre 2001 y 2015. Esto significaría más de 3.000 hm³ adicionales de agua distribuida y la extracción de una cantidad todavía mayor de los ríos y acuíferos. Esta es una cantidad difícil de satisfacer. Las mejoras en la eficiencia, tanto técnica como de los procesos productivos, en el uso del agua que se están produciendo en los distintos sectores (agricultura, abastecimientos, industria, turismo) no serían suficientes para contrarrestar el crecimiento de la demanda resultante del crecimiento tendencial demográfico y económico.
- Por otro lado, las predicciones de los efectos de los procesos de cambio climático anticipan reducciones en los recursos disponibles, lo cual agravaría aún más la falta de recursos suficientes para hacer frente a demandas crecientes en escenarios de no alteración de las tendencias vigentes. Resulta imprescindible actuar para modificar tendencias y limitar demandas.
- En este contexto se puede considerar la eficiencia actual en la asignación del agua (basada en buena medida en la apropiación previa) tanto desde el punto de vista de los objetivos ambientales como de los objetivos económicos y sociales, ya que una parte importante del agua se utiliza en usos que aportan poco valor añadido a la economía, para conseguir unos objetivos sociales que podrían conseguirse por otros medios que sean una opción ambientalmente mejor y no impliquen una mayor presión sobre los ecosistemas hídricos.

5.1.2. Agua y Agricultura

La sostenibilidad del uso del agua en España está ligada de manera fundamental a su uso en la agricultura. La agricultura y el regadío atraviesan un profundo proceso de cambio que puede ser determinante para la sostenibilidad del uso del agua en España.

En España se han producido tendencias contrapuestas en la sostenibilidad del uso del agua en la agricultura.

El uso de agua en la agricultura en 2005 sería de 12.142 hm³, correspondiente al agua evapotranspirada por los cultivos, que con las técnicas de aplicación actuales se estiman en 16.358 hm³ de agua en parcela.

De 1996 a 2005 (por tanto más allá del año 2001 usado como referencia) ha aumentado la superficie de regadío, fundamentalmente en las zonas del interior.

Es aquí donde domina una agricultura de regadío con un modelo agrícola extensivo y productivista fuertemente dependiente para su viabilidad financiera de los apoyos públicos y las ayudas europeas y en general asociado a mayores explotaciones.

En este caso, la rentabilidad del regadío es relativamente baja, aunque siempre superior que la que se obtendría sin él, como ocurre en muchas regiones del interior peninsular en las que la creación de redes de distribución de agua se ha considerado un instrumento útil para el mantenimiento de prácticas agrícolas consolidadas que garantizarán de ese modo niveles mínimos de renta agraria que han permitido fijar población al territorio y prevenir el abandono de los espacios rurales.

En algunas zonas, por tanto, el regadío es el elemento determinante de la viabilidad de la agricultura y del mantenimiento del medio rural.

El principal factor determinante de la expansión de la demanda de agua en la agricultura sería la prevista sustitución de superficies de secano por regadío que, de acuerdo con el Plan Nacional de Regadíos vigente, habrían supuesto un total de 530.000 hectáreas adicionales en todo el país, 300.000 de las cuales se localizarían en el Ebro.

Muchas de las nuevas zonas de riego no se van a transformar finalmente, por lo que la cifra final de nueva superficie de regadío se estima en unas 300.000 ha. El Ebro sigue siendo la cuenca donde habrá mayor crecimiento de la superficie regada, con aproximadamente 90.000 ha.

Si se producen las expansiones previstas en la superficie de regadío, junto con los cambios estructurales en la agricultura, se conduciría a un aumento significativo de las necesidades hídricas de los cultivos aumentando el uso final del agua en la agricultura en 1.200 hm³, equivalentes al 10,3% del año base 2001, con lo que las necesidades hídricas totales del regadío rondarían los 13.100 hm³.

De mantenerse constante la combinación de las técnicas de riego de las comarcas la satisfacción de tales necesidades hídricas exigiría disponer de 1.870 hm³ adicionales.

En este escenario, la agricultura constituiría la fuente más dinámica de las demandas adicionales de recursos

hídricos en la economía española en los próximos años. Estos volúmenes adicionales serían comparables al total del consumo industrial en el año 2015.

Prácticamente la tercera parte del aumento de la demanda de agua agraria tendría lugar en la Cuenca del Ebro, otra tercera parte se la reparten entre Duero y Tajo, y le seguiría Guadalquivir con algo más del 10%, a pesar de ser la segunda cuenca en importancia respecto al aumento de superficie de regadío.

Añadiendo Júcar, el total de estos cinco territorios acumularían el 80% de la expansión de la demanda agrícola entre 2001 y 2015.

Además de las demandas de agua para riego, la actividad agraria es el origen de presiones significativas sobre la calidad de las aguas, las cuales resultan básicamente del uso de agroquímicos. Los residuos de fertilizantes, además de productos fitosanitarios, constituyen una fuente difusa de contaminación del suelo que a través de procesos de escorrentía e infiltración alteran la calidad de distintas masas de agua. Para aproximarse a una estimación de la contaminación en origen generada por la agricultura se obtuvieron las dosis de fertilizantes, distinguiendo entre los tres tipos habituales (nitrogenados, fosfatados y potásicos), para cada uno de los cultivos en las Comunidades Autónomas españolas.

Esta información trasladada a cada uno de los municipios españoles permitió estimar que en el año de referencia se administró al suelo cerca de 1,1 millones de toneladas de nitrógeno, 575.000 de fósforo y 450 de potasio.

La agricultura del 2030 no va a ser igual a la de hoy. Hay varios factores, que generan incertidumbre sobre la decisión de cultivos futura y que pueden tener influencia sobre el uso del agua de regadío.

Uno de los factores relevantes puede ser la modificación de las necesidades hídricas óptimas de los cultivos debido a los efectos del cambio climático, que aumentarían por el efecto del calor, además de disponer de menos agua de lluvia en el suelo.

Esto es más relevante cuando más lejano sea el horizonte estudiado. Otro factor de incertidumbre es la liberalización de la superficie de cultivos, como el del viñedo, en 2013 que puede suponer una previsible puesta en regadío de superficies anteriormente de secano.

Los cultivos agroenergéticos también generan cierta incertidumbre ya que pueden suponer un aumento en el uso de agua, ya que en España estaría basado en las producciones de maíz, remolacha e, incluso, bioetanol procedente de viñedo.

Por último, el uso de agua puede verse muy afectado por el hecho de que se permita a partir de este año (y proba-

blemente se haga definitivo en el chequeo médico de la PAC de 2008) eliminar el barbecho retirada. Esto podría suponer la puesta de nuevo en cultivo en España de más de 700.000 hectáreas destinadas a herbáceos, de las cuales unas 70.000 al menos pueden ser en regadío.

Por otro lado hay otras tendencias que han servido y están sirviendo para desvincular el crecimiento económico y el uso del recurso. Éstas incluyen:

- El aumento de la rentabilidad de la agricultura de regadío por la mejora de los sistemas de producción; de acceso a los mercados y de la capacidad de gestión por parte de los productores. Se puede decir que hay una agricultura altamente rentable y productiva, generalmente en explotaciones de menor dimensión (menos de 5 ha) que tiene rentabilidades similares a la industria.
- Está localizada en las regiones mediterráneas donde la disponibilidad de agua y de infraestructuras de riego juega un papel decisivo en el desarrollo de la agricultura.
- Las alternativas de secano en estas zonas con una rentabilidad superior a los 900 euros/ha son excepcionales y, sin embargo, es allí donde se concentran los regadíos más rentables de la península y donde el riego sin ayudas a la producción aparece vinculado a un modelo agrícola más dinámico y competitivo.
- Destaca la Región de Murcia, Almería y Granada donde el riego puede explicar el abandono de prácticas agrarias que no arrojan más de 300 euros por hectárea, en beneficio de alternativas altamente productivas con márgenes netos superiores a 7.000 euros/ha.
- El regadío también ha abierto la posibilidad para el desarrollo de nuevos cultivos, como puede ser el caso de los cultivos industriales y las hortalizas en las zonas fronterizas del Guadiana y las proximidades del Valle del Jerte, y para la rápida expansión de los cultivos protegidos, como ocurre con los invernaderos de la cuenca del Segura.
- De acuerdo a los datos de la Encuesta de Superficies y Rendimientos de Cultivos de España, en 2006 la eficiencia media de riego habría aumentado desde el 66% del censo de 1999 de INE al 72%. Esta evolución viene en parte motivada por la mejora de los sistemas de distribución llevados a cabo en el Plan de Modernización de Regadíos, que ha permitido el cambio a sistemas de riego más eficientes que no eran técnicamente viables sin las mejoras de los sistemas de distribución de agua en baja.

La eficiencia promedio de los dispositivos de riego existentes en el año 2001 en España era del 66% ya que para aportar dos metros cúbicos de agua a un cultivo típico era necesario introducir como mínimo 3 en el sistema de riego. Esta

eficiencia en la aplicación del agua en la agricultura de regadío no es homogénea en todo el territorio y varía entre niveles próximos al 80% en explotaciones competitivas con márgenes elevados, por ejemplo en Canarias y Andalucía, e inferiores al 60%, en lugares donde predominan los cultivos extensivos apoyados por ayudas públicas o en las regiones del norte de España en las que el riego es un factor menos esencial para la existencia de la agricultura.

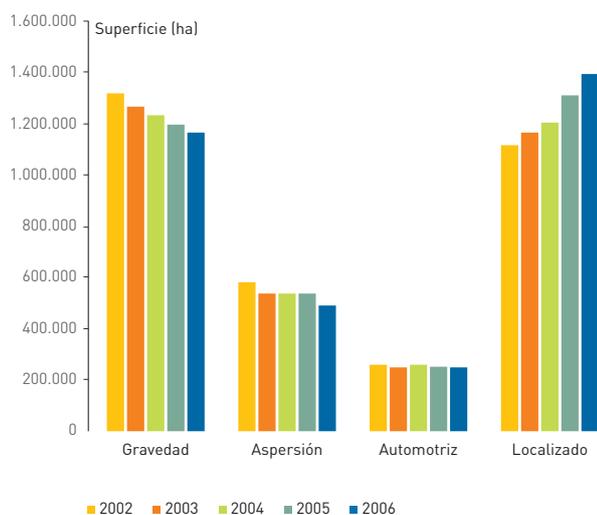
- El apoyo público a través del Plan de Choque de Ahorro de Agua en el regadío, se espera sirva para ahorrar alrededor de 1.200 Hm³ de agua mediante la mejora de la eficiencia técnica de los sistemas de distribución y de las técnicas de aplicación de agua de riego.

El aumento de las necesidades de los cultivos en las nuevas zonas de regadío podría acomodarse en las presiones actuales que supone la agricultura sobre las fuentes de agua mejorando la eficiencia de todo el sistema de provisión.

A modo de ejemplo, si en el conjunto de España la eficiencia media de los sistemas de riego aumentara desde el 65% actual hasta el 72% sería posible satisfacer las necesidades hídricas del año 2015 aplicando la misma cantidad de agua que en el año 2001.

Sin embargo, con la desigual distribución espacial de los nuevos regadíos, esta meta es más fácil de alcanzar en algunas cuencas que en otras. Por ejemplo, para acomodar las 40.000 hectáreas nuevas de regadío en el Júcar sería suficiente con aumentar la eficiencia media del sistema de aplicación del agua desde el 65% de 2001 hasta el 70% y en el Guadalquivir se podría aplicar el PNR sin aumentar las presiones aumentando la eficiencia de riego hasta el 76% (desde el 70% de 2001).

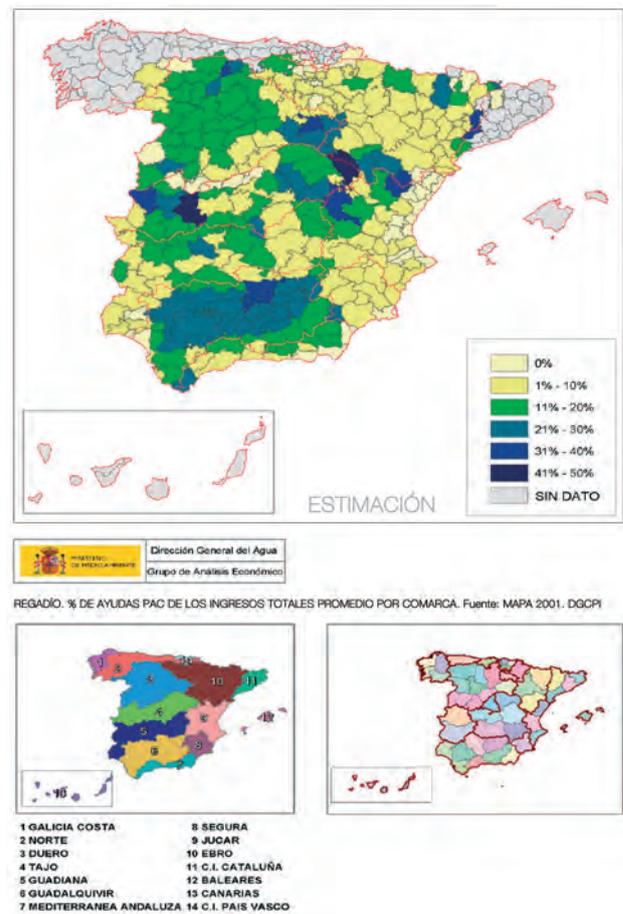
Figura 5.3. Evolución de la superficie regada según sistema de riego.



Fuente: ESYRCE, MAPYA, 2006.

- Las diferencias territoriales indican que en España los principales incentivos para mejorar la eficiencia hídrica de las explotaciones agrarias pudieran encontrarse en la escasez física del recurso unida a su valor estratégico para la obtención de rendimientos económicos elevados.
- El sector agrario atraviesa un profundo proceso de cambio con una exposición mayor a la competencia externa y por la evolución de la PAC hacia la desvinculación de las ayudas de la producción.

Figura 5.4. Regadío. Porcentaje de ayudas PAC de los ingresos totales por comarca.



Fuente: Dirección General del Agua. Grupo de Análisis Económico. MMA

- El desarrollo y aplicación de instrumentos de mercado pueden ser una oportunidad significativa con menores consecuencias sociales en los territorios donde se dan las condiciones adecuadas para una agricultura de secano con importantes niveles de rentabilidad.

Esto ocurre en las zonas donde márgenes netos por hectárea son superiores a los 900 euros por hectárea (y corresponden a unas zonas de fuerte especialización productiva como son los casos del olivar andaluz [en las provincias de Jaén, Córdoba y Granada], el viñedo de La

Rioja y La Mancha y el cerezo del Valle del Jerte. Fuera de estas regiones la rentabilidad promedio del secano es sensiblemente menor.

- El aumento del papel de los recursos no convencionales en los servicios del agua a la agricultura van a permitir dotar de garantía y agua de calidad a la agricultura más productiva y si se incorporan los costes a los precios de los servicios de agua pueden generar incentivos para mejorar la eficiencia en el uso del agua, particularmente si esto se refleja en tarifas volumétricas.
- En el proceso de mejora de la eficiencia del uso del agua es clave que se materialice la generalización de los instrumentos de medición del uso del agua en las nuevas concesiones y en las existentes, facilitados por los nuevos desarrollos legales en curso.

5.1.3. Agua e industria

El uso del agua en la industria plantea retos tanto cuantitativos (extracciones) como cualitativos (vertidos).

Los servicios del agua son imprescindibles para la actividad del sector secundario de la economía. En la industria manufacturera, el agua interviene como un insumo productivo en los procesos de transformación en los que se utiliza, por ejemplo, para lavar, diluir y transportar otros materiales, para refrigerar calderas, como materia prima que se incorpora a los productos finales, además de otras aplicaciones que pueden ser exclusivas de una sola industria e incluso de una sola planta.

Hay que destacar algunos aspectos que están contribuyendo al desacoplamiento del crecimiento industrial y la utilización de los recursos de agua y emisiones contaminantes.

La industria es el sector de mayor rentabilidad económica en el uso del agua. La productividad media aparente del agua en la industria española es de alrededor de 100 euros por metro cúbico utilizado.

Este indicador es útil para dimensionar la importancia relativa del agua en los procesos de producción de la industria. En otras palabras, cada metro cúbico de agua está asociado a la generación de 100 euros de riqueza adicional, una cantidad que se destina a la remuneración del trabajo y el capital, necesarios para obtener dicha producción.

La cantidad de agua utilizada en los procesos industriales en 2001 se estiman 965 hectómetros cúbicos, es decir alrededor del 20% de los usos distintos del regadío. Si se excluyen las regiones altamente especializadas en turismo de sol y playa, particularmente Baleares y Canarias, la industria ocupa el tercer lugar entre los usos significativos del agua, después del regadío y el abastecimiento doméstico.

Considerando la información de la contabilidad regional española y las estimaciones sobre el uso del agua en la industria, se puede concluir que la producción de 1.000 euros de valor añadido, de acuerdo con la estructura y el estado de la tecnología de la industria española requirió en 2001 la utilización de 10 metros cúbicos de agua (sin tener en cuenta las pérdidas que pudieran ocasionarse en la captación, transporte, tratamiento previo y distribución de dichos caudales).

Hay una diversidad de procesos industriales y cada uno genera demandas con requisitos de calidad diversos, y distintos tipos de vertidos que requieren distintas aproximaciones a su gestión. La composición típica de los vertidos contaminantes es diferente en los diferentes procesos productivos en los que la calidad del agua es sometida a distintas transformaciones que se traducirán en la composición del vertido final. Según el proceso industrial del que provenga, un vertido puede contener desde cantidades insignificantes de un gramo de DBO₅ por metro cúbico, en la industria de Maquinaria y Equipo Mecánico, hasta los 200 en promedio de la industria de alimentos bebidas y tabaco, una cantidad comparable a la de los vertidos domésticos antes de depuración.

La industria es el sector con mayor ritmo de expansión en términos relativos con un crecimiento del VAB al 3,5% anual que debido al cambio de composición de la actividad industrial se traduciría en un crecimiento a un ritmo algo más lento de la demanda de agua (al 3% anual), revelando que los sectores de mayor crecimiento son relativamente menos intensivos en el uso del recurso. La productividad del agua en la industria española aumentará a un ritmo de medio punto porcentual (aun considerando constante la tecnología), lo que no sería suficiente para compensar el crecimiento económico del sector produciéndose un incremento neto de la demanda de agua.

El sector de alimentos en general produce vertidos con una composición peor que la media española para todos los contaminantes exceptuando los metales pesados y sustancias químicas tóxicas, en que el aporte más importante con diferencia proviene de la industria mecánica, metalúrgica y química.

La industria sigue ejerciendo una mayor presión sobre los recursos y esto depende de la estructura productiva.

Un crecimiento del uno por ciento en la actividad industrial en España, con la misma estructura e idéntica tecnología, requiere poner a disposición de la industria una cantidad adicional de aproximadamente 12 hm³.

Si consideramos los ritmos de expansión industrial de la economía española en las últimas décadas, superiores al 3%, así como el hecho de que este proceso sigue una progresión exponencial, se entiende por qué razón la industria es un uso significativo y resulta necesario proponer medi-

das de eficiencia que permitan acomodar el crecimiento de la actividad en el marco de los recursos disponibles.

El segundo componente del crecimiento de la demanda de agua se encuentra en los requerimientos de las actividades industriales que, con la tecnología actual de uso del agua, demandarían 488 hm³ adicionales para uso final que podrían convertirse en 634 hm³ si se mantienen las ineficiencias del año base 2001 en las redes de distribución.

Con la tecnología actual de uso del agua en la industria española, la expansión de la actividad del sector elevará el gasto anual de agua en un 50% entre 2001 y 2015.

Este sector genera un elevado volumen de vertidos. En términos agregados, en el año base 2001, y considerando la carga contaminante típica en aquellas zonas donde no se disponía de mejor información, la industria española generó una cantidad estimada de 35.000 toneladas de DBO₅ (sin tener en cuenta CIC, que aporta la cuarta parte del VAB industrial), 148.000 de DQO, 36.000 de sólidos en suspensión, 6.400 de nitrógeno, 1.900 de fósforo y 345 de metales pesados.

Entre los sectores más dinámicos está la industria química. Los vertidos característicos de la industria química presentan una concentración muy superior al promedio de los vertidos industriales en todos los parámetros de calidad y son estos los que explican la mayor parte de la contaminación antes de tratamiento por metales pesados a la que también contribuyen de un modo significativo las industrias de minerales y las de equipo eléctrico y de transporte.

Hay algunos rasgos de la industria española que resultan relevantes para comprender las características de la demanda de servicios del agua de este sector. En primer lugar, entre los usos del agua la actividad industrial es probablemente la que presenta una mayor concentración territorial.

Así una cuarta parte de la producción industrial española se localiza en las Cuencas Internas de Cataluña, una de las cuencas más pequeñas; la Comunidad de Madrid alcanza el 10% de la producción industrial y la cuenca del Tajo el 13%, otro 25% se reparte entre las cuencas del Ebro y el Júcar. La presión sobre el territorio se concentra alrededor de Barcelona y Madrid y en los grandes corredores industriales del Valle del Ebro, el País Vasco y el Levante. Dichas regiones se conforman además alrededor de un número reducido de nodos de actividad en los que existe una integración horizontal de los procesos productivos y economías de aglomeración concentrando la mayor parte de la actividad y el empleo.

La concentración de extracciones y vertidos en masas de agua con escasa capacidad de almacenamiento y dilución plantea problemas importantes de gestión en

determinadas zonas, como por ejemplo en cuencas del litoral cantábrico.

Más allá del peso relativo de la industria en cada cuenca hidrográfica, cada una presenta características especiales en cuanto a sus pautas de especialización. Por ejemplo, a pesar de lo reducido de su territorio en las Cuencas Internas del País Vasco, la participación de la metalurgia y de la maquinaria y equipo mecánico es superior al doble que en la industria española y, en esos sectores, esta cuenca es la segunda en importancia a nivel nacional a pesar de que allí se localiza sólo el 7% de la producción industrial.

En las Cuencas Internas de Cataluña, se localiza el 40% de la producción de la Industria Química Española, el 36% del Textil, el 30% de la producción de maquinaria y el 28% de las artes gráficas. La Cuenca del Tajo, principalmente Madrid, ocupa un lugar destacado con el 29% de la producción de equipo electrónico y en la industria del papel y las artes gráficas y algo menos del 20% de la industria química; en todos los demás sectores su contribución es inferior al 13,5%, es decir a su contribución total a la industria española.

Con el 12% de la producción industrial española, la cuenca del Júcar concentra el 27% de la industria de minerales no metálicos y el 22% de la industria de textil, cuero y calzado.

La excepción al fenómeno de la concentración espacial de la industria se encuentra en el sector de alimentos bebidas y tabacos, que es el más importante de los 12 sectores analizados y que aporta cerca del 15% de la producción industrial.

Al contrario de otros sectores, las razones que explican la localización de esta industria se encuentran en este caso en las actividades primarias, básicamente la agricultura y la ganadería, de la que se abastecen la elaboración de alimentos, conformando complejos de producción agroalimentaria de importancia local y regional.

A diferencia de la concentración espacial que caracteriza a la industria en general, la transformación de alimentos, bebidas y tabaco es una actividad relativamente dispersa en el territorio.

Los municipios más especializados en esta rama se encuentran precisamente en los lugares donde no se concentra el resto de la industria y constituyen básicamente centros de transformación alrededor de las regiones agrarias de mayor productividad de cada una de las cuencas pero con mayor intensidad en los centros del viñedo de la Rioja y la Mancha, el Valle del Jerte, el eje del Vinalopó, la Región de Murcia, etc.

Aunque el 85% del uso industrial del agua procede de captaciones directas de las empresas, una parte importante de estos usuarios vierten los residuos a la red pública.

La falta de adecuación de estos vertidos a las características de los sistemas urbanos de saneamiento y depuración, diseñados para efluentes de tipo urbano, puede afectar negativamente al funcionamiento de estos sistemas.

5.1.4. Usos urbanos del agua

El modelo de desarrollo urbano vigente, tendente a la construcción de viviendas dispersas y viviendas secundarias infrautilizadas, es altamente consumidor de agua y territorio.

El consumo del agua por parte de los hogares representa una parte reducida, aunque significativa, del total pero es un sector muy dinámico. Se está produciendo un mayor control de la utilización del agua en los usos domésticos.

El abastecimiento doméstico es un uso muy importante del agua. Es un uso prioritario que tiene unas exigencias muy altas de garantía y calidad que conlleva a menudo la captación de aguas prístinas en zonas altas de las cuencas, con lo que el impacto que tiene este uso es mucho mayor que el que se refleja en los volúmenes captados.

El agua facturada en hogares en 2005 fue de 2.767 hm³ mientras que la industria alcanzaría los 1.180 hm³. El agua distribuida, dadas las eficiencias de distribución, del agua urbana sería de 4.805 hm³.

Exige la disponibilidad de recursos con la calidad adecuada para un consumo seguro para la salud de los consumidores y con una garantía elevada de suministro, cualquiera que sean las condiciones climáticas.

La satisfacción de la demanda de servicios de distribución de agua potable para consumo de las familias, por tanto, no sólo conforma una presión significativa en términos cuantitativos sobre las fuentes de agua, sino que además debe aprovisionarse de recursos con una calidad en origen superior a la que permite abastecer otros usos y las infraestructuras que garantizan su provisión y deben dimensionarse para garantizar el servicio incluso en condiciones anormales de oferta natural del recurso.

El volumen total de agua facturada a los hogares españoles en el año base 2001 en todas las cuencas se estima en unos 2.700 hm³ lo que corresponde a un volumen de agua distribuida de alrededor de 3.600 hm³. La diferencia se explica por las pérdidas en el sistema de distribución de agua potable, pero también, por la existencia de usos no facturados.

Los consumos medios unitarios de agua en los usos domésticos se han reducido a pesar del aumento de las rentas.

A pesar de las diferencias notables en los precios del agua entre las regiones españolas y de las disparidades en los niveles de uso por habitante o por hogar, puede identificarse una relación general entre la cantidad demandada de agua y su distribución territorial con el crecimiento demográfico.

Durante los años 90 se produjo un aumento relativamente importante de los precios reales del agua, superior al 10% anual en promedio nacional pero con diferencias regionales muy importantes.

Estas variaciones se explican en mayor medida por la incorporación de los costes de depuración, pero también son importantes las que se deben a una mayor repercusión de los costes de suministro de agua potable.

A pesar de la opinión más o menos generalizada de los abastecedores, que los precios del agua no tienen influencia alguna en las decisiones de uso del recurso en los hogares (demanda inelástica), los datos en España y en Europa apuntan a que el precio influye poco o nada sobre las cantidades demandadas cuando el agua es muy barata, pero tiene un efecto mayor a medida que aumenta el precio.

De acuerdo con los datos del INE los aumentos más bajos en el uso de agua per cápita están vinculados a aumentos elevados de precios, de modo que la respuesta a los mismos compensó al menos parcialmente el efecto de la expansión del ingreso.

Subsisten algunas tendencias contrapuestas que influyen en un aumento de las presiones por parte de los usos domésticos.

La recuperación del crecimiento demográfico es un fenómeno relativamente reciente. De hecho, la población española creció durante los años 90 a un ritmo anual inferior al medio punto porcentual.

En 2001 con cerca de 80 habitantes por km² (alrededor de 40 millones de habitantes en medio millón de km²), España se encuentra entre los países menos densamente poblados de la UE. Sin embargo, la característica más llamativa de la demografía española se encuentra en las diferencias de la distribución de la población sobre el territorio.

La ocupación desigual del territorio por parte de la población española tiende a reforzarse con el paso del tiempo y son precisamente las regiones menos densamente pobladas las que exhiben los ritmos más bajos, a menudo negativos, de crecimiento demográfico acentuándose de este modo el despoblamiento de los grandes espacios interurbanos del interior.

El número de hogares en España ha crecido de forma espectacular (24,7% entre 1998 y 2006), muy por encima del crecimiento demográfico (8% en el mismo período).

El crecimiento del parque de viviendas ha sido superior al del número de hogares, con el resultado de la sobreurbanización del territorio español.

La superficie urbanizada creció en un 30% entre 1990 y el año 2000. Se está generalizando la implantación del modelo de ciudad difusa, caracterizado por bajas densidades edificatorias, que es altamente consumidor de recursos y territorio.

En la Comunidad de Madrid, por ejemplo, las viviendas unifamiliares, con consumos muy superiores de agua, han pasado del 3% al 12% del parque de viviendas, previendo los Planes Generales de Ordenación Urbanística aprobados que el 50% de las viviendas que se construyan sean de este tipo. Se observan tendencias similares en otras regiones.

Se está produciendo una concentración del crecimiento urbanístico y poblacional en los territorios con mayor escasez de recursos, tales como el litoral mediterráneo o Madrid, incrementando así las presiones sobre unas regiones que ya están sometidas a cierto grado de estrés hídrico.

En promedio, el número de viviendas principales creció a 1,9% anual en el período 1991-2001 (casi cuatro veces más que la tasa de crecimiento demográfico) lo que significa que el parque de viviendas principales tiende a duplicarse cada 20 años (sin contar con la aceleración de la actividad constructora en la primera mitad de la presente década). Con crecimientos muy superiores al promedio en las islas y las cuencas del Segura y las Cuencas Mediterráneas Andaluzas.

La tendencia más significativa en este contexto es la rápida disminución del tamaño medio de las unidades familiares españolas que disminuyó desde 3,4 hasta 2,8 personas en el curso de la década pasada.

Esta sola tendencia, incluso con moderados crecimientos de población, conlleva un aumento importante de la demanda de viviendas.

Estos cambios en el tamaño de las familias es a su vez el resultado de múltiples cambios en la estructura social, incluida la mayor participación en el mercado de trabajo, el aumento de la duración de las carreras laborales y profesionales y de los ingresos asociados a la misma, factores todos ellos que contribuyen a profundizar la transición demográfica aumentando el coste de oportunidad del primer matrimonio, retrasando la edad del mismo y elevando los requisitos y el coste de la educación necesaria para incorporarse al mercado de trabajo y reduciendo el número de hijos por pareja.

Cuando, en lugar de comparar las cuencas hidrográficas, se compara el litoral con el interior de la península,

aparecen diferencias territoriales aun más acentuadas que las mencionadas arriba. Los municipios costeros de la península ocupaban solamente el 5% de la superficie, pero albergaban el 28% de la población y de las viviendas principales.

La desproporción es aún mayor en el caso de las viviendas secundarias, el 42% de las cuales se localizaba en municipios del litoral.

Por ese motivo, aun incluyendo Madrid y otras grandes áreas metropolitanas, si se excluyen los municipios con alguna porción de su territorio bañado por el mar, la densidad promedio del resto del territorio español se reduce hasta 58 habitantes y 24 viviendas por km² (20 de estas viviendas son residencias habituales y las 4 restantes secundarias; las viviendas desocupadas no se han tenido en cuenta). Todo ello referido al año 2000.

En claro contraste con lo anterior, los municipios costeros tenían una densidad media de 420 habitantes y 200 viviendas por km² (50 de ellas secundarias).

El índice medio de ocupación de segundas viviendas en España fluctuaba en el 2000 entre 20 y 80 días al año, siendo menor en el litoral y mayor en otras regiones donde se construye menos. La proliferación de segundas viviendas con índices tan bajos de ocupación tiene importantes impactos económicos, paisajísticos, urbanísticos y de uso de recursos.

El consumo medio en hogares en España en el año 2005 era de 166 l/hab/día, pero en algunas regiones este consumo se está incrementando como consecuencia del aumento de la renta per cápita y la modificación de las preferencias de vivienda hacia viviendas unifamiliares.

El análisis de los ritmos de crecimiento demográfico de la costa y el interior, también resultan útiles para marcar diferencias regionales importantes en la evolución de la demanda total de agua para abastecimientos.

Así, por ejemplo, como se mencionó más arriba, durante la pasada década la población de la Cuenca del Segura creció al doble del ritmo anual español; ese crecimiento fue aun mayor en el litoral donde el ritmo de expansión demográfica duplicó al del interior de la cuenca.

Lo mismo puede decirse de las cuencas insulares, donde es menos relevante la diferencia entre el litoral y el interior y en general de todos los municipios del Mediterráneo español. Incluso en las regiones del norte, donde la población agregada decrece, se presenta un crecimiento positivo en los municipios del litoral.

El aumento del poder adquisitivo de las familias no tiene por qué traducirse en un aumento de las necesidades básicas o prioritarias de servicios del agua (para aseo, cocinar o bebida), pero si tiene un efecto sobre otros

usos asociados a mayores niveles de bienestar como son el riego de jardines, el llenado de piscinas, además de otros usos colectivos propios de sociedades avanzadas como la limpieza de calles, el ajardinamiento de parques, rotondas y avenidas.

Estos servicios no esenciales del agua pueden considerarse dentro de la categoría de bienes superiores ya que su demanda aumenta rápidamente una vez que se superan determinados umbrales mínimos de renta.

En el caso español, estos efectos podrían explicar el aumento generalizado del uso de agua per cápita que se observan en el período 1996-2001 y que aunque en algunos casos fueron prácticamente insignificantes, en otros alcanzaron el 40% de los niveles de partida.

5.1.5. Agua y turismo

El modelo turístico predominante en España es un modelo de turismo principalmente de sol y playa, altamente estacional. Las mayores previsiones de crecimiento de la demanda para el sector turístico están asociadas fundamentalmente al desarrollo de ofertas turísticas complementarias.

El turismo ha sido una actividad estratégica en España. Es el segundo destino mundial en cuanto a ingresos totales por turismo, así como en cuanto a la recepción de número total de turistas.

Un análisis del gasto medio por turista como indicador de la calidad de la actividad turística, situaba a España en el 9º puesto a nivel mundial, por detrás de destinos emergentes como Croacia o Turquía.

El turismo no demanda grandes volúmenes de agua en total, aunque los consumos per cápita son muy superiores a la media, y el modelo turístico en España está evolucionando hacia un turismo más diversificado y que busca nuevos productos de consumo: naturaleza, cultura y turismo activo.

Se estaba produciendo un estancamiento del crecimiento turístico en las zonas tradicionales y un crecimiento en zonas no tradicionales, como el norte de la península y las zonas de interior.

Por otro lado la estacionalidad de la demanda y la concentración de segundas viviendas con índices muy bajos de ocupación, exige el sobre-dimensionamiento de las redes de distribución y depuración.

Con algunas excepciones como Palma de Mallorca o El Ejido que cuentan con una tarifa específica para el sector turístico, el mayor coste que supone el sobre-dimensionamiento de las infraestructuras de abastecimiento y depuración en zonas turísticas se repercute a

todos los usuarios por igual.

La diversificación de la oferta turística mediante el desarrollo de ofertas complementarias como campos de golf, parques temáticos, puertos recreativos, etc., altamente demandante de recursos y que han conllevado importantes desarrollos urbanísticos asociados. En lugar de cambiar el modelo turístico existente, estos procesos han resultado en la intensificación en el uso de recursos naturales. La demanda de agua para actividades de ocio complementarias crece a un ritmo mayor que los demás usos turísticos.

En términos absolutos, los 316 campos de golf existentes en 2004 consumían 124 hm³, el 45% del consumo total de turismo para todo tipo de alojamiento. Según datos de 2004, los nuevos desarrollos de campos de golf habrán supuesto un aumento de la demanda de 81 hm³, un volumen equivalente a toda la demanda adicional de alojamiento turístico.

5.1.6. Usos energéticos del agua

La energía hidroeléctrica juega un papel importante en el conjunto de la oferta energética en España, pero es necesario compatibilizar producción y protección del recurso sin incrementar el impacto en el medio.

La energía hidroeléctrica cubría entre el 12% y el 15% de la demanda anual de energía eléctrica en España en 2001 siendo particularmente importante para garantizar la estabilidad y flexibilidad del sistema eléctrico y una menor emisión de gases de efecto invernadero.

En el contexto de la lucha contra el cambio climático, el Plan de Desarrollo de Energías Renovables con objetivos ambiciosos en revisar la energía hidroeléctrica, deberá jugar un papel importante tanto en su contribución directa en potencia como indirecta al contribuir a la gestión a través de centrales reversibles. Sin embargo, esta necesidad de afrontar los retos del cambio climático debe considerar también el impacto que las infraestructuras para producción de energía hidroeléctrica tienen en el medio hídrico.

Las previsiones de potenciar la energía hidroeléctrica no contemplan en generar nuevos grandes embalses, sino que enfatizan la utilización del potencial existente, minimizando así la generación de nuevos impactos: incrementando el parque de bombeo, y desarrollando el potencial hidroeléctrico en presas y canales del Estado.

Por otro lado, se pretende potenciar la producción de mini-centrales eléctricas que generan impactos sobre los cauces fluviales, especialmente las que estén en tramos de cabecera de gran valor ecológico.

En cualquier caso, la autorización de construcción de

nuevas mini-centrales y las decisiones sobras la infraestructuras en desuso y las centrales existentes debe considerar el objetivo de conseguir el buen estado, la necesidad de analizar las nuevas modificaciones desde una perspectiva de sostenibilidad y el principio de no deterioro de las masas de agua que establece la DMA.

5.1.7. Los precios y costes de los servicios del agua

Las tasas estatales no cubren todos los costes de la Administración General del Estado para la provisión de servicios de agua, lo que conlleva que el presupuesto público debe pagar el coste de una parte importante de las inversiones.

El incremento de los gastos de las Confederaciones Hidrográficas (687 millones de euros en 2001 a 1.368 millones de euros en 2007) no se ha visto acompañado de un incremento de los ingresos, por lo que no se cubren los gastos de los organismos que se han visto en la necesidad de recurrir a transferencias para nivelar los presupuestos.

Las mayores exigencias de calidad de los vertidos urbanos están incidiendo en el precio del agua. Entre 2002 y 2005 se ha producido un incremento de los precios del agua en abastecimientos urbanos del 1,15% en términos reales.

Los precios girados por los servicios de saneamiento han pasado de representar menos del 20% del precio medio del agua a más del 30% en el plazo de 10 años. Esta tendencia persistirá en los próximos años. En 2005 el 77% de la población tenía una depuración adecuada, el 14% tenía un tratamiento adecuado, y el 9% no cumplía los requisitos de calidad. Las actuaciones pendientes pueden ser las más difíciles y costosas por tratarse de pequeñas poblaciones sin economías de escala y con habitantes con menor capacidad de pago.

Hay algunas cuestiones a considerar desde el punto de vista de la importancia de los precios para mejorar la sostenibilidad en el uso del agua:

- Existe un bajo nivel de conocimiento por parte de los ciudadanos de lo que se consume y se paga por los servicios de agua, lo que deriva en un problema de percepción de la importancia real de los precios del agua. Una gran parte de los consumidores domésticos desconocen lo que consumen y pagan por el agua que utilizan en sus hogares. Con datos de 2001 los 171 litros al día que utilizábamos como media por persona en España en los hogares nos costaba como media 0,20 euros/día (0,09 euros/día por 60 litros).
- Anualmente las empresas de agua embotellada facturaban 1.123 millones de euros en 2004, lo que representa un 27% del importe total de los costes servicios de abastecimiento, saneamiento y depuración (4.200 millones en 2002) que prestan todas las empresas suministradoras y los Organismos de Cuenca.

- El papel de las percepciones sociales es fundamental ante el tema de los precios del agua: aunque los datos indican la baja incidencia del precio del agua en la renta familiar, no es así como se presenta ante la opinión pública. Esta percepción también existe en la agricultura, donde suele rechazarse cualquier propuesta de revisión de tasas aunque el efecto real de las mismas en la renta agraria dependa de manera importante del tipo de cultivo y sea generalmente reducido.

Estudios de opinión realizados por organizaciones de consumidores y usuarios ponen de manifiesto que los usuarios estarían dispuestos a pagar más cuando esto se asocia a una mejora de la calidad de los servicios recibidos.

Es necesario aplicar nuevos criterios contables, económicos y financieros para el cálculo del coste-eficacia y para el cálculo del coste de oportunidad de las infraestructuras hidráulicas existentes y utilizar esta información como instrumento de gestión.

En el caso de nuevos proyectos e infraestructuras, la recuperación de costes debe regir su evaluación y gestión, incluyendo todos los costes financieros, ambientales y del recurso.

En el marco de la DMA y de otras directivas europeas de protección de la calidad de las aguas, es necesario integrar los costes de mitigación de la contaminación de las aguas en el cálculo de los costes de los servicios de agua, aunque la incorporación de estos costes se haga paulatinamente.

La oferta de agua en las campañas políticas, dificulta enormemente la generación de conciencia ciudadana de escasez así como la gestión racional del recurso. Es necesario proporcionar información sobre el estado de las masas de agua a los ciudadanos para que conozcan los problemas y entiendan su coste.

Es necesario acometer una reforma legal que adapte la relación entre beneficiarios y servicios y así facilite el diseño de una estructura tarifaria que permita lograr la recuperación de costes e incentive el uso eficiente del recurso. Para servicios públicos con beneficiarios individualizables, la figura tributaria que recupera los costes del servicio es la tasa.

En la actualidad no existe una figura tributaria que permita recuperar las externalidades (daños) generadas por los usos sobre el medio. Únicamente se pueden repercutir aquellos costes ambientales que se "internalizan" mediante actuaciones concretas para mitigarlos, como es el caso de las infraestructuras de saneamiento y depuración.

Los sistemas tarifarios deben establecerse de modo que los precios sirvan de incentivo al ahorro y el uso eficiente y que permitan la recuperación de costes.

Deben diseñarse estructuras tarifarias sencillas, fácilmente aplicables y comprensibles por parte de los ciudadanos. En abastecimientos urbanos, la factura del agua tiene un gran potencial como herramienta de educación pública.

La inclusión en las facturas de información sobre el ciclo del agua en las ciudades, desde su origen hasta su depuración y vertido, podría facilitar la concienciación ciudadana sobre los retos de gestión.

La implantación del principio de recuperación de costes y la modificación de la estructura tarifaria se realizará por medio de los nuevos procesos de planificación y se hará paulatinamente hasta el 2010.

Por otro lado, la DMA contempla el establecimiento de excepciones por motivos socioeconómicos o costes desproporcionados a la implementación del principio de recuperación de costes, siempre y cuando estas excepciones estén justificadas debidamente. Aunque la capacidad de pago de los usuarios no debe regir la asignación del recurso, sí debe influir el establecimiento de los precios del agua.

Distintas partes interesadas abogan por la creación de un organismo regulador que establezca criterios comunes de calidad de servicio y tarificación y que además fuera responsable de centralizar y divulgar la información. Se trata de acometer un proceso de información que aporte elementos de divulgación y sirva como herramienta de gestión.

Las subvenciones indirectas e indiscriminadas a través del precio del agua no contribuyen a generar un cambio de mentalidad colectiva. La concesión de subvenciones a un determinado sector o territorio tiene cabida en el marco de la DMA siempre y cuando estén debidamente justificadas, y sean aplicadas con transparencia.

La concesión de subvenciones a los servicios del agua es justificable en determinadas ocasiones, por razones de cohesión territorial o por falta de economías de escala. Debe evitarse subvencionar indirectamente actividades y usos que no lo necesitan, así como actividades que buscan el beneficio privado; bien sea a través del precio del agua, o a través de subvenciones cruzadas.

5.1.8. Elementos para una gestión más sostenible del agua

Las opciones para mejorar la sostenibilidad del uso del agua en España han sido debatidas en el contexto de ciclo "Uso del Agua en la Economía Española: situación y perspectivas" en el año 2007. Las principales propuestas incluyen:

- La nueva planificación del agua debe realizarse en base a estimaciones realistas de los recursos disponibles y avanzar en la concepción de las masas de agua (ríos, acuíferos y ecosistemas asociados, y aguas costeras y de transición) como sistemas vivos complejos.

- Es necesario un esfuerzo de pedagogía social del agua que contribuya al cambio de mentalidad: La dimensión cultural del cambio sostenible es vital.
- Hay que asegurar la sostenibilidad del modelo de desarrollo territorial en concertación con todas las partes interesadas y en base a una estrecha colaboración entre políticas sectoriales y entre distintas administraciones.
- Es necesaria una reconversión del regadío y una mejora medioambiental. También es necesario reivindicar una mayor legitimación y apoyo a la agricultura.
- Una gestión sostenible del agua exige preocuparse especialmente por el cumplimiento de la legislación vigente en todos los ámbitos: régimen concesional, pozos, deslinde del Dominio Público Hidráulico, canon de vertidos, etc.
- La revisión y la actualización de la información del sistema concesional vigente puede contribuir a mejorar el estado de nuestras aguas superficiales y subterráneas.
- Existe un potencial de reutilización de aguas residuales depuradas en la industria que se desarrollará en función de la evolución del contexto técnico, legal, económico y de disponibilidad de recursos.
- En los abastecimientos urbanos la implementación de la DMA puede resultar en ahorros importantes en gastos de potabilización y suministro de agua a los hogares como consecuencia de la mejora del estado cualitativo de las masas de agua. La utilización de recursos no convencionales (aguas desaladas) para abastecimientos puede ayudar a incrementar la garantía, pero presenta algunos retos. Así mismo, existe un potencial importante de reducción de la utilización de agua mediante la mejora de la eficiencia técnica de las redes y de los equipos domiciliarios.
- En el sector turístico existen grandes oportunidades de ahorro por mejora en la eficiencia de las instalaciones de modo que los crecimientos previsibles en la demanda en gran medida pueden ser satisfechos por estas mejoras. Más allá de las mejoras de eficiencia se impone la necesidad de un cambio de modelo turístico en clave de sostenibilidad.
- La contribución a la protección del agua y al mantenimiento de un régimen de caudales adecuado por parte de los productores de hidroelectricidad es fundamental y esto requiere procesos de concertación.

Es necesario tratar las cuestiones relacionadas con el precio de los servicios del agua y la aplicación del principio de recuperación de costes de los servicios del agua como un reto de gestión.

Los retos para asegurar que se paga un precio adecuado por el agua incluyen:

- Los ciudadanos tienen un gran desconocimiento de lo que consumen y lo que pagan por los servicios del agua.
- En la actualidad no se produce una recuperación total de los costes por los servicios del agua, lo que implica la existencia de subvenciones a los servicios del agua por parte de las administraciones públicas.

- La financiación pública y las subvenciones a los servicios del agua deben ser transparentes y claras en sus objetivos.
- Las figuras tributarias existentes dificultan la aplicación del principio de recuperación de costes en los servicios del agua. Es necesaria la revisión del régimen económico-financiero que permita la aplicación del principio de recuperación de costes en el 2010 tal como exige la DMA.
- Es necesario homogeneizar los criterios de tarificación y calidad del servicio. En este sentido puede ser conveniente la creación de un ente regulador que establezca estos criterios comunes.

5.1.9. El reto de las aguas subterráneas

En cuanto a las aguas subterráneas no se dispone de información suficiente para evaluar el acoplamiento entre desarrollo del recurso, sus usos y la degradación del mismo, por las razones apuntadas en el capítulo 4.

El recurso está desarrollado de forma muy irregular de unas cuencas a otras, aunque la presión media a esca-

la de Estado es reducida, en torno al 18 %. El mayor uso en la actualidad es el regadío en detrimento del abastecimiento en contra de la recomendación prevista en la DMA de utilizar este recurso preferentemente para abastecimiento. También parece existir un notable desacople con la degradación del recurso, aunque no se dispone de datos de volúmenes el número de MAS en riesgo cuantitativo o químico sería de casi el 50%.

En la revisión que realizan López Geta, J.A y López Vera, F (2006) sobre la situación del agua subterránea en España se destaca que los dos problemas críticos que amenazan la sostenibilidad de los recursos hídricos subterráneos son: las extracciones excesivas y la contaminación difusa por fertilizantes nitrogenados.

La presión por extracciones en el conjunto de las masas de agua es reducido evaluando en un 18%, sin embargo como se muestra en la tabla, mayor presión se centra en las cuencas del Segura, Júcar, Baleares, Cuenca Mediterránea Andaluza y Guadalquivir. Si bien existen masas aisladas sometidas a una explotación intensiva que superan sus recursos y agotan las reservas.

□ **Tabla 5.1.** Evaluación del riesgo de no alcanzar los objetivos de buen estado químico y cuantitativo de las masas de agua subterránea de acuerdo con los anexos 5 y 6 de la DMA. Enero de 2008.

Ámbito	Evaluación del riesgo según presiones				Riesgo en estudio	Riesgo nulo	
	Químico			Cuantitativo			
	Puntual	Difusa	Intrusión	Extracción			
MIÑO-LIMIA	0	2	0	0	2	1	3
NORTE	0	0	0	0	0	0	36
DUERO	0	12	0	5	14	0	17
TAJO	0	14	0	7	14	0	10
GUADIANA	0	15	1	6	17	0	3
GUADALQUIVIR	1	24	0	21	40	0	18
SEGURA	2	14	8	41	46	0	17
JÚCAR	0	16	14	41	44	0	35
EBRO	11	36	0	1	42	0	63
GALICIA COSTA	0	0	0	0	0	15	3
C. M. ANDALUZA	1	20	11	23	29	23	15
C. A. ANDALUZA	0	5	2	3	7	9	1
C. I. PAIS VASCO	2	0	0	0	2	0	12
C. I. CATALUÑA	23	23	10	10	25	0	14
BALEARES	42	36	30	41	42	35	13
CANARIAS	0	8	8	15	19	13	0
TOTAL	82	225	84	214	343	96	260

Fuente: Dirección General del Agua. Ministerio de Medio Ambiente. Datos de enero de 2008.

La causa hay que buscarla en la ausencia de una adecuada gestión y el descontrol del uso de este recurso. Debido a la dificultad de la administración de controlar miles de pozos dispersos en una gran extensión, perforados por la iniciativa privada en un marco normativo complejo, inadecuado y con múltiples lagunas. Según datos de 1998 (MMA, 2000) de pozos que extraen más de 7.000 m³/año sólo estaba registrado uno de cada cinco. A partir de 2005 esta situación muestra una tendencia a corregirse por

las razones que se exponen más adelante.

La complicada situación registral creada por la Ley de Aguas de 1985 al coexistir aprovechamientos de carácter público y privado y aprovechamiento de distintos volúmenes como se muestra en la tabla 5.2, dificulta aun más esta labor. A esto hay que añadir la dificultad de la administración de controlar los volúmenes extraídos.

□ **Tabla 5.2.** Situación registral de los aprovechamientos de aguas subterráneas

Registro de aguas	Sección A	Públicas	6%
	Sección B	< 7.000m ³ /año	28%
	Sección C	Temporalmente privadas	22%
Catálogo de aprovechamientos		Privadas	44%

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente, 2000.

La solución para garantizar la sostenibilidad del agua subterránea pasa por desarrollar una gestión colectiva de las MAS. Entendiendo por gestión colectiva del agua subterránea la gestión llevada a cabo por el conjunto de los usuarios de la MAS, con la autonomía necesaria para que se trate de una auténtica autogestión sin perjuicio del control de la Administración que será previo, autorizando o no la constitución de la Entidad de autogestión, y podrá también producirse después de verificar la sujeción a las disposiciones legales y a las normas de autocontrol aprobadas al constituirse la Entidad de gestión colectiva, López Vera, F (2007 a y b).

Esta gestión implica tanto a los usuarios como al organismo de cuenca siendo el órgano de gestión colectivo el intermediario entre unos y otros. Sin esta figura intermediaria la distancia entre administrados y Administración pasa a agrandarse con los problemas derivados que puede conllevar: falta de conocimiento del territorio, mala definición de los problemas, aplicación de soluciones poco apropiadas, etc.

La existencia de un órgano de gestión colectiva que representa a todos los usuarios de un acuífero y todos los usos del agua traslada los problemas individuales a la colectividad ya que, por el mismo principio que rige el ciclo integral del agua, en realidad, los problemas de unos y otros acaban siendo los de todos: es el ciclo integral del problema.

En este sentido, la gestión colectiva asume la concurrencia de intereses. En la explotación de un acuífero concurrirán el interés general o social, el común de todos los que se beneficien o estén llamados naturalmente a beneficiarse de sus aguas y el particular de cada uno de los titulares de un derecho de aprovechamiento, López Gunn, E.; Martínez Cortina, L. (2006).

Una correcta gestión de un acuífero o unidad hidrogeológica se resume fundamentalmente en que sus usuarios adecuen las extracciones de agua subterránea a las posibilidades reales de los acuíferos y promuevan su protección.

Una gestión eficaz de un acuífero sólo puede llevarse a cabo con la participación de los propios usuarios, mediante las llamadas Comunidades de Usuarios de Aguas Subterráneas (CUAS), Codina Roig (2002). Desde su crea-

ción los principios de solidaridad, eficacia y ahorro deben presidir las actuaciones de una comunidad de usuarios. Las CUAS deben tener una visión del ciclo del agua desde el punto de vista de la gestión jurídica, tecnológica, económica y social del agua. Sin uno de estos pilares este ciclo se presentaría de manera parcial. Como instituciones las CUAS asumen una responsabilidad social corporativa al preservar un acuífero para su uso, mediante los instrumentos jurídicos, técnicos y económicos pertinentes.

Para la gestión colectiva de las aguas existen distintas fórmulas de colectivización como son las sociedades agrarias de transformación, las sociedades civiles y las comunidades de usuarios. A parte de las citadas anteriormente, existen otros colectivos de usuarios de aguas subterráneas que se agrupan en Asociaciones de Titulares de Aguas Privadas, Comunidades de Bienes, etc. de menor implantación.

Por otra parte la participación pública en la gestión del agua es un valor reconocido a escala internacional, López-Vera, F; Cisneros Britto, P (2006) y en ella se basa la propuesta de modificación de la Ley de aguas "La gestión de las aguas subterráneas: propuesta desde la participación", elaborada por el Grupo de Trabajo del Agua subterránea, Ministerio de Medio Ambiente y Universidad Autónoma de Madrid (2006).

En este contexto en los últimos años se han realizado varios ensayos para alcanzar el buen estado cuantitativo en MAS en riesgo, adoptadas de forma consensuada con los usuarios. A continuación se muestra algunas de las estrategias desarrolladas en algunas zonas que marcan el camino a seguir para conseguir la sostenibilidad de este recurso y en particular para alcanzar el buen estado cuantitativo en MAS sometidas a intensa explotación, adoptados de forma consensuada con los usuarios.

1. Estrategia Alto Guadiana

Adquisición permanente de derechos privados de uso a través de un Centro oficial de Intercambio (hasta el presente se han realizado tres ofertas públicas de adquisición de derechos), combinada con una serie de medidas para la reconversión de la actividad económica de la zona, dentro del Plan Especial del Alto Guadiana recientemente aprobado (RD 13/2008, BOE de 24-1-08).

2. Estrategia Cuenca del Júcar

Sustitución parcial de bombeos de agua subterránea en acuíferos fuertemente explotados (Mancha Oriental, Vinalopó-Alacantí, Marina Baja) por agua superficial de la propia cuenca, junto con adquisición temporal de derechos de uso de agua subterránea en sequías.

3. Estrategia Campo de Dalías

Sustitución parcial de bombeos de agua subterránea por agua desalada y agua residual depurada.

El segundo grave problema que amenaza al agua subterránea es la contaminación por nitratos, para atajar este problema la única vía por ahora es seguir con la implantación de las Directivas 91/676/CEE y el desarrollo de programas de actuación previstos en la Directiva 2006/118/CE y para una mayor eficacia involucrar a las CUAS.

En cuanto al grado de satisfacción de las necesidades actuales ambientales, ecosistémicas, paisajísticas, culturales, sociales y económicas relacionadas con las aguas subterráneas hay que señalar:

- Existe un notable vacío en cuanto a la información disponible por la disparidad de criterios utilizados, que tiene su raíz en que la DMA no recoge una definición precisa de "ecosistema asociado", lo que ha dado pie a la utilización de términos similares con una notable imprecisión: ecosistema dependiente, ecosistema directamente dependiente, pero la mayoría de las veces se toma únicamente ríos cuyos caudales dependen de modo directo de las aguas subterráneas, Ministerio de Medio Ambiente (2006).
- Desde el punto de vista paisajístico los trabajos disponibles se centran en zonas húmedas con lámina de agua temporal o perenne de alimentación hipogea, pero existe un casi total desconocimiento de la formación de suelos y manchas de vegetación freatófita en zonas de descarga difusa del agua subterránea, sobre todo en regiones subhúmedas y semiáridas.
- El agua subterránea ha estado siempre muy vinculada a las tradiciones y cultura local. Raro es el lugar que no tiene una fuente de especial devoción vinculada a leyendas locales. El descenso generalizado del nivel freático por la explotación ha dejado en seco la mayoría de estas fuentes y manantiales, habiendo sido conectadas en numerosos casos a los sistemas municipales de abastecimiento al objeto de conservarlas.
- En lo referente a los aspectos socioeconómicos, el agua subterránea cubre un importante papel por su eficiencia y alto rendimiento en la agricultura. Si bien se encuentra en riesgo por la sobreexplotación y el deterioro.

5.2. Cambio climático y ciclo hidrológico

5.2.1. Ciclo hidrológico en la cuenca

El agua es un recurso renovable especial ya que no nace, se produce o surge sino que su cantidad se mantiene constante en la Tierra desde hace aproximadamente 3.000 millones de años.

Es cierto que las erupciones volcánicas liberan agua del manto terrestre en forma de vapor, pero esta inyección de agua compensa la pérdida que por fotólisis se produce en las capas altas de la atmósfera hacia el espacio.

Por tanto, ¿por qué se caracteriza como renovable un recurso cuya dotación, como la del petróleo, el carbón o los minerales, ha sido fijada desde el origen de los tiempos? Lejos de parecer retóricos hemos de señalar que en la explicación de esta paradoja se hallan los principios que deberían definir el criterio de sostenibilidad de la gestión del agua.

La suma de todas las aguas del globo terrestre ha arrojado en cualquier tiempo el mismo resultado: aproximadamente 1.400 millones de km³ de agua. El agregado de todo el vapor, de toda el agua dulce y salada siempre se ha mantenido constante.

Pero lo que distingue al agua del oro, del hierro, o del petróleo, es que aquella se transforma continuamente entre sus diferentes fases, que de vapor es capaz de convertirse en líquido, que de agua superficial se infiltra y vuelve a aflorar, que del mar se evapora para bañar los continentes.

Lo que tantas veces se ha visto dibujado en los libros de texto, el ciclo del agua, el perfil donde el océano, el sol, las montañas los ríos y los acuíferos forman una inmensa rueda en movimiento perpetuo, sin sumideros ni manantiales. Heráclito no se refería al agua cuando advirtió de que el hombre nunca se baña dos veces en el mismo río. Más bien se refería al ser humano, que cambia y envejece, y no al agua, que siempre es la misma porque se renueva continuamente gracias a la energía del sol y al poder de depuración de los organismos que en ella viven. ¿Existirán mañana personas que puedan bañarse en los mismos ríos? A esto intenta contestar la sostenibilidad.

Esta constancia del volumen total de agua presente en el planeta no debe ocultar la enorme variedad con la que en el tiempo se distribuye entre sus diferentes fases, con la irregularidad con que se manifiesta en las distintas zonas de la Tierra.

En la Península Ibérica, durante los últimos 50 años el agua total que ha precipitado ha sido de 15.000 km³. Y el agua que ha fluído por los ríos hacia los mares ronda los 5.000 km³.

La diferencia ha sido el agua que se ha transformado en vapor sobre nuestra superficie (10.000 km³). Por tanto, 5.000 km³ de agua que fundamentalmente proceden de los océanos ha nutrido de lluvia al país durante los últimos 50 años.

La Península, ha estado recibiendo un saldo neto de lluvia oceánica que no se ha evaporado en el territorio. Las cuencas hidrográficas españolas no son una excepción, se abren a los océanos, reciben su influencia, influyen a su vez en las zonas costeras y ayudan al diseño de las playas, al transporte de nutrientes, en suma, a conformar la ecología de estos medios marinos de los que a su vez dependen. La tradicional visión de la cuenca como sistema continental debería ampliarse para contener estas zonas costeras que dejan sentir el influjo de las aguas que en ella

desembocan. Algunas cuencas incluso afectan a su propio clima y crean la lluvia convectiva de la que continuamente se nutren, ya que se alimentan de la evapotranspiración que genera su propia vegetación. En España, cada 3 gotas que lloven, 2 se evaporan, por lo que 1 gota adicional entra desde los mares que la circundan.

El ciclo del agua de cada cuenca hidrográfica no es autónomo, sino que depende del vapor de agua que recibe o inyecta en el ciclo global que como se ha visto mantiene el saldo total de agua constante.

El vapor de agua existente en la atmósfera (unos 13.000 km³) representa tan sólo el 0,03% de toda el agua dulce del planeta, y el 5% del agua que fluye superficialmente (ríos y lagos).

Pero de este vapor de agua procede la lluvia, es decir, que 13.000 km³ de vapor provocan 250.000 km³ de lluvia sobre los continentes. Cada gota de vapor se multiplica, por tanto, en 20 gotas de lluvia continental.

Un factor clave de la sostenibilidad del uso humano de este ciclo natural del agua lo ofrece la velocidad a la que gira esta rueda hidráulica, durante los últimos años a razón de 20 litros de lluvia por litro de vapor. Una aceleración provocaría más lluvia, pero su ralentización acarrearía mayor aridez.

El agua se renueva de forma natural en una cuenca hidrográfica, que es el lugar donde se encuentran las fases atmosférica, superficial y subterránea del agua. La renovación del agua en cada cuenca no es constante ni en el tiempo ni en el espacio. A diferencia de otros recursos renovables, el agua es un flujo variable cuya distribución temporal y espacial, y cuya calidad, dependen de las características físicas y ecológicas de la cuenca hidrográfica y de sus condiciones meteorológicas, complejas interacciones que enlazadas en el tiempo provocan la aparición de un volumen de agua en un momento y en un punto del territorio de la cuenca, ya sea como un flujo de escorrentía, de evaporación, de infiltración o de drenaje subterráneo, cada una de las diferentes fases del ciclo hidrológico.

Una cuenca hidrográfica es un sistema abierto ya que ciertos flujos de agua atraviesan sus límites orográficos: rara vez la evapotranspiración de una cuenca coincide con su lluvia, lo que indica que existen flujos de vapor de agua entre cuencas y entre estas y el océano; o la misma existencia de acuíferos compartidos entre cuencas demuestra que a través del subsuelo ciertas aguas fluyen entre cuencas de forma natural.

Pero una cuenca hidrográfica es un sistema natural que estructura el territorio según las direcciones de drenaje de sus aguas. La red de ríos de una cuenca hidrográfica cumple la misión ecológica de arrastrar, depurar y limpiar el territorio. Como una red de transporte, los ríos ponen en conexión diferentes ecosistemas y zonas

bioclimáticas, y transmiten energía, información, biodiversidad y materia.

Por ello, las cuencas hidrográficas, aún siendo sistemas abiertos, confieren a sus territorios un sentido, una estructura: una cuenca hidrográfica es una red de vínculos a través del agua y de su capacidad para transportar sólidos y vida, para depurar, para disolver y mezclar.

Es el agua la que ha orientado los territorios hacia el mar, la que ha hecho bascular la orografía hacia los océanos donde terminan las cuencas. Por todas estas razones la unidad de estudio y conocimiento del agua en el territorio y en la naturaleza debe ser la cuenca hidrográfica: un sistema abierto e integrado.

El Cambio Climático se prevé que modifique espacial y temporalmente el ciclo hidrológico y por tanto los balances de agua, esto en concomitancia con otros cambios causados por el hombre, principalmente por cambios de uso del suelo conforman un escenario de cambio global que ya está dañando gravemente.

5.2.2. Cambio climático y régimen de las cuencas

Cada cuenca se abre al exterior a las dos grandes coberturas fluidas y envolventes del planeta, los océanos en lo que desemboca y la atmósfera que la alimenta. La cuenca se halla expuesta al influjo de ambos medios, que actúan sobre ella de forma poco predecible.

Pero la cuenca hidrográfica es capaz de transformar este influjo "azaroso" de lluvias, vientos, temperaturas y humedades en el orden estructurante de la red de drenaje de la cuenca, de modo que si bien resulta difícil predecir las tormentas, sí en cambio, se podrá saber con más precisión cómo la precipitación se va a transformar en una escorrentía o en una infiltración hacia el suelo y los acuíferos.

La cuenca hidrográfica simplifica la complejidad del clima, y amortigua o concentra de forma más predecible los efectos de una tormenta, una sequía o el cambio climático según determinadas direcciones de flujo, superficies drenantes o medios porosos.

Cada cuenca hidrográfica, afectada por unas condiciones climáticas, transforma su precipitación en el agua que fluye por sus ríos y por sus acuíferos.

La influencia es bidireccional, de tal modo que tanto las condiciones fisiográficas y biológicas de la cuenca afectan al clima propio, como a la inversa, que el clima influye sobre el territorio y los flujos de agua.

El agua en la naturaleza es limitada, y que se tenga más o menos agua discurriendo por los ríos, por ejemplo, dependerá de la velocidad del ciclo hidrológico, de la velocidad que transforma agua marina y transpiración en vapor y éste

en precipitación que escurre por el territorio hacia los océanos. Menos velocidad significa menos agua líquida sobre los continentes.

El motor es el sol y su capacidad para calentar los océanos y las plantas. Cualquier elemento que altere la radiación solar, y en concreto, la radiación medida sobre la superficie terrestre, alterará la velocidad del ciclo del agua, y por tanto, del agua a la que potencialmente podrá acceder el ser humano. El sistema climático global se haya acoplado al ciclo hidrológico, de tal modo que no podrían entenderse por separado.

Pero el clima y el agua se hacen patentes de modo singular en cada cuenca hidrográfica. El clima aporta una velocidad de giro particular al ciclo del agua de cada cuenca hidrográfica.

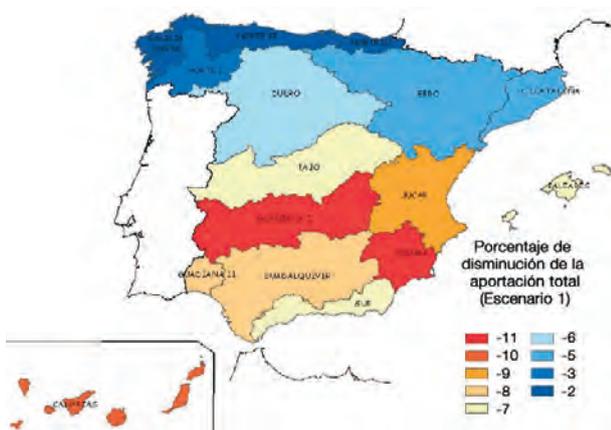
Como un mecanismo complejo, cada noria climática gira a la velocidad particular de cada cuenca hidrográfica y entre todas afectan al ciclo climático e hidrológico global. Cualquier alteración en el giro de uno de esos engranajes podría afectar al todo, más si esa alteración resulta global y afecta a todas a la vez, tal y como el cambio climático está provocando.

Ello producirá una aceleración y, por tanto, más vapor de agua y más lluvias por efecto del calentamiento global.

Pero como cada noria climática e hidrológica sufrirá una alteración diferente por la radiación solar que sobre ella incide, y como su giro se verá a su vez afectado por el de las norias adyacentes, podrá ocurrir que a pesar de que las manecillas aceleren su velocidad, haya algunas que se ralenticen, soportando condiciones climáticas de mayor aridez.

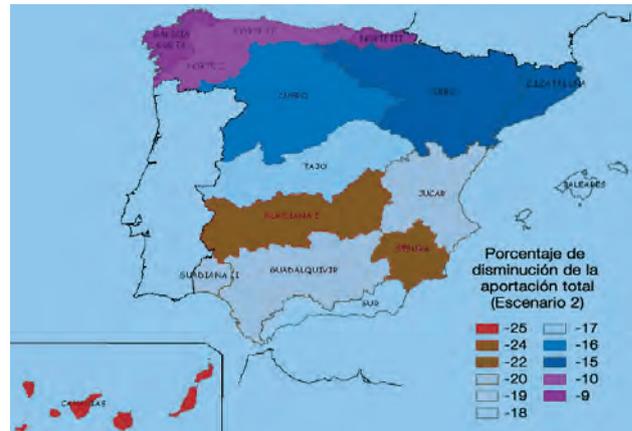
Al fin, más que de un reloj, o de una noria hidrológica, se estaría hablando casi de una ruleta que acciona la propia sociedad con sus emisiones de gases de efecto invernadero.

□ **Figura 5.5.** Disminución de la aportación total a largo plazo según escenarios climáticos. Escenario 1.



Fuente: Ministerio de MA y Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (CH-CEDEX), 2008.

□ **Figura 5.6.** Disminución de la aportación total a largo plazo según escenarios climáticos. Escenario 2.



Fuente: Ministerio de MA y Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (CH-CEDEX), 2008.

Esta máquina solar que trabaja condensando agua en forma de lluvia resulta muy sensible a las condiciones climáticas y a las alteraciones geofísicas del territorio, en síntesis, a la difusión del calor solar y a los cambios en las masas vegetales de los que depende en suma el agua que evapotranspira y que posteriormente se condensa para precipitar.

De ahí que llueva tan heterogéneamente sobre el territorio, o que la distribución temporal sea tan errática, que el ciclo del agua sea tan vulnerable a los cambios climáticos provocados natural o antrópicamente. No hay que olvidar que el volumen de agua dulce que se mueve representa una singularidad, una ínfima parte del total de agua que contiene nuestro planeta (3%, de la que sólo un 0,02% fluye por ríos y lagos).

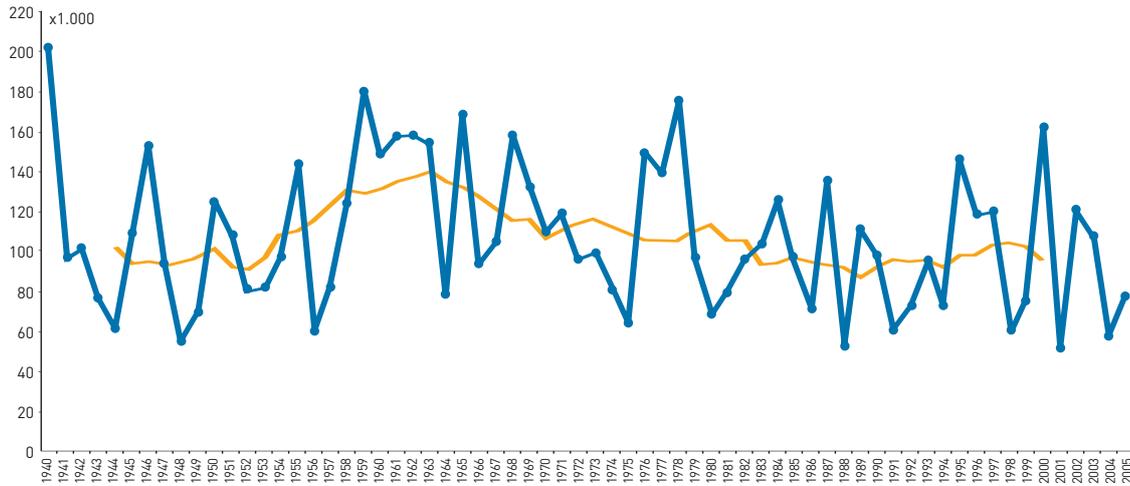
Una pequeñísima alteración en la velocidad de giro de esta máquina solar que es el ciclo del agua planetario tendría impactos devastadores en la distribución y magnitud de los recursos hídricos mundiales.

□ **Tabla 5.3.** Comparación entre aportaciones medias anuales (Hm³/año) según modelo LB-PHN, período 1940-1995, y el ampliado hasta 2005/06, y desviaciones

Demarcación	Aportación 1940/41-1995/96	Aportación 1940/41-2005/06	Desviación respecto a 1940/41-1995/06
NORTE	43,494	42,737	-1.74%
DUERO	13,861	13,533	-2.37%
TAJO	10,533	10,299	-2.22%
GUADIANA	5,464	5,299	-3.03%
GUADALQUIVIR	8,770	8,669	-1.15%
CUENCAS MEDITERRÁNEAS DE ANDALUCÍA	2,446	2,393	-2.17%
SEGURA	817	769	-5.96%
JÚCAR	3,493	3,426	-1.90%
EBRO	17,189	16,630	-3.25%
CUENCAS INTERNAS CATALUÑA	2,742	2,658	-3.06%
ESPAÑA	109,948	107,458	-2.26%

Fuente: Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (CH-CEDEX), 2008.

Figura 5.7. Aportaciones anuales (hm³) en régimen anual en la Península Ibérica (azul) y media móvil (10 años).



Fuente: Ministerio de MA y Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (CH-CDEX), 2008.

5.3. Una aproximación general a la evaluación integral de las cuencas

5.3.1. Los flujos en la cuenca

Habitualmente se contempla el ciclo del agua independientemente en cada cuenca hidrográfica, sin tener en consideración que las cuencas son ventanas abiertas al clima global, antenas que recogen en función de su orientación y posición las gotas condensadas del vapor de agua atmosférico. Más aún, se simplifica la cuenca hidrográfica como si toda ella se redujera a su punto de desagüe al mar y como si allí hubiera un grifo del que saliera toda el agua que los habitantes de la cuenca pueden utilizar. Tal es el mensaje que transmite el concepto de recurso hídrico, un caudal que fluye hacia el mar a través de un embudo.

La consecuencia lógica de esta premisa consistiría en explotar la cuenca hasta que no saliera ni gota. Pero independientemente de las funciones que el agua de una cuenca cumple saliendo al mar, la simpleza conceptual del grifo impide ver la realidad y la complejidad del agua en una cuenca hidrográfica.

Todos los lugares de una cuenca hidrográfica están cosidos por el agua, todos sus puntos son parte de la red de drenaje, su más pequeño trozo de tierra recibe agua y deja pasar agua.

La metáfora del grifo informa de que los recursos hídricos medios del país son unos 110 km³ al año. Los contadores de caudal que son los desagües de las principales cuencas hidrográficas arrojan esa cifra. Pero en España existe mucha más agua, toda la que drena cada punto del territorio. Si el agua que se le quita a un punto

del territorio no volviera a él, es decir, si el consumir agua significara gastar el agua, la metáfora del grifo podría servir: cada punto de consumo de agua sería como un pinchazo en la cuenca hidrográfica, cuanto más exprimida más eficaz su gestión.

Sin embargo, el agua en el planeta es constante y su consumo por el ser humano no la gasta sino que la transforma, sólo la hace cambiar de fase o altera su velocidad de flujo, de giro de la rueda hidráulica. Pero nunca se pierde agua, no existen fugas, sino transporte. Los ríos, los acuíferos, en suma, la red de drenaje superficial y subterráneo de una cuenca hidrográfica se asemeja a una plataforma transportadora de peculiar constitución, ya que tanto el medio de transporte como la mercancía transportada coinciden (hasta la infraestructura de transporte la ha construido el agua erosionando, acumulando y disolviendo).

Cuando se toma agua se extrae tanto un volumen transportado como también un trozo del propio vehículo. Una vez usada, se quiera o no, todo el agua se restituye al ciclo, una parte en otros puntos de la red, el resto como vapor de agua.

Por el grifo hidráulico de España salen, de media, unos 110 km³ de agua. Si este recurso hídrico se divide entre la población cada habitante tocaría a unos 2.500 m³ de agua anuales. Se deducen de ello dos consecuencias erróneas, no acordes con la realidad. Primero, si todos los españoles consumieran en sus hogares y actividades lúdicas y económicas ese volumen per cápita los ríos y los acuíferos españoles quedarían exhaustos y ni una gota de agua llegaría al mar ya que toda el agua habría sido usada. Segundo, se habría dejado sin agua a la red de drenaje y por tanto, los cauces quedarían secos, sin ningún recurso hídrico para la naturaleza.

Pero el agua no se gasta con su consumo, y el mismo volumen que fue extraído deberá retornar al medio ambiente hídrico, ya sea como vapor o como vertido directo, difuso o indirecto (una vez consumida la mercancía que incorpora agua: bebidas embotelladas, verduras, alimentos, etc.).

Por tanto, si se consumiera todo el recurso hídrico (110 km³), el volumen de retorno correspondiente volvería a la red de drenaje y finalmente desaguaría al mar. De media cada habitante transforma en vapor de agua el 50% del agua que consume, y por tanto, el restante volviera a los cauces como vertido de aguas residuales.

Finalmente 55 km³ de agua llegarían al mar y habrían fluído por la red de drenaje, eso sí, con una distribución temporal y geográfica diferente en función de cómo se usó el agua y cómo se verificaron los vertidos.

Normalmente, los consumos se distribuyen a lo largo de la red de drenaje de forma no homogénea, y los retornos de unos consumidores son utilizados por otros situados aguas abajo de la red de drenaje. Las únicas limitaciones a un uso perfecto en cadena están relacionadas con la calidad del agua y con la energía necesaria para transportarla y depurarla.

El uso no gasta el agua en sí, pero la deteriora en calidad y la detrae de unos puntos de la red para transportarla y finalmente verterla en otros con menos energía potencial.

Dadas las cifras que se manejan respecto al agua que drena el territorio, la cantidad de agua no supone, en general, ningún factor de estrés, y por tanto, de escasez, sino la calidad del recurso y la energía necesaria para moverla y transformarla.

La evapotranspiración que algunos usos del agua genera, sobre todo la agricultura de regadío, podría considerarse, a nivel local, como una pérdida de agua, en la medida en que es un flujo que según las condiciones climáticas podría en parte no revertir de nuevo sobre ese mismo territorio en forma de lluvia. Aunque claro está, ese vapor nunca saldría del ciclo global del agua. El agua es un recurso limitado, pero no escaso.

Sólo esa parte del flujo de evapotranspiración generado artificialmente por la acción humana sobre la cuenca hidrográfica y no convertido en lluvia en su interior podría ser llamada con propiedad, y sólo a escala de esa cuenca, como una pérdida, un porcentaje a sustraer del agua que la drena y que potencialmente podría ser utilizada por la sociedad.

5.3.2. Índices de estrés hídrico

Los índices de estrés hídrico o de pobreza de agua que miden el porcentaje de agua que se usa en relación a la aportación natural, en la medida en que consideran como máxima agua utilizable la del grifo de la cuenca hidrográ-

fica, no informan adecuadamente sobre la sostenibilidad de su uso, ya que resulta de importancia suma considerar también en la evaluación cómo se reutiliza el agua en la cuenca hidrográfica, cómo se la transporta y qué intensidad energética lleva aparejada su uso.

Evidentemente a mayor porcentaje de agua utilizada respecto al volumen que drena al mar, mayor intensidad de uso, y en principio, a igualdad del resto de los factores de la ecuación, mayor estrés e insostenibilidad. Pero la información adecuada sobre el grado de sostenibilidad de la gestión se obtiene cuando se considera la red de drenaje de agua y el flujo que pasa realmente por cada punto del territorio.

En el caso, por ejemplo de dos usuarios que demandan el mismo volumen de agua, uno para regar y el otro para usos domésticos. El indicador de estrés hídrico ofrecería en ambos casos el mismo valor, pero el uso agrario evapotranspira más agua y por tanto su vertido resulta menor, por lo que el impacto sobre el caudal de agua resultará mucho más elevado, es decir, menor caudal de agua potencialmente útil para otros usuarios situados aguas abajo.

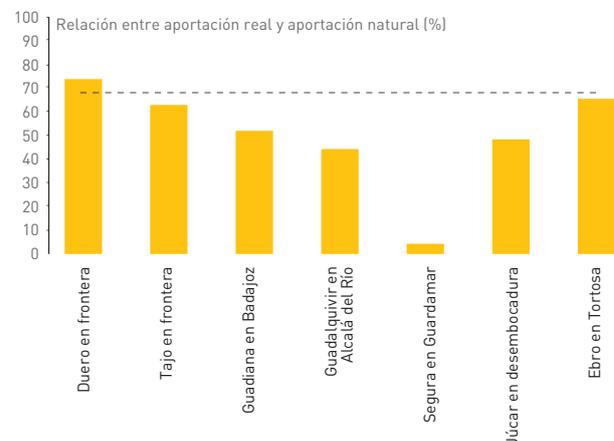
Referido únicamente al caudal de agua, el uso menos sostenido en cuanto a evapotranspiración resulta más sostenible, pero el indicador de estrés no distingue entre ambos.

El agua que pueda utilizar la naturaleza dependerá de cómo se inserten esos bucles inherentes al metabolismo social del agua, en suma, de cuánta agua se extraiga del medio ambiente y cómo se devuelve, de dónde se realicen dichas detracciones y dónde los vertidos o evaporaciones inherentes a su uso.

5.3.3. Indicador de intensidad de uso

Resulta más adecuado utilizar el indicador de intensidad de uso, el cociente entre el agua que realmente desagua la cuenca y la que hubiera desaguado de forma natural.

□ **Figura 5.8. Intensidad de uso: relación entre aportación real y aportación natural (%).**



Fuente: Ministerio de MA y Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (CH-CDEX), 2008.

En síntesis, lo que muestra la figura de intensidad de uso (Figura 5.8) no es la cantidad de agua que se consume en cada cuenca respecto al recurso renovable, sino el porcentaje de agua que sale del ciclo fundamentalmente por evapotranspiración, o que se incorpora a los productos inducida por actividades humanas, como el regadío. En el caso del Segura estas cantidades son de más del 90% del agua total que discurre por su cuenca en condiciones naturales. Pero este indicador no expresa la sostenibilidad en su totalidad, sino uno de sus elementos, la intensidad de uso expresada como pérdida fundamentalmente por evapotranspiración artificial. Por ejemplo, si se observa el abastecimiento a Madrid, formado por una serie de embalses de gran capacidad que almacenan agua en la cabecera de los ríos serranos y que la transportan por medio de grandes tuberías a los centros de demanda urbana.

Los ríos, aguas debajo de las presas y hasta que se realiza el vertido de aguas residuales de las depuradoras de Madrid, quedan materialmente secos durante decenas de kilómetros sin posibilidad de ser utilizados ni por la sociedad ni por la naturaleza. El estrés hídrico medido como porcentaje del recurso total utilizado sería el mismo que el que produciría la misma población de Madrid extendida a lo largo de los cauces, con tomas de agua distribuidas a lo largo de la red de drenaje y con vertidos de aguas residuales situados a poca distancia.

Pero en este caso la red de drenaje apenas notaría el uso de agua en cuanto a cantidad, ya que el caudal apenas notaría merma. En este caso unos usuarios reutilizarían parte del agua cedida por los vertidos de otros, y siempre que cuidáramos la calidad del vertido y las condiciones ecológicas de los cauces el uso intenso de agua pero respetuoso con la naturaleza se podría mantener. En ambos casos el caudal de agua de la red de drenaje aguas abajo de la conurbación sería el mismo (el de entrada aguas arriba menos la pérdidas por evapotranspiración), pero la situación del tramo intermedio resulta muy diferente. Está claro que a igualdad de intensidad de uso el segundo caso resulta más sostenible.

Si Madrid duplicara su población y no alterara su patrón de gestión hídrica debería importar agua de otras cuencas. En cambio, ese otro Madrid distribuido si también doblara su población no necesitaría recurrir a fuentes externas de agua, el río tan sólo notaría un descenso de las pérdidas por evapotranspiración de la nueva población.

Evidentemente no se propone extender Madrid como solución a sus posibles problemas de abastecimiento hídrico, sino comparar dos casos donde el agua se gestiona de forma diferente con resultados claramente diferenciados en cuanto a sostenibilidad y comprobar, sin embargo, que el indicador de estrés y de intensidad de uso es el mismo, pero no así su sostenibilidad.

5.3.4. Alteraciones metabólicas y sostenibilidad

El metabolismo social que se inserta en el ciclo natural

del agua altera tanto la velocidad del ciclo hidrológico como la distribución y calidad de las fases del agua. En ningún momento el uso humano del agua deja de ser cíclico, porque el agua que sale de la naturaleza acaba llegando a ella y nuevamente al ser humano, pero el metabolismo social, industrial y agrícola puede provocar, sobre la situación natural, incrementos del agua evaporada, de las infiltraciones, descensos de los niveles freáticos y por tanto de los drenajes subterráneos, contaminación, almacenamientos artificiales de agua y por tanto alteraciones en las velocidades de paso del agua entre fases, etc.

La sostenibilidad obliga a adaptar las alteraciones metabólicas sobre los ciclos del agua a las necesidades del medio ambiente y por tanto, a la necesidad que tiene la sociedad de abastecerse con agua de calidad, ya que aún se precisa del medio ambiente para poder usar agua de calidad, sobre todo para beberla. La calidad del agua se erige así en el principal parámetro para evaluar las políticas del agua y su sostenibilidad, ya que ese uso en cascada del agua a través del ciclo hidrológico y a lo largo de los ríos y de los acuíferos sólo puede verificarse si el propio medio ambiente hídrico mantiene una mínima calidad ecológica, ya que es ella la que hace útil el agua para los usos humanos, y por tanto, para el bienestar y crecimiento económico. El agua no se consume con su uso, no se gasta cuando se la utiliza, porque los agentes sociales y económicos sólo la incorporan transitoriamente a su metabolismo, y en igual cantidad que la tomaron será expulsada, con una cierta demora temporal, y eso sí, alterada posiblemente en sus condiciones de calidad, estado y fase.

En ningún momento el agua es consumida por el metabolismo social, como sí lo son una hogaza de pan o un litro de gasolina. El agua que riega una planta se transforma en tejido de la planta, en transpiración, en evaporación o en infiltración. Nada se gasta ni se pierde, porque incluso el agua estructural de la planta acabará en algún río cuando haya sido consumida en algún proceso. Por ello, el agua es un bien público, porque su uso deja la misma agua potencialmente asequible para otro usuario. Evidentemente, según las condiciones de uso, la siguiente reutilización podrá ser más o menos dificultosa a nivel de coste energético, pero aquí contamos con la inestimable ayuda del sol y su capacidad para hacer más fácil el acceso a agua útil para el ser humano. Por estas razones, el agua resulta asimilable a la categoría de los bienes públicos, como lo son la atmósfera, los océanos, los paisajes, el arte o el conocimiento científico, entre otros muchos.

El metabolismo (endosomático) de la naturaleza se inserta en este ciclo, porque el agua en el que viven los organismos y el agua que todos beben, entra, se incorpora y sale, y por tanto, forma parte del ciclo hidrológico antes descrito. Pero también el metabolismo social (exosomático) que incorpora agua en sus procesos industriales y agrícolas, que no crean ni consumen agua, sino que sólo

la transforman, acelerando, retrasando o perturbando el flujo natural del ciclo hidrológico.

La gestión humana del agua por tanto, no es una gestión de la escasez (aunque se puede y debe gestionar en

condiciones de escasez), ya que siempre es la misma y nunca desaparece, sino de las fases y calidades del agua en el ciclo hidrológico. El agua es limitada, pero puede dar muchas vueltas y se presenta infinitamente.

□ Figura 5.9. Ciclos vitales.



Fuente: Elaboración propia.

5.3.5. La clave de la calidad del agua

Un indicador principal para analizar la sostenibilidad del sistema de gestión desde el punto de vista de la disponibilidad del recurso hídrico es la calidad del agua, ya que ésta es la que garantiza, cuando existe, tanto su uso directo como la posibilidad de reutilizarla, tanto directa como indirectamente. La calidad del agua asegura junto con su cuenca la propia funcionalidad del agua como recurso económico, ambiental y social. Y la capacidad que ésta tiene de satisfacer los requerimientos ambientales, y por tanto, de tener capacidad para convertirse en factor de producción, en regeneradora de residuos y en suministradora de bienestar y servicios sociales.

La mejor manera de evaluar esta funcionalidad la recoge la Directiva Marco del Agua cuando afirma que el objetivo de la planificación del agua consiste en garantizar su calidad ecológica. La DMA considera que el río es una fábrica de agua para la sociedad y para la economía, y por tanto, intenta asegurar su correcto funcionamiento. Esta fábrica funciona biológicamente, es decir, por obra de la capacidad que posee la biodiversidad que atesora de depurar los vertidos. La capacidad que posee una cuenca de ofrecer agua utilizable por la actividad humana y de hacerlo muchas veces a través de la reutilización directa e indirecta, procede de que quede garantizada su calidad ecológica. No significa esto que las demandas de agua quedan relegadas a un segundo plano, sino que precisamente para garantizar plenamente las demandas de agua de la sociedad la calidad ecológica de los ríos debe mantenerse. Esta calidad ecológica de cada masa de agua será función de la zona climática donde se encuentre y de sus particulares factores biofísicos y geográficos. La planificación hidrológica de cada cuenca hidrográfica debe definir las calidades ecológicas de cada masa de agua para asegurar la sostenibilidad del uso del recurso.

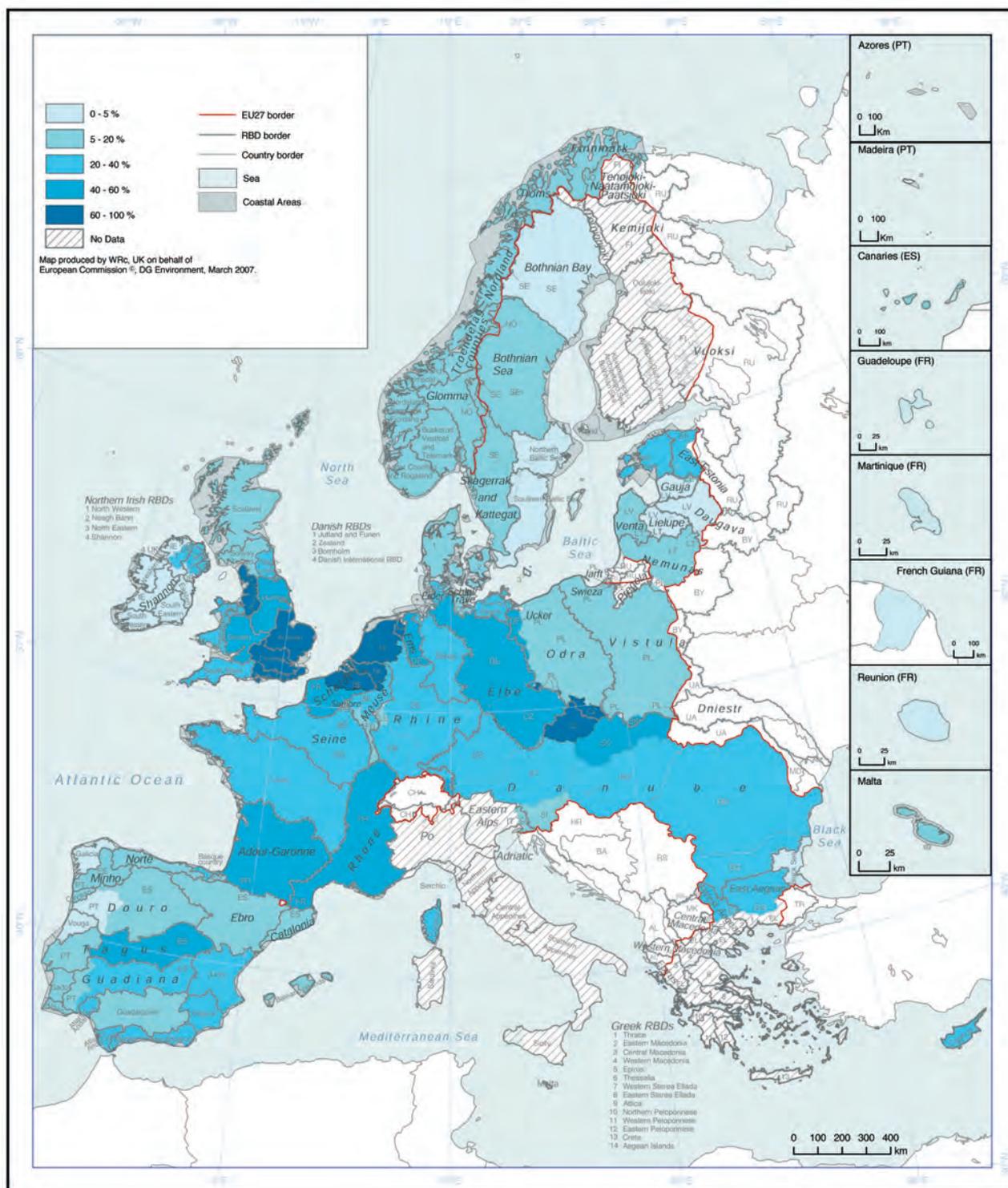
5.3.6. Masas de agua muy modificadas y niveles de riesgo

La mejor imagen de cuán lejos o próximos estamos de la sostenibilidad del modelo de gestión para cada cuenca resultaría de evaluar los porcentajes de las masas de agua de dicha cuenca que están muy modificadas (no alcanzan una mínima calidad ecológica) o son artificiales (todo según el Art 5 de la Directiva Marco) y de evaluar además el nivel de riesgo para las masas de agua existentes, es decir, la probabilidad de que la masa de agua por las presiones que recibe y los impactos que representan, no cumpla la calidad ecológica, medido a sensu contrario por el porcentaje de dichas masas que no está en situación de riesgo y que puede también aplicarse a las masas de agua subterráneas.

Las cuencas con alto porcentaje de masas de agua muy modificadas con alteraciones significativas de sus condiciones hidromorfológicas y en las que además muy pocas de las masas de aguas no estén en riesgo de no cumplir los objetivos de calidad, son un enorme desafío cara a la recuperación de su calidad, dado los costes implicados, y deberían ser objeto de la máxima atención teniendo además en cuenta el cambio climático que magnificará en general su precaria situación.

Una primera aproximación a este ejercicio de evaluación de la situación y riesgos de las masas de agua de las distintas grandes cuencas y de las masas de agua subterráneas ha sido realizado a nivel europeo por la Agencia Europea de Medio Ambiente y los resultados se recogen en las Fig 5.10/11/12 y muestran el potencial de estos indicadores en cuyo perfeccionamiento hay que continuar. Ejercicio en el que España dada la cantidad de datos y capacidades de evaluación existentes puede ser una referencia.

Figura 5.10. Porcentaje de masas de agua artificiales y muy modificadas. Versión 22/03/2007.



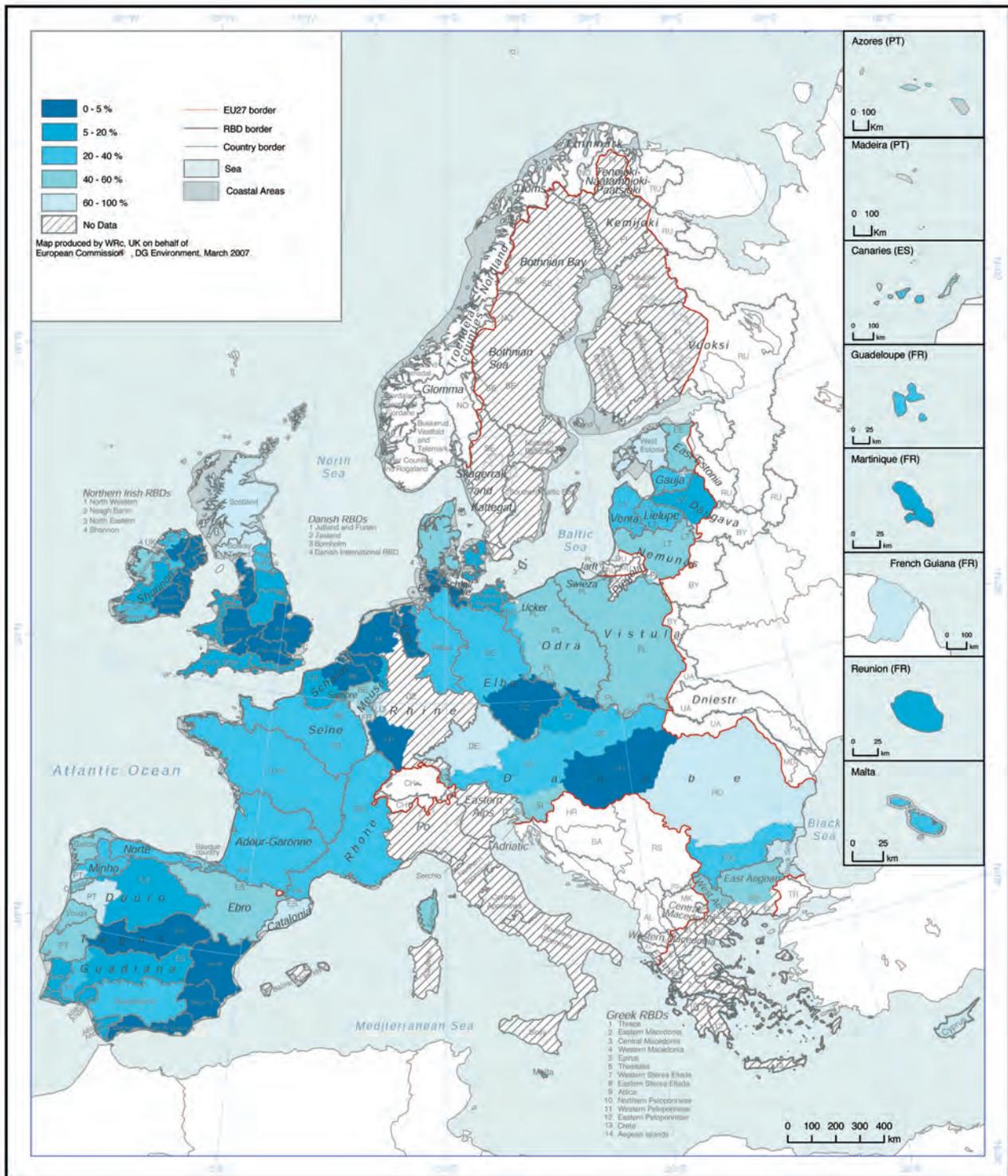
Presentado de acuerdo con:

- 1) Grecia: Identificación de masas de agua artificiales y muy modificadas no completada.
- 2) Finlandia: Los datos suministrados no han sido presentados ya que los datos solicitados consistían en "número de lagos" y "longitud de ríos", pero el dato "longitud de ríos" no ha sido proporcionado.
- 3) Italia: Suministro de datos incompleta. Datos no presentados.
- 4) Letonia: Sólo datos proporcionados para masas de agua muy modificadas.

- 5) Noruega: Sólo Datos proporcionados para masas de agua muy modificadas. Los datos de cuencas, son datos medios totales nacionales.
- 6) Polonia: Para datos por cuencas, sólo datos entregados del Odra y RBDs.
- 7) Suecia: Datos sólo para masas de agua muy modificadas.
- 8) Reino Unido: Irlanda del Norte: Los datos por cuencas sólo se presentan datos medios regionales.

Fuente: Agencia Europea de Medio Ambiente, 2008.

Figura 5.11. Porcentaje de masas de agua superficiales sin riesgo. Versión 22/03/2007.



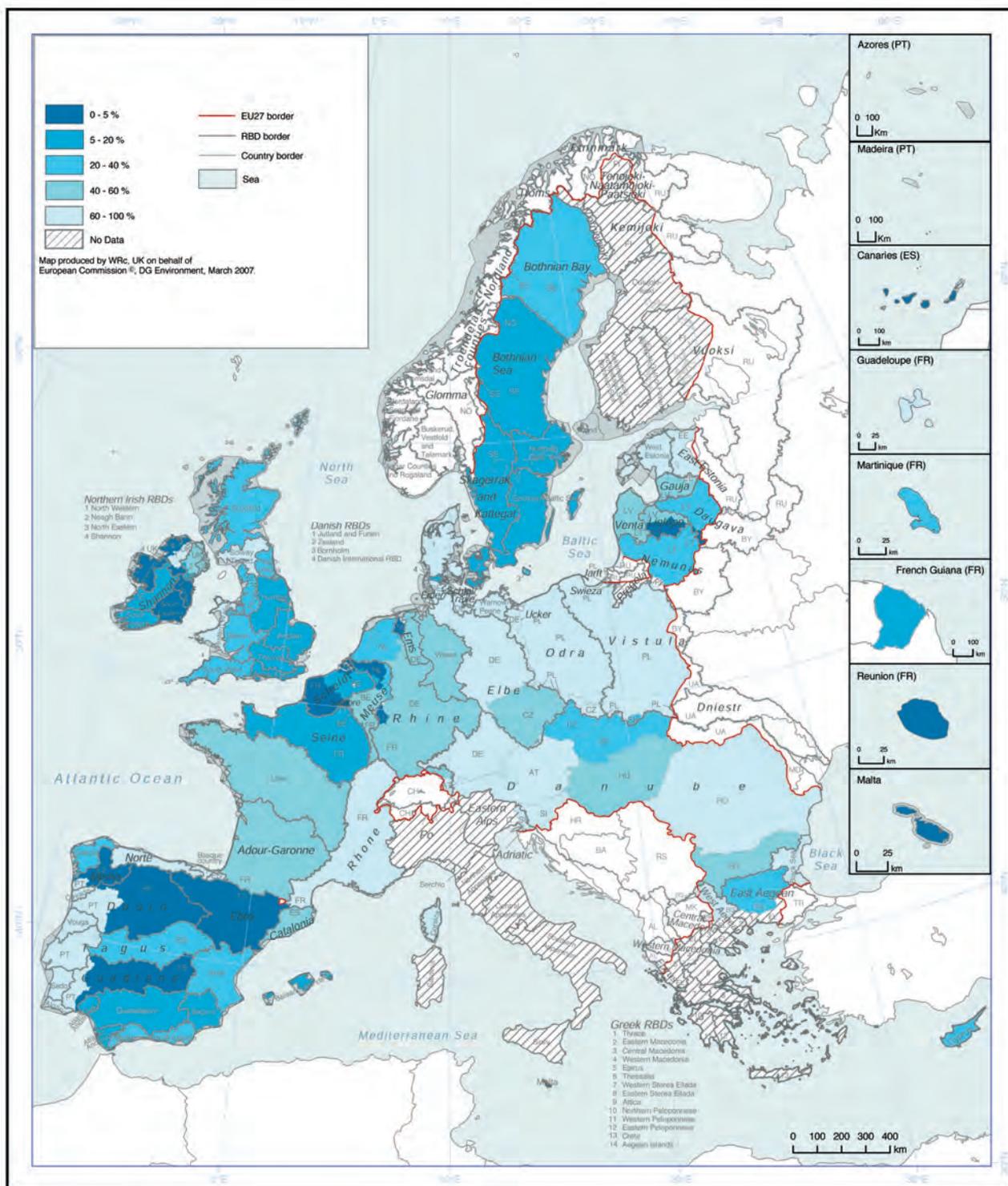
Presentado de acuerdo con los Informes del Artículo 5 de la Directiva Marco de Agua

1) La evaluación de riesgos para muchas de las masas de agua en la mayoría de los Estados Miembros no ha sido concluida debido a la falta de datos. No se han valorado porcentajes de masas de agua debido al insuficiente rango de datos, de 0 a 68%, siendo la media de un 32% para los 23 países que han proporcionado datos.
2) Alemania: No se han proporcionado resultados de evaluación de riesgos para la cuenca del Rhine.

3) Finlandia, Grecia e Italia: No se han proporcionado resultados de evaluación de riesgos.
4) Polonia: Datos sólo para las cuencas del Odra y Vistula.
5) Suecia: No se muestran datos de evaluación de riesgos des-agregados a nivel regional.

Fuente: Agencia Europea de Medio Ambiente, 2008.

Figura 5.12. Porcentaje de masas de agua subterráneas sin riesgo. Versión 22/03/2007.



Presentado de acuerdo con:

- 1) La evaluación de riesgos para muchas de las masas de agua en la mayoría de los Estados Miembros no ha sido concluida debido a la falta de datos. No se han valorado porcentajes de masas de agua debido al insuficiente rango de datos, de 0 a 80%, siendo la media de un 26% para los 24 países que han proporcionado datos.
- 3) Finlandia, Grecia e Italia: No se han proporcionado resultados de evaluación de riesgos
- 4) Polonia: Datos sólo para las cuencas del Odra y Vistula.

Fuente: Agencia Europea de Medio Ambiente, 2008.

Como se aprecia, el reto resulta enorme, dado el gran número de masas de agua muy modificadas que existen y el riesgo al que están sometidas. Llama la atención la cantidad de masas de agua que aún están en estudio, lo que avala la necesidad de impulsar el conocimiento riguroso y profundo de los ríos y acuíferos para evaluar mejor su potencial ecológico y los impactos y presiones a los que se encuentran sometidos.

5.4. Sinergias Agua y Energía. Análisis del ciclo de vida del agua en clave energética

Otro elemento fundamental de análisis en relación con la gestión del agua son los aspectos energéticos, ya que el agua no sólo resulta, por su energía potencial, un generador de energía hidroeléctrica, sino que como volumen que hay que transportar y transformar para su uso, su manejo conlleva un indudable gasto energético, por lo que un factor clave de la sostenibilidad del modelo de gestión del agua se relaciona con su consumo energético y las emisiones de gases de efecto invernadero que produce.

Para ello resulta apropiada la metodología del "Análisis de Ciclo de Vida", en el que se analiza desde su captación en el medio natural hasta su vertido, todos los componentes energéticos que están involucrados, tanto en el manejo (transporte, potabilización, depuración, regeneración, tratamientos para reutilización, etc.) como en la construcción de las infraestructuras necesarias.

El concepto de servicio hidráulico permite definir el ciclo del agua del modo siguiente: el ciclo integral del agua comprende la totalidad de las actividades que es necesario realizar para que los usuarios de un sistema de suministro puedan obtener los servicios hidráulicos demandados, y para que las aguas residuales o retornos sean recogidas y tratadas hasta dejarlas en condiciones de ser devueltas a la Naturaleza o de ser destinadas a nuevos ciclos de uso.

Las principales conclusiones son las siguientes:

- La producción de agua caliente sanitaria (ACS) puede representar entre el 65 y el 85% del consumo energético en el ciclo de vida del agua urbana.
- La energía incorporada en las infraestructuras y reactivos puede representar, en proyectos con transporte a grandes distancias de agua con calidades deficientes, hasta el 50% del total de emisiones en el ciclo del agua fría.
- La calidad del agua de entrada en un sistema de abastecimiento tiene una considerable influencia en el consumo energético a lo largo de todo el ciclo, ya que incide en el coste energético de la potabilización,

en los consumos de reactivos, jabones y detergentes, en el rendimiento y durabilidad de las redes de distribución y los equipos de ACS, y en los costes energéticos de la reutilización.

- Las emisiones del ciclo global del agua urbana evaluadas con un enfoque ACV oscilan típicamente entre 7,5 y 10 kg de CO₂ por m³ facturado. De estas emisiones, entre 6 y 7 kg. corresponden a la producción de ACS y el resto al ciclo del agua fría. La cifra inferior (7,5 kg) es representativa de suministros con recursos cercanos superficiales o subterráneos de buena calidad, y la superior a recursos de baja calidad y/o transportados desde grandes distancias.

Los resultados que se obtienen en la evaluación energética de proyectos con metodologías ACV y con metodologías convencionales son muy distintos.

En un ejercicio de primera aproximación se han calculado con enfoque ACV las emisiones generadas en un sistema urbano teórico con un consumo de 10 hm³/año alimentado con agua desalada, y las generadas en ese mismo sistema pero alimentado con recursos superficiales o subterráneos, ambos con 1.000 µS/cm de conductividad, y con parámetros de distancias y bombeos tales que finalmente generen las mismas emisiones globales. Se ha incluido siempre la reutilización como actividad obligada.

El resultado se muestra en la tabla 5.4, diferenciando entre el abastecimiento (hasta la entrega al usuario), el ciclo completo del agua fría (incluyendo la depuración y la reutilización) y el ciclo integral, incluyendo la utilización con producción de ACS.

Para tres sistemas que generan emisiones globales equivalentes si se calculan con el enfoque ACV, las emisiones que se obtienen de los análisis convencionales son muy dispares, llegándose a triplicar las emisiones al utilizar unos u otros recursos para el suministro.

En la segunda parte de la tabla se presenta la distribución de las emisiones en las distintas fases del ciclo de vida del agua urbana para ese mismo sistema.

Puede observarse la importancia de las emisiones generadas en la etapa de utilización debidas al gasto energético en la producción de ACS, según se señalaba más arriba. Se observa también la influencia de la conductividad del agua de entrada en las etapas de utilización y reutilización.

□ **Tabla 5.4.** Evaluación del riesgo de no alcanzar los objetivos de buen estado químico y cuantitativo de las masas de agua subterránea de acuerdo con los anexos 5 y 6 de la DMA. Enero de 2008.

	Origen del recurso		
	Superficial	Subterráneo	Marino
Parámetros geométricos			
Conducciones (km)	270	140	50
Bombes totales en aducción y distribución (m)	200	570	60
Afecciones hidroeléctricas (m)	150	0	0
Conductividad del agua servida ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1.000	1.000	400
Evaluación con enfoque convencional (sin afecciones, inversiones, reactivos ni ACS)			
Total abastecimiento	0,76	1,24	2,20
Total ciclo agua fría	0,94	1,42	2,38
Evaluación con enfoque de Análisis de Ciclo de Vida			
Total abastecimiento	1,56	1,58	2,49
Total ciclo agua fría	2,44	2,46	2,97
Utilización (con ACS)	6,79	6,79	6,27
Total ciclo agua urbana	9,23	9,25	9,24
Distribución por fases del ciclo del agua urbana con enfoque ACV			
Captación + Aducción	1,18	1,28	0,25
Potabilización + Distribución	0,38	0,30	2,25
Utilización (incluyendo ACS)	6,79	6,79	6,27
Alcantarillado + depuración	0,48	0,48	0,48
Reutilización (Ósm. Inv ³ . si Conductividad > 1.700 $\mu\text{S}/\text{cm}$)	0,40	0,40	0,00
Total ciclo agua urbana	9,23	9,25	9,24

Fuente: Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (CH-CDEX), 2008.

En España no existe por el momento información respecto a los consumos energéticos y las emisiones agregadas de CO_2 en el ciclo integral del agua. Con los conocimientos y las herramientas de cálculo desarrolladas sobre metodologías ACV se puede estimar la magnitud que pueden alcanzar estas variables. Es una aproximación meramente orientativa que requiere asumir ciertas hipótesis genéricas, pero puede servir para fijar una cota superior del problema en primera instancia, y sobre todo estimular la investigación en este terreno.

Como magnitudes principales del sector del agua en España se han adoptado las proporcionadas por el INE para 2005, completadas con algunos datos del MMA. Los resultados se presentan en la tabla 5.5. Las aguas depuradas han sido extrapoladas a partir de los datos de 2003. Sobre esta base se han calculado los consumos energéticos y las emisiones en un escenario hipotético definido con los parámetros medios para el conjunto del sistema.

□ **Tabla 5.5.** Uso del agua en España por fuentes y usos principales. Año 2005. $\text{hm}^3/\text{año}$.

	Superficial	Subterránea	Desalada	Total Alta	Efic. Distr.	Registrada	Depurada
Abastecimiento	3.318	1.362	145	4.826	83%	4.002	3.321
Agricultura	14.755	3.190	185	18.130	91%	16.505	
Industria	860	409	10	1.279	82%	1.048	762
TOTAL	18.933	4.960	340	24.234	89%	21.555	4.083

Fuente: INE y MMA, 2007.

En ese escenario, los consumos eléctricos en el ciclo del agua fría (Tabla 5.6) serían del orden de 11.400 GWh anuales. El coste unitario para el agua urbana resulta ser de 1,17 kWh por m^3 en contador de usuario. Interesa señalar

la aceptable coincidencia de este resultado con el de 1,04 kWh/ m^3 obtenido para las Cuencas Internas de Cataluña (ACA, 2008) con una metodología de inventario totalmente distinta de la aquí aplicada.

□ **Tabla 5.6.** Primera aproximación a los consumos eléctricos en los usos del agua en España. Año 2005.

	Consumos unitarios por USH (kWh/m ³)				Consumos agregados (GWh/año)			
	Superficial	Subterrán.	Desalada	Media	Superficial	Subterrán.	Desalada	TOTAL
Agua urbana (ciclo agua fría)	0,91	1,36	5,32	1,17	2.513	1.538	642	4.693
Agua agraria (Inc. desalobración)	0,24	0,64	3,00	0,34	3.172	1.857	505	5.533
Agua industrial (ciclo agua fría)	0,87	1,41	5,45	1,08	614	473	45	1.132
Total usos del agua en frío					6.299	3.868	1.191	11.358
ACS eléctrica (20% total)	3,82	3,82	3,66	3,82	10.521	4.318	441	15.281
Total consumo eléctrico					16.821	8.186	1.632	26.639

Fuente: Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (EH-CEDEX), 2008.

Las emisiones derivadas de los consumos eléctricos mecánicos, que son los que habitualmente se computan en los análisis energéticos del uso del agua, son del orden de 4,7 millones de toneladas anuales de CO₂ y representan algo menos del 1,1% del total de emisiones españolas en 2005, que fue de unos 442 millones de toneladas. Incluyendo los consumos térmicos estas emisiones se multiplican por siete. Si el análisis se realiza con enfoque ACV se obtiene un total de algo más de 43 millones de toneladas, lo cual representa del orden del 9,9% de las emisiones totales.

El cálculo de emisiones con metodología ACV no tiene valor estadístico, pues obviamente en los inventarios oficiales las emisiones reales del ciclo del agua están distribuidas entre los diversos sectores emisores (energía, industria, construcción, residencial-comercial,

etc.). Lo que el enfoque ACV permite detectar con mayor precisión que cualquier otra metodología es el montante de las emisiones globales sobre las que es posible influir a través de las políticas del agua tanto de cantidad como de calidad, y sobre todo, las áreas en las que las posibles medidas de intervención pueden resultar más eficaces para la reducción de emisiones.

Las conclusiones del análisis ACV del agua recomiendan ciertas revisiones de las estrategias de compensación de emisiones y, en general, de los criterios habituales de gestión del binomio agua-energía. Las directrices básicas deben ser la prioridad al uso de recursos cercanos, la gestión de la demanda, la mejora de la calidad del agua de entrada en los abastecimientos y la máxima eficiencia en la producción de agua caliente tanto doméstica como industrial.

□ **Tabla 5.7.** Primera aproximación a las emisiones de CO₂ en los usos del agua en España. Año 2005.

	Emisión unitaria por USH (kg CO ₂ /m ³)				Emisiones agregadas (kt CO ₂ /año)			
	Superficial	Subterrán.	Desalada	Media	Superficial	Subterrán.	Desalada	TOTAL
A. CICLO AGUA FRÍA								
Agua urbana	0,38	0,57	2,22	0,49	1.049	642	268	1.959
Agua agraria	0,10	0,27	1,25	0,14	1.324	775	211	2.310
Agua industrial	0,36	0,59	2,27	0,45	256	197	19	473
Total emisiones AF					2.629	1.615	497	4.741
B. CICLO AGUA CALIENTE								
Agua urbana	5,84	6,03	7,44	5,94	16.082	6.812	898	23.792
Agua agraria	0,10	0,27	1,25	0,14	1.324	775	211	2.310
Agua industrial	7,05	7,28	8,67	7,14	4.970	2.440	71	7.481
Total emisiones AF+AC					22.376	10.027	1.180	33.582
C. ENFOQUE ACV*								
Agua urbana	7,17	7,16	8,68	7,21	19.728	8.083	1.047	28.858
Agua agraria	0,39	0,36	1,55	0,40	5.303	1.046	261	6.610
Agua industrial	7,74	7,78	9,50	7,76	5.455	2.608	78	8.141
Total emisiones ACV					30.486	11.737	1.386	43.609

* Incluye ciclo AF + AC, inversiones, reactivos y afecciones hidroeléctricas.

Fuente: Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (EH-CEDEX), 2008.

Las emisiones derivadas de los consumos eléctricos mecánicos, que son los que habitualmente se computan en los análisis energéticos del uso del agua, son del orden de 4,7 millones de toneladas anuales de CO₂ y representan algo menos del 1,1% del total de emisiones españolas en 2005, que fue de unos 442 millones de toneladas. Incluyendo los consumos térmicos estas emisiones se multiplican por siete. Si el análisis se realiza con enfoque ACV se obtiene un total de algo más de 43 millones de toneladas, lo cual representa del orden del 9,9% de las emisiones totales.

El cálculo de emisiones con metodología ACV no tiene valor estadístico, pues obviamente en los inventarios oficiales las emisiones reales del ciclo del agua están distribuidas entre los diversos sectores emisores (energía, industria, construcción, residencial-comercial, etc.). Lo que el enfoque ACV permite detectar con mayor precisión que cualquier otra metodología es el montante de las emisiones globales sobre las que es posible influir a través de las políticas del agua tanto de cantidad como de calidad, y sobre todo, las áreas en las que las posibles medidas de intervención pueden resultar más eficaces para la reducción de emisiones.

Las conclusiones del análisis ACV del agua recomiendan ciertas revisiones de las estrategias de compensación de emisiones y, en general, de los criterios habituales de gestión del binomio agua-energía. Las directrices básicas deben ser la prioridad al uso de recursos cercanos, la gestión de la demanda, la mejora de la calidad del agua de entrada en los abastecimientos y la máxima eficiencia en la producción de agua caliente tanto doméstica como industrial.

De las primeras aproximaciones realizadas al análisis con enfoque ACV se desprenden algunas líneas específicas de actuación para la compensación y la mitigación de emisiones a lo largo del ciclo del agua, que son igualmente aplicables a sistemas alimentados con recursos superficiales, subterráneos o marinos:

Para todo el ciclo del agua, como medidas transversales:

- Reducción de consumos mediante gestión de la demanda.

La gestión de la demanda reduce el volumen de agua que es necesario entregar en los puntos de uso, y este ahorro se transmite, amplificado, a todo el ciclo del agua, tanto a las actividades de inversión como a las de explotación.

- Utilización prioritaria de aguas blandas en el ciclo urbano e industrial del agua.

La calidad del agua, y en particular la dureza de la misma, puede afectar de modo considerable al rendimiento de los equipos de calentamiento de agua, en los que se genera el principal gasto energético de todo el ciclo del agua.

En las fases de captación, aducción, potabilización y distribución:

- Medida activa clave: utilización de fuentes de energía eléctrica renovables.

Estas fases tienen en común el uso de energía eléctrica en bombeos como principal consumo energético, por lo que su impacto se puede mitigar asociándoles capacidad de generación eléctrica renovable.

- Medidas preventivas: uso de recursos cercanos y reducción de pérdidas.

El uso de recursos cercanos es uno de los criterios más eficaces para la mitigación de emisiones en infraestructuras y en impulsiones. La reducción de pérdidas en una fase disminuye las emisiones en todas las fases anteriores.

En la fase de utilización:

- Medida activa clave: uso de energía solar para la producción de agua caliente.

Esta es la medida con mayor capacidad de mitigación de emisiones en todo el ciclo del agua, muy por delante de cualquiera otra.

En las fases de alcantarillado, depuración y reutilización:

- Medida activa clave: recuperación de la energía de los gases de depuración.

Esta es una medida de gran importancia, tanto para generar compensaciones energéticas como para evitar la emisión de metano a la atmósfera en las EDAR.

- Medida preventiva: proteger la calidad de las aguas residuales en la recogida.

Eliminando la intrusión de aguas salobres o marinas en los alcantarillados se pueden evitar o reducir los costosos procesos de ósmosis para la reutilización.

6

**FUNCIONALIDAD DE LAS CUENCAS
COMO CALVE PARA LA SOSTENIBILIDAD:
ALGUNOS CASOS PILOTO**

funcionalidad de las cuencas como clave para la sostenibilidad: algunos casos piloto

En este capítulo se trata de realizar una evaluación acerca de la funcionalidad del agua a escala de cuenca. Este análisis constituye un reto por varias razones: la información disponible para algunos aspectos, como los socioeconómicos, no siempre está disponible a escala de cuenca, dado que los datos de origen suelen generarse para otros ámbitos territoriales, como el municipal o el de comunidad autónoma; son muchos los temas implicados y éstos han de analizarse de forma integrada, dado que no necesariamente un conjunto de diagnósticos sectoriales ofrece una adecuada visión global y, finalmente, es necesario detectar las cuestiones clave, identificar la información y datos relevantes para las mismas y aplicar cuando ello es posible los indicadores pertinentes, evitando que la profusión de datos en algunos campos dificulte una visión de conjunto. Respondiendo a esta intencionalidad general, se ha realizado una primera propuesta de análisis integrado de la funcionalidad del agua a escala de cuenca, con tres estudios de cuencas piloto (i) la experiencia enriquecedora de la Cuenca del Segura; (ii) un nuevo método de gestión en las cuencas mediterráneas en entornos de gran consumo urbano: el caso de la Región de Barcelona y (iii) hasta dónde llega el conocimiento de una cuenca, la cuenca del Jalón (efluente del Ebro).

El enfoque metodológico que se propone lleva a cabo un análisis integrado a escala de cuenca acerca de los usos, sostenibilidad, mantenimiento de las funciones ambientales del agua y eficacia de su gestión.

Es necesario hacer constar que el análisis realizado no constituye en absoluto una versión definitiva del enfoque metodológico propuesto, ni tampoco los temas abordados o la información utilizada tienen pretensión alguna de exhaustividad. Se trata más bien de una primera aportación que responde a la intención general enunciada acerca de cómo abordar la funcionalidad del agua a escala de cuenca desde una perspectiva integrada, apor-

tación susceptible de mejoras en versiones posteriores de este enfoque. Una de tales líneas de mejora está constituida por nuevos avances en la aplicación de indicadores a escala de cuenca, tanto en relación con la reformulación y maduración de algunos de los aquí presentados, como en la definición y aplicación de nuevos indicadores.

Se parte de la base de que un uso sostenible del agua a escala de cuenca es aquél que mantiene la multifuncionalidad del agua. Por tanto, saber si existe un uso sostenible del agua y que mantiene sus diversas funciones en las cuencas requiere contestar una serie de cuestiones a las que trata de dar respuesta las tres cuencas piloto que se estudian a continuación. Son estas:

- La derivación de agua para usos humanos ¿se hace en una cuantía razonable? ¿Cuánta agua se gasta y qué representa? Este diagnóstico, ¿mejora o empeora a lo largo del tiempo?
- ¿Se hallan los usos del agua razonablemente integrados en el ciclo hidrológico natural?
- ¿Se mantienen las principales funciones ambientales del agua (mantenimiento de paisajes, espacios naturales, biodiversidad)?
- ¿Se realiza una gestión eficiente de los recursos y de las infraestructuras hidráulicas?
- ¿Se aplica una gestión adaptativa de los recursos hídricos y teniendo en cuenta el cambio climático?
- ¿Se fortalecen las instituciones para una gestión más sostenible del agua?

En cada una de las cuencas, se adjunta un cuadro a modo de análisis integrado de los principales resultados de los estudios.

6.1. Cuenca del Segura

El análisis de la cuenca se organiza a través de la identificación de una serie de preguntas clave interrelacionadas, puesto que las respuestas a una cuestión suelen tener implicaciones importantes en la cuestión o cuestiones siguientes. A la hora de abordar estas preguntas se han identificado distintos datos cuantitativos e indicadores, cuando ello es posible, complementados con información cualitativa pertinente.

Como se decía, se parte de la base de que un uso sostenible del agua a escala de cuenca es aquél que mantiene la multifuncionalidad del agua. Por tanto, saber si existe un uso sostenible del agua y que mantiene sus diversas funciones en la cuenca requiere contestar a las preguntas planteadas.

En cualquier caso el enfoque aplicado ha permitido un diagnóstico comprensivo pero sintético acerca del estado general de la sostenibilidad y la funcionalidad del agua en la cuenca del Segura, enfoque que se considera puede ser aplicable, con las oportunas adaptaciones, a otros territorios y cuencas.

La respuesta a tales preguntas se aborda atendiendo a distintos aspectos temáticos, que se detallan a continuación y se desarrollarán en los siguientes epígrafes. Se añade al comienzo una síntesis de los principales resultados.

6.1.1. Datos básicos de la Cuenca del Segura

6.1.2. La derivación de agua para usos humanos ¿se hace en una cuantía razonable? ¿Cuánta agua se gasta y ello que representa? Este diagnóstico, ¿mejora o empeora a lo largo del tiempo?

- A/ Cuentas del Agua. Agua disponible y consumos
- B/ Índice de Consumo
- C/ Proporción de masas de agua subterránea con extracciones superiores a las recargas
- D/ Análisis histórico entre recursos disponibles y demandas en la cuenca del Segura

6.1.3. ¿Se hallan los usos del agua razonablemente integrados en el ciclo hidrológico natural?

- A/ Flujos de agua por cauces naturales y por canalizaciones artificiales
- B/ Salidas de los acuíferos a través de manantiales y a través de bombeos
- C/ Proporción de regadío ubicado fuera de fluvisoles
- D/ Evolución de la salinidad de las aguas

6.1.4. ¿Se mantienen las principales funciones ambientales del agua (mantenimiento de paisajes, espacios naturales, biodiversidad)?

- A/ Los caudales circulantes

- B/ Presión por extracciones
- C/ Espacios naturales y flujos hídricos
- D/ Estado ecológico de las riberas. Índice QBR
- E/ Estado Ecológico

6.1.5. ¿Se realiza una gestión eficiente de los recursos y de las infraestructuras hidráulicas?

- A/ Capacidad de embalse respecto a los recursos renovables y evolución en el tiempo
- B/ Pérdidas por evaporación directa desde embalses y balsas de riego
- C/ El ahorro de agua y la reducción de las pérdidas en el regadío y en los usos urbanos
- D/ Gestión de la calidad del agua como un componente de su disponibilidad para los usos
- E/ Productividad y eficiencia económica de los usos del agua

6.1.6. ¿Se aplica una gestión adaptativa de los recursos hídricos y teniendo en cuenta el Cambio Climático?

- A/ La gestión adaptativa en la fase de planificación de los usos del agua
- B/ La tendencia a la reducción de los recursos disponibles
- C/ Medidas de adaptación al Cambio Climático

6.1.7. ¿Se fortalecen las instituciones para una gestión más sostenible del agua?

- A/ Gestión de acuíferos sobreexplotados
- B/ Gestión de depuración y vertidos
- C/ Recuperación de costes
- D/ Información disponible sobre el agua

Cuenca del Segura: Análisis integrado

Según el Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura (PHCS) los recursos hídricos globales propios de la cuenca se situarían próximos a los 1.000 hm³, a los que cabría sumar el agua transferida desde la Demarcación del Tajo, con una media entre 1979 y el año hidrológico 2006/07 de 324 hm³. En relación con los consumos, el regadío ha experimentado un incremento muy importante coincidiendo sobre todo con la puesta en marcha y desarrollo del trasvase Tajo-Segura, de forma que el regadío consume cerca del 90% del agua total utilizada en la cuenca. La población ha experimentado también un aumento muy notable, destacando el incremento en más de 157.000 viviendas secundarias en las zonas costeras de Murcia y Alicante, que aumentan la demanda de agua de forma no proporcional, dado su mayor consumo per cápita. El Índice de Consumo (proporción de agua captada para usos consuntivos) según los datos del PHCS se eleva a un 187%. La Agencia Europea de Medio Ambiente considera para el Índice de Explotación Hídrica que valores superiores al 20% indican estrés y superiores al 40% estrés severo. Un Índice de Consumo del 187% constituye un valor completamente insostenible y una presión difícilmente asumible por los sistemas naturales. Por otra parte el 46% de las masas de agua subterránea presenta unas extracciones que superan las surgencias en régimen natural, lo que impide atender las funciones ambientales de tales masas.

La situación de insostenibilidad del uso del agua actual en la Demarcación del Segura entronca con un proceso histórico de considerable inercia impulsado por el crecimiento del regadío por las expectativas de nuevos recursos hídricos a través de distintos proyectos hidráulicos. A este proceso de insostenibilidad creciente en los últimos años está contribuyendo el incremento de los usos urbanos y turísticos. La escasa contención de las fuerzas motrices (regadío y usos urbanos y turísticos) juega un papel fundamental en el aumento de presión sobre los sistemas naturales, lo que ha redundado en una reducción de la funcionalidad ambiental del agua.

Para mantener las múltiples funcionalidades del agua es muy importante que los recursos hídricos se utilicen y gestionen, en la mayor medida posible, dentro de los flujos naturales del agua. La creciente utilización de canales artificiales para la conducción de agua implica en muchos casos la correspondiente reducción de los caudales circulantes por los cauces naturales y, en el caso de las tuberías de conducción de agua bombeada desde los acuíferos, de las surgencias a través de fuentes y manantiales, lo que implica una reducción, en ocasiones muy notable, de la funcionalidad ambiental de estos sistemas naturales. La red de canales de la MCT y los canales del Post-trasvase Tajo-Segura tienen una extensión conjunta de unos 734 km, un valor significativo si se compara con la longitud total de las masas de agua tipo río, dado que estos canales equivalen al 53% de la longitud total de tales masas. Por otra parte, en el 66% de las unidades hidrogeológicas las salidas por bombeos superan a las salidas a través de manantiales.

El 44% de todas las aguas residuales depuradas de la Demarcación no vuelve a los cauces y se reutiliza de forma directa para regadío y algún campo de golf, una proporción que puede seguir aumentando. La reutilización directa para riego del agua depurada, sin ser devuelta previamente a los ríos, imposibilita que estos volúmenes retornen a los cauces naturales y contribuyan a mantener los niveles adecuados de cantidad y calidad de sus aguas y por tanto su buen estado ecológico. Esto constituye también un signo claro de la paulatina desconexión entre la gestión del agua y la gestión del río Segura y resto de cauces naturales de la cuenca, lo que en última instancia se traduce en una pérdida de funcionalidad ambiental.

Otro indicador del grado de integración de los usos en el ciclo hidro-

lógico natural se refiere a la ubicación del regadío. De forma paralela al declive de los regadíos tradicionales, los nuevos regadíos se ubican en áreas ajenas a las vegas fluviales y por tanto con peores condiciones de disponibilidad de recursos hídricos, suelo fértil y condiciones topográficas adecuadas, por lo que su transformación supone, en general, forzar la vocación natural de estos paisajes. Un indicador de interés es la Proporción de regadío ubicado fuera de fluviosoles, como indicador de la capacidad de acogida del regadío. El 75% del regadío total de la cuenca se encuentra fuera de áreas con fluvisol dominante. Esta traslación geográfica del regadío desde las vegas fluviales, sus áreas de vocación natural, hacia las cuencas neógenas, constituye una desubicación ecológica del mismo que se traduce en un doble proceso: por un lado, el incremento de flujos de agua más dulce en ecosistemas hipersalinos de alto valor científico, que conlleva una banalización de estos singulares sistemas, y por otro lado, la salinización de las aguas y suelos por el riego de depósitos margosos y saladares y por el uso directo de aguas muy mineralizadas. En las aguas se ha duplicado el valor medio de salinidad y conductividad entre 1982-83 y 1998, pasando de 3 g/l a 6.4 g/l, lo que constituye un problema para el riego, sobre todo en la Vega Baja, donde los altos valores de conductividad del agua condiciona negativamente muchos cultivos.

De los 180 de puntos de captación de agua inventariados, 140 constituyen extracciones significativas (superiores al 40% de las aportaciones naturales en ese punto), lo que supone el 78% de los puntos totales de captación. Existen 16 masas de agua tipo río (un 23% del total) con riesgo de no cumplir los objetivos ambientales de la DMA por presiones significativas por extracciones. Estas masas se corresponden básicamente con los principales ríos de la Demarcación: el Segura y el Guadalentín. Pese a la intensa presión sobre los flujos hídricos, los ríos y ramblas de la Demarcación del Segura mantienen todavía tramos de alto valor ecológico y ambiental. Los ecosistemas asociados al agua constituyen el núcleo central de buena parte de los espacios protegidos de la Demarcación. De los 1.268 km de masas de agua tipo río no encauzado, más de la mitad (58%) discurren por un espacio protegido, lo que señala la importancia de los flujos y masas de agua para el mantenimiento de la biodiversidad general y la necesidad de una estrecha coordinación entre la planificación y gestión del agua y las políticas ambientales. En general, las riberas mantienen una calidad adecuada en las cabeceras y tramos altos mientras que los tramos bajos suelen presentar una calidad muy deficiente. En torno a un 50% de los 82 tramos de ribera estudiados presentan una calidad Buena o Muy Buena, aproximadamente un 20% de los mismos presentan una calidad Intermedia mientras que el 30% restante tiene una calidad Mala o Pésima. El 17% de las masas de agua tipo río presenta un estado Muy Bueno; el 30% un estado Bueno y el 53% un estado inferior a Bueno. Por tanto, una proporción significativa de las masas fluviales presenta un estado ecológico inferior al deseable por razones tanto cualitativas como derivadas del estado hidromorfológico y del volumen y dinámica de los caudales circulantes. Estos tramos se localizan en los sectores medio y bajo del río Segura, en el río Guadalentín y en algunos afluentes del río Segura, mientras que la mayoría de los tramos de cabecera presentan un estado ecológico Bueno o Muy Bueno.

En la Demarcación del Segura existe una capacidad de regulación de cerca de 770 hm³, lo que equivale a más del 90% de sus aportaciones naturales. Los embalses han atemperado la variabilidad interanual de los recursos disponibles durante las décadas de los años 60 y 70, pero a partir de 1980 la evolución de los desembalses sigue de cerca la evolución de las aportaciones, debido sobre todo al sustancial incremento del regadío, que ha provocado una fuerte presión sobre todos los recursos impidiendo su regulación interanual. Una gestión adaptativa a

recursos muy fluctuantes y el mantenimiento de niveles de consumo en un cierto equilibrio dinámico con el agua disponible permitiría que la regulación hiperanual de los numerosos embalses de la cuenca recobrara su funcionalidad.

Un elemento fundamental de la eficiencia en la gestión del agua es el del ahorro y la reducción de las pérdidas de agua. El sustancial incremento de los embalses de riego en los últimos años ha contribuido a aumentar las pérdidas globales por evaporación directa. Utilizando los datos aportados por el Corine Land Cover del año 2000 relativos a la superficie total de láminas de agua (embalses y balsas de riego), estas pérdidas por evaporación directa serían un 28% superiores a las estimadas en el PHCS y podrían situarse en unos 77 hm³. La proliferación de un gran número de balsas de riego, con una elevada relación superficie/volumen, constituye un uso poco eficiente del agua, especialmente en territorios con una intensa insolación, como corresponde a buena parte de la demarcación del Segura.

En relación con la eficiencia del agua en el regadío, se han ido implantando las técnicas que aumentan la eficiencia del riego y disminuyen las pérdidas de agua tanto en la distribución (utilizando conducciones cerradas) como a escala de parcela, a través del riego localizado y otras mejoras técnicas, a lo que está contribuyendo el fuerte impulso por parte de la Administración Pública a los Planes de Modernización de Regadíos. La contribución significativa al ahorro de agua está ligada sobre todo a la reducción de las pérdidas en los sistemas de transporte y distribución, mientras que el riego localizado supone sobre todo una mejora técnico-económica (reducción de costes y mayor productividad), siendo su papel en el propio ahorro de agua bastante limitado. Por otra parte las posibilidades de ahorro en el agua para usos urbanos depende de dos cuestiones: el agua requerida para cubrir los servicios, cuyo indicador es el Consumo doméstico neto per cápita, y la eficiencia del suministro, cuyo indicador sería la Proporción de pérdidas en las redes de distribución. El consumo doméstico por habitante, unos 143 l/habitante día en 2001, es algo inferior al valor medio en España, pero presenta una clara tendencia de aumento por los mayores servicios en los hogares y por la mayor proporción de viviendas unifamiliares y segundas residencias, con un gasto de agua per cápita entre dos y tres veces mayor que el existente en los cascos urbanos compactos. Por el contrario se constata una clara mejora en la eficiencia de las redes de abastecimiento con una reducción en alta (grandes infraestructuras de captación y distribución) del 10% al 2% de las pérdidas y en baja (empresas de suministro a los hogares) del 37% en 1990 a un 12% en 2005, una eficiencia bastante aceptable. Esta reducción de las pérdidas contribuye a absorber parte del incremento en el consumo provocado por el aumento de la población y el mayor gasto per cápita.

Además de afectar al estado ecológico de las masas, la calidad del agua influye en su disponibilidad, dado que condiciona los usos posibles. En la cuenca del Segura la progresiva contaminación urbana, industrial y agrícola fue convirtiendo al río Segura en uno de los ríos más contaminados de Europa. La continuada degradación de la calidad del agua llegó a afectar negativamente a los cultivos más sensibles de la Vega Baja como los hortícolas, especialmente durante las décadas de los años ochenta y noventa, en los que los valores medios anuales de Demanda biológica de oxígeno, indicadora de contaminación orgánica, superaron los 40 e incluso los 60 mg/l O₂. Desde finales de los años noventa comienza un proceso de recuperación de la calidad con una disminución de la carga orgánica, a lo que contribuyó la mejora de los sistemas de depuración y un aumento del control efectivo sobre los vertidos. En relación con las aguas subterráneas, la salinización de acuíferos se tradujo en una reducción de los recursos disponibles para el riego en zonas como Mazarrón y Aguilas y en el Campo de Cartagena. A finales de 2005, un 37% de los puntos de control de las aguas

subterráneas mantiene bajos valores de conductividad, inferiores a 1.000 µS/cm, mientras que la mitad de las muestras presentaban una conductividad superior a los 2.500 µS/cm, valor límite para el agua de abastecimiento y a partir del cual empiezan a manifestarse también efectos negativos en los cultivos. En un tercio de los puntos la conductividad supera los 4.000 µS/cm, lo que constituye una seria limitación para su uso agrícola.

Un aspecto muy importante de la eficiencia de los usos del agua es el grado en que el consumo de recursos hídricos repercute en un mayor o menor nivel de riqueza económica. En la cuenca del Segura la contribución de la agricultura al Valor Añadido Bruto (VAB) es mayor que la media en España y también la productividad del agua en el regadío, que es la tercera más alta de España. El VABpm por metro cúbico de agua en el regadío de la cuenca del Segura es 0,77 euros/m³, lo que supone un valor un 88% superior a la media en España. No obstante, hay que considerar también que la mayor rentabilidad del regadío en la cuenca del Segura no compensa el hecho de que se utilice una proporción mayor de agua que en el resto de España para la actividad agraria, un sector que contribuye al valor añadido bruto de forma muy modesta. El efecto de esto en la productividad global del agua puede ilustrarse con el caso de la Región de Murcia. Con datos de 2001 la productividad media global (considerando todos los usos) del agua en la Región de Murcia se sitúa en unos 18,5 euros/m³ de VABpm, un 33% inferior a la media en España, de 27,5 euros/m³.

El agua disponible presenta una variabilidad natural a corto y largo plazo que en el caso de las cuencas mediterráneas, como la del Segura, se traduce en fluctuaciones interanuales muy intensas. Se requiere por tanto una gestión del agua y sus usos que se adapte a dicha variabilidad natural. La no adecuación de las demandas a los recursos y sus fluctuaciones puede afectar de forma importante a la eficiencia del uso del agua por ejemplo dando lugar a bajos niveles de garantía, lo que afecta a la eficiencia económica de las infraestructuras hidráulicas implicadas. Por otra parte, en los últimos 25 años tanto las precipitaciones como las aportaciones han disminuido de forma muy significativa. Utilizando la serie de aportaciones restituidas al régimen natural, la aportación media según la serie completa de 66 años (1940/41 a 2005/06) arroja valores sobreestimados en un 24% con respecto al valor obtenido utilizando los últimos 25 años. Esta reducción constituye un cambio de tendencia que con toda probabilidad se mantendrá a corto y largo plazo por la reducción de los coeficientes de escorrentía en cabecera por el aumento de las masas forestales, la probable reducción de las aportaciones subterráneas a la cabecera del río Segura por efecto de una mayor explotación de los acuíferos de cabecera y por el cambio climático, que mantendrá o acentuará la tendencia a la reducción de las aportaciones en la mitad sur de la península. Las reducciones estimadas serán mayores en el tercio sur peninsular, donde se sitúa la cuenca del Segura, con reducciones superiores al 30% en el escenario de emisiones altas y en torno al 20% en el escenario de emisiones bajas. Todo ello requiere medidas de adaptación relacionadas tanto con las demandas (contención de las fuerzas motrices del consumo de agua, en particular el regadío y los desarrollos urbano-turísticos) como con los recursos (a través del impulso de los recursos no convencionales como la reutilización de aguas residuales y la desalación marina) y con el establecimiento de planes y herramientas específicas, como los planes frente a la sequía.

Un aspecto básico es aplicar medidas de respuesta y avanzar en el fortalecimiento institucional implicado en la gestión del agua, sin el cual es difícil asegurar la eficacia de tales medidas y el logro de los objetivos perseguidos. Estas medidas hacen referencia a muy disintos aspectos, como la gestión de acuíferos sobreexplotados, la gestión de los vertidos y aguas residua-

les, la recuperación de costes y la información disponible sobre el agua. En relación a la gestión de acuíferos sobreexplotados, de las 63 masas de agua subterránea de la Demarcación del Segura, un 46% de las mismas, es decir 29 masas, presenta unas extracciones que superan las surgencias en régimen natural. Sin embargo, el número de acuíferos y unidades hidrogeológicas con declaración oficial de sobreexplotación no se corresponde con la extensión del problema. En 2004, la declaración oficial de sobreexplotación se amplió de cinco a trece unidades hidrogeológicas, lo que supone un incremento notable si bien no alcanza la totalidad de unidades diagnosticadas con sobreexplotación. Por otra parte, hay que indicar que estas declaraciones tienen un carácter provisional y no definitivo, lo que dificulta la implementación de medidas más eficaces de control y gestión, como las que cabe aplicar dentro de un Plan de Ordenación de las Extracciones. Esta situación general de provisionalidad cabe interpretarla como un signo de insuficiente fortalecimiento institucional para una gestión sostenible de las aguas subterráneas. Algo similar cabe señalar en relación con la Proporción de autorizaciones de vertido provisionales frente a definitivas, cuyo valor en la Demarcación del Segura se sitúa en el 97% frente a su valor medio en España del 53%.

La Recuperación de costes es otro indicador esencial de las medidas de respuesta para una gestión sostenible del agua. En la Demarcación del Segura la recuperación de costes para los usos urbano e industrial en 2002 se sitúa en un 88%, un valor alto respecto a la media en España. En el caso de los usos agrarios la recuperación de costes en 2001 se sitúa en una cifra aún más elevada, en torno al 92 %, un valor medio respecto al conjunto de demarcaciones. En 2005 este valor descendió ligeramente, hasta el 87%, lo que implica un porcentaje de subven-

ción pública de un 13%. Estas cifras indican que la agricultura de la cuenca del Segura tiene un alto porcentaje de recuperación de costes y un proporción relativamente pequeña de subvención pública, dada la general elevada productividad y eficiencia del regadío respecto al existente en otras cuencas.

Finalmente, un aspecto clave para una gestión sostenible del agua es disponer de la necesaria información en la cantidad, calidad y accesibilidad requeridas. Un indicador de interés es la Densidad de estaciones hidrológicas, que en general en la Demarcación del Segura es equivalente o supera la densidad media del conjunto de demarcaciones a excepción de la red ICA (calidad de las aguas superficiales), cuya densidad es inferior a la media. En relación con la accesibilidad de la información, en los últimos años se están haciendo importantes esfuerzos por mejorar el volumen, calidad y accesibilidad de dicha información. No obstante, la información disponible sigue siendo insuficiente, especialmente en algunos ámbitos como el relativo a una caracterización completa de las aguas costeras y de transición. Con respecto a la accesibilidad de la información en los últimos años se ha realizado un avance muy importante, destacando la labor del Ministerio de Medio Ambiente a través de iniciativas como el Libro Digital del Agua (LDA) y el Sistema de Información del Agua (SIA). La Confederación Hidrográfica del Segura ha realizado también avances en la provisión de información de la cuenca a través de internet, si bien la accesibilidad a algunos datos de la cuenca es todavía desigual. Aunque es necesario seguir avanzando en esta línea, esta creciente accesibilidad es esencial para aportar información básica y de calidad a todos los agentes implicados para avanzar hacia un uso más sostenible del agua, desde los ámbitos más especializados hasta los ciudadanos en general.

6.1.1. Datos básicos de la Cuenca del Segura

Con una superficie de 18.938 km², la cuenca del Segura afecta a cuatro comunidades autónomas prácticamente en su totalidad a la de Murcia y parcialmente a las comunidades de Andalucía (provincias de Jaén, Granada y Almería), Castilla-La Mancha (Albacete) y Valencia (provincia de Alicante) (Figura 6.1). La Figura 6.2 muestra las masas de agua identificadas en la Demarcación en aplicación de la Directiva Marco de Aguas (DMA).

□ Figura 6.1. Localización de la cuenca del Segura.



Fuente: Confederación Hidrográfica del Segura.

□ Figura 6.2. Masas de agua identificadas en la Demarcación del Segura en aplicación de la DMA.



Fuente: Confederación Hidrográfica del Segura.

La demarcación se caracteriza por una precipitación media anual de unos 400 mm, un régimen de precipitaciones con grandes desequilibrios espaciotemporales y un claro contraste entre las zonas de cabecera (Mundo y Segura hasta su confluencia) y los sectores medio y bajo de la cuenca. La evapotranspiración potencial media es de unos 700 mm y la escurrentía media total del orden del 15%, la más baja de la península ibérica.

Existen numerosos acuíferos que presentan una gran complejidad estructural. La cabecera (ríos Segura y Mundo hasta su confluencia) constituye la fuente principal de flujos y recursos hídricos de la cuenca. Estas aportaciones se corresponden mayoritariamente con un importante caudal base procedente tanto de las escorrentías de cabecera como del drenaje de los grandes acuíferos calizos. A excepción de la cabecera, el resto de la cuenca presenta un clima árido o semiárido con una generación de recursos hídricos muy limitada.

6.1.2. La derivación de agua para usos humanos ¿se hace en una cuantía razonable? ¿Cuánta agua se gasta y ello que representa? Este diagnóstico, ¿mejora o empeora a lo largo del tiempo?

A/ Cuentas del agua. Agua disponible y consumos

Para saber si se deriva una cantidad razonable de agua de los sistemas naturales para satisfacer los diferentes usos socioeconómicos, se ha de conocer cuál es el agua disponible y cuál es el agua derivada y consumida, lo que viene siendo conocido como balance de recursos hídricos. Una primera cuestión a señalar es la insuficiencia de los datos disponibles para establecer balances rigurosos y actualizados y en particular la notable confusión existente en torno a los datos de superficie de regadío en la cuenca del Segura. Como ejemplo, la tabla 6.1. presenta algunas estimas de regadío en la cuenca del Segura según distintas fuentes.

□ **Tabla 6.1. Estimaciones de regadío total en la cuenca del Segura**

Fuente	Año	Superficie regada (ha)	Superficie regable (ha)
PHCS	1997	269.000	
Plan Nacional de Regadíos	1996	276.316	
Censo Agrario. INE	1999	248.069	270.353
Corine Land Cover	2000	307.656*	
Estudio General de la Demarcación (sobre Hojas 1-T de 2001)	2001	242.041	
MCA_MAPA	2003		347.236
Instituto de Desarrollo Regional. IDR-UCLM	2003	315.646	350.201

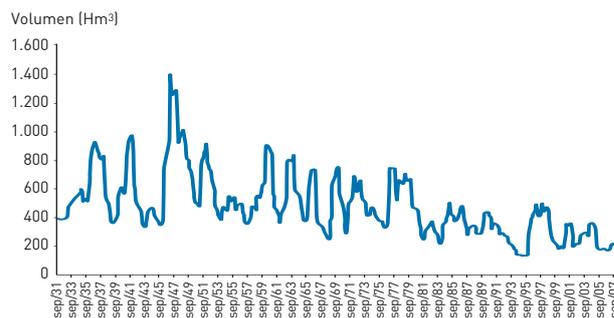
* Se han considerado sólo los polígonos permanentemente irrigados.

Fuente: PHCS: Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura; INE: Instituto Nacional de Estadística; MCA-MAPA: Mapa de Cultivos y Aprovechamientos, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación; IDR-UCLM: Instituto de Desarrollo Regional, Universidad de Castilla-La Mancha.

Disponer de datos actualizados, detallados y de alta fiabilidad tanto en relación con el agua disponible como en relación con los consumos existentes constituye un requisito imprescindible para elaborar diagnósticos rigurosos sobre la sostenibilidad del uso del agua. En cualquier caso los datos existentes permiten ya una primera aproximación a esta cuestión y la elaboración de algunos indicadores de sostenibilidad.

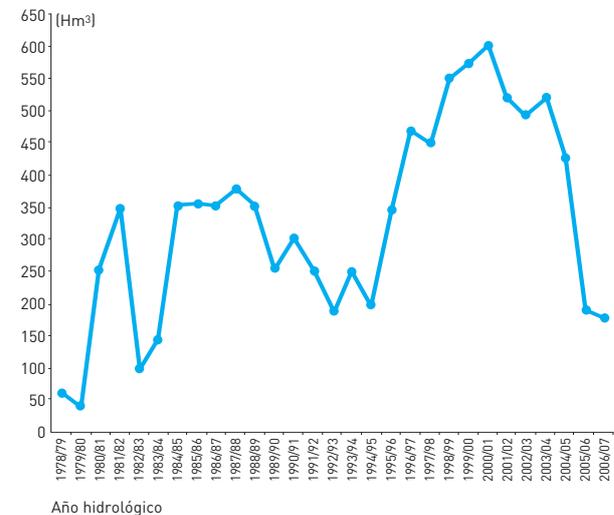
Según el Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura (CHS, 1997), la media interanual de las aportaciones restituídas al régimen natural en la desembocadura del río Segura (Guardamar), utilizando valores de la serie de años hidrológicos 1940/41 -1989/90 es de 871 hm³. Si se incluyen las aportaciones de las ramblas costeras los recursos hídricos globales se situarían próximos a los 1.000 hm³. Del total de recursos, 600 hm³ son aportados por flujos subterráneos a través de surgencias y manantiales, en condiciones naturales, y 400 hm³ en forma de escorrentía superficial. Estos datos presentan una cierta sobreestimación dado que no incluyen los años posteriores a 1990, más secos que los valores medios de la serie (Figura 6.3.), como se comentará más adelante.

□ **Figura 6.3. Evolución de las aportaciones naturales en la Demarcación del Segura entre 1931 y 2007.**



Fuente: CHS.

□ **Figura 6.4. Volumen anual del trasvase Tajo-Segura.**

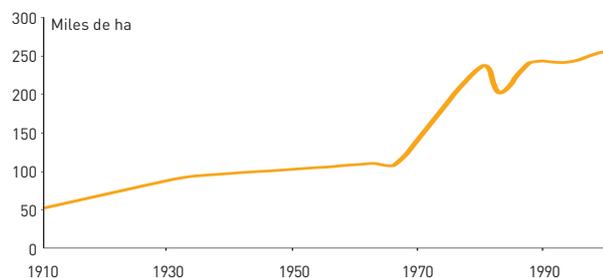


Fuente: Observatorio de la Sostenibilidad de la Región de Murcia a partir de CHS.

En relación con los consumos, el regadío en la demarcación del Segura ha experimentado un incremento muy importante en las últimas décadas, coincidiendo sobre todo con la puesta en marcha y desarrollo del trasvase Tajo-Segura (Figura 6.5.), de forma que el regadío consume cerca del 90% del agua total utilizada en la cuenca (Maestu et al., 2007).

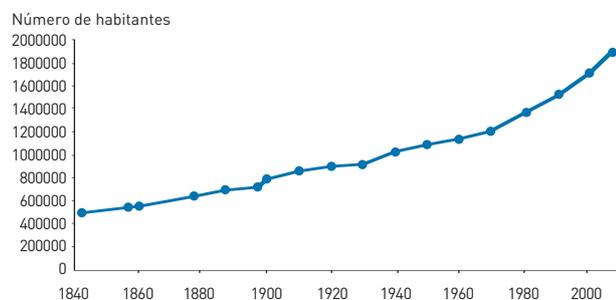
La población ha experimentado también un aumento muy notable, especialmente en los últimos años (Figura 6.6). En este último periodo se ha producido un aumento de más de 370.000 viviendas destacando el incremento en más de 157.000 viviendas secundarias en las zonas costeras de Murcia y Alicante (CHS, 2007a). Estas viviendas secundarias incrementan la demanda de agua de forma no proporcional, dado su mayor consumo per cápita. Los estudios realizados (Capellades et al., 2002) muestran que el modelo de ciudad compacta mediterránea consume entre 110 y 140 litros por persona y día, mientras que la ciudad difusa, de viviendas unifamiliares consume unos 400 litros por persona y día (tres veces más). El valor medio en la Demarcación es de unos 186 litros por habitante y día (CHS, 2007a). A consecuencia de todo ello, los usos consuntivos del agua han sufrido un incremento igualmente significativo, lo que ha requerido una mayor derivación de agua y por tanto una mayor presión sobre los sistemas naturales.

□ **Figura 6.5. Evolución histórica del regadío en la cuenca del Segura.**



Fuente: Plan Hidrológico Nacional (PHN).

□ **Figura 6.6. Evolución de la población total en la demarcación del Segura.**



Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE) y elaboración propia.

El PHCS considera para 1997 un consumo en regadío de 1.571 hm³ (correspondiente a las 269.000 ha de regadío consideradas por el Plan), un consumo para abastecimiento urbano de 217 hm³ (de los que 45 hm³ se aplican

en la Demarcación del Júcar) y una demanda industrial no conectada a abastecimiento de 23 hm³. El consumo total de agua, excluyendo el abastecimiento urbano aplicado en el Júcar, está cifrado en el PHCS en unos 1.760 hm³.

B/ Índice de Consumo

Existen dos indicadores de gran utilidad para una primera evaluación de la sostenibilidad del uso del agua: el Índice de Explotación Hídrica (proporción de agua captada para usos consuntivos y no consuntivos respecto al total de recursos renovables) y el Índice de Consumo (proporción de agua captada para usos consuntivos).

En el caso de la Demarcación del Segura la derivación para usos no consuntivos (hidroeléctricos) tiene un papel poco relevante, por lo que tiene más interés el Índice de Consumo. Utilizando los datos del PHCS (1.000 hm³ de recursos renovables totales, pérdidas por evaporación directa de 60 hm³ y consumo total de 1.760 hm³), el Índice de Consumo se eleva a un 187%. La Agencia Europea de Medio Ambiente considera para el Índice de Explotación Hídrica que valores superiores al 20% indican estrés y superiores al 40% estrés severo. Un Índice de Consumo del 187% constituye un valor completamente insostenible y una presión difícilmente asumible por los sistemas naturales. Este elevado consumo de agua se debe mayoritariamente al regadío y supone la mayor presión sobre los sistemas naturales de todos los países mediterráneos (Institute for Prospective Technological Studies, 1997).

Un Índice de Consumo que supera la totalidad de los recursos renovables es posible principalmente por la utilización de volúmenes adicionales de agua, que en el caso de la Demarcación del Segura se corresponden con el trasvase Tajo-Segura y el consumo de aguas subterráneas no renovables. Si a los recursos renovables propios se añade el volumen medio trasvasado del Tajo-Segura, el consumo total sigue siendo casi un 40% superior.

Es posible calcular el Índice de Consumo utilizando algunos datos más actualizados procedentes del Corine Land Cover del año 2000, tanto para determinar tanto el agua disponible como los consumos. Por una parte, como se ha indicado, las pérdidas por evaporación directa desde embalses y balsas de riego serían un 28% superiores al valor considerado en el PHCS y podrían situarse en unos 77 hm³, por lo que los recursos renovables netos de la cuenca serían unos 923 Hm³.

Por otra parte, el consumo de agua en regadío en el año 2000 se situaría, utilizando la dotación media de 6.176 m³/ha (CHS, 1997), en unos 1.900 hm³, lo que eleva el consumo total a unos 2.095 hm³ anuales incluyendo el abastecimiento urbano e industrial. Con estos valores el Índice de Consumo se sitúa en torno al 227% de los recursos renovables propios de la Demarcación. Estos datos refuerzan la marcada insostenibilidad de la actual derivación y consumo de agua, incompatible con el mantenimiento de las funciones esenciales del agua a escala de cuenca.

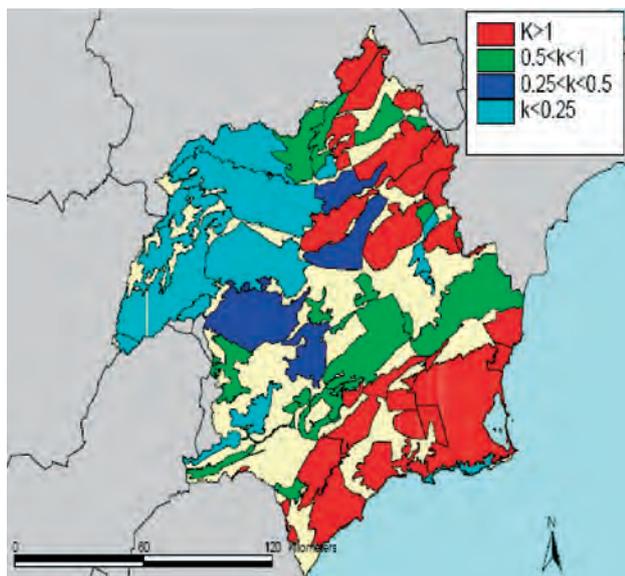
Otro indicador de interés es la Proporción total de agua utilizada per cápita. Los valores indicadores representan para el año 2000 un consumo total de unos 1.220 m³ por persona al año, lo que representa un valor un 35% superior a la media en España en 2001 para la captación total de agua y un 123% superior para el uso final de agua (Maestu et al., 2007) es decir, excluidos los usos energéticos y correspondiente por tanto a usos consuntivos. Este indicador muestra un elevado consumo total de agua per cápita en la Demarcación del Segura en comparación con el valor medio en España.

C/ Proporción de masas de agua subterránea con extracciones superiores a las recargas

No están disponibles datos recientes sobre captaciones y balances hídricos en los acuíferos de la Demarcación. Es posible no obstante, realizar un primer diagnóstico con la información existente. La Proporción de masas de agua subterránea que presentan unas extracciones superiores a las recargas constituye un indicador de interés en relación con la sostenibilidad del uso del agua.

En la Demarcación del Segura se han definido 63 masas (CHS, 2007a), de las cuales un 46% presentan unas extracciones que superan las surgencias en régimen natural. El 78% de las extracciones suponen una presión significativa (Informe art. 5, 6, y 7 de la Directiva Marco de Agua) por superar el 40% de la aportación natural. Si se consideran los recursos subterráneos disponibles una vez descontadas las reservas ambientales (para mantenimiento de humedales y aportaciones a ríos fundamentalmente), el Estudio General de la Demarcación considera que existe presión significativa en el 41% de las masas de agua subterránea por presentar unas extracciones superiores a los recursos disponibles y por tanto impedir atender las funciones ambientales de estas masas de agua subterránea (Figura 6.7).

□ **Figura 6.7. Masas de agua subterránea con presión significativa ($k > 1$) por impedir atender las funciones ambientales asignadas a las mismas.**



Fuente: CHS (2007a).

Los acuíferos de la cuenca del Segura caracterizados como en equilibrio o con recursos renovables disponibles son los que poseen una mayor valor funcionalidad ambiental, dado que dicha situación de equilibrio es la que permite mantener fuentes, manantiales, humedales y otros puntos de agua asociados a la dinámica natural del acuífero, los cuales son muy sensibles a la sobreexplotación inicial del mismo, es decir, a los descensos iniciales en los niveles piezométricos.

Esta sobreexplotación inicial y los primeros descensos de los niveles piezométricos son los responsables de la pérdida de manantiales y humedales y en consecuencia de los valores ecológicos, paisajísticos y de biodiversidad ligados a los mismos. Por ello, con tales acuíferos en situación de equilibrio hidrogeológico debe aplicarse una cautela extrema, igual o mayor incluso que la necesaria en acuíferos ya sobreexplotados cuya funcionalidad ambiental actual suele ser considerablemente menor.

El descenso de los niveles piezométricos inducido por un extracciones superiores a las recargas puede tener otros efectos, además de los ambientales ligado a la pérdida de manantiales, humedales y biodiversidad de los ecosistemas ligados al agua. En algunos casos se han generado efectos socioeconómicos no esperados y muy importantes, como los producidos en la ciudad de Murcia con ocasión de la sequía de mediados de los años 90 y el brusco aumento de los bombeos del acuífero aluvial de la Vega Media, sobre el que se asienta la ciudad. El descenso del nivel freático ocasionó problemas estructurales a un número significativo de edificaciones, lo que requirió cuantiosas inversiones.

Por otra parte existe presión significativa por contaminación en el 29% de las masas de agua subterránea, fundamentalmente por contaminación difusa agraria.

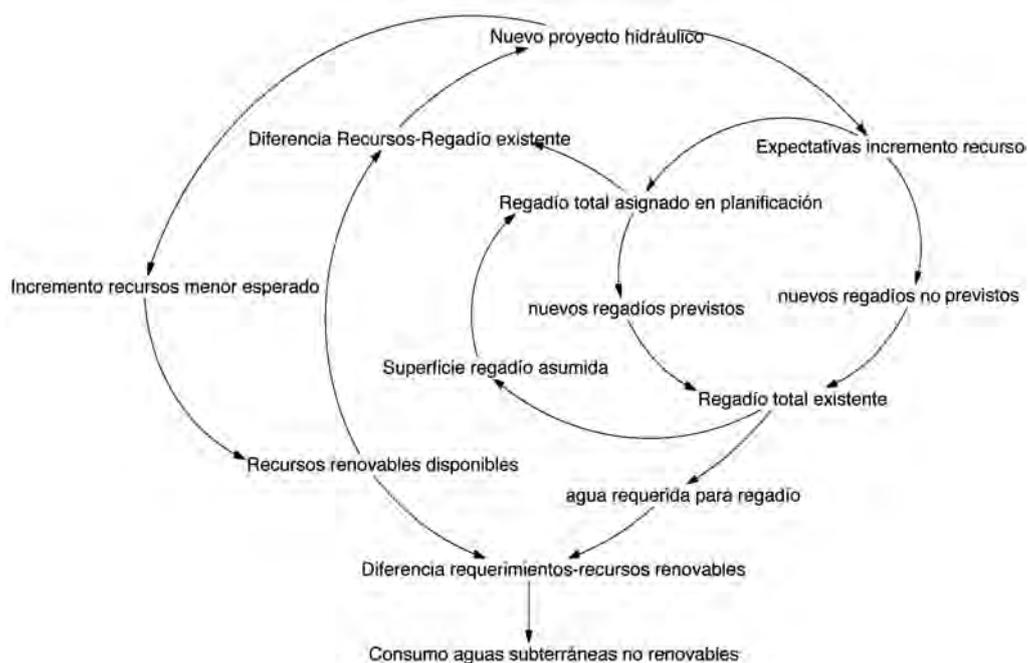
Globalmente, según el Estudio General de la Demarcación el 68% de las masas subterráneas tienen riesgo seguro de incumplir la DMA; el 21% tienen riesgo nulo y en 11% está en estudio.

D/ Análisis histórico entre recursos disponibles y demandas en la cuenca del Segura

Los datos presentados evidencian la existencia de un problema de uso insostenible del agua en la Demarcación del Segura que compromete seriamente las funciones ambientales del agua y también los usos sociales y económicos.

Esta insostenibilidad deriva de un marcado desequilibrio entre el agua disponible y los usos consuntivos, fundamentalmente por parte del regadío, que lógicamente se ha ido construyendo y acentuando a lo largo de mucho tiempo a través de procesos de gran inercia y capacidad de realimentación que se podrían describir como espiral de insostenibilidad (Figura 6.8.).

□ **Figura 6.8.** Esquema de la espiral de insostenibilidad alentada por las expectativas generadas en torno a cada nuevo proyecto hidráulico para aumentar la oferta de recursos hídricos en la cuenca del Segura



Fuente: Martínez Fernández y Esteve Selma (2002).

En la cuenca del Segura, los sistemas socioeconómicos tradicionales, en particular el regadío, han tenido que adaptarse de diversas formas a unos recursos escasos y fluctuantes. Sin embargo desde principios del siglo XX un conjunto de cambios tecnológicos y socioeconómicos han supuesto un cambio de estrategia en el regadío, desde la adaptación a unos recursos escasos y fluctuantes hacia los intentos de transformación de tales condicionantes naturales, a través de sucesivas iniciativas destinadas a aumentar los recursos disponibles y reducir la variabilidad de los mismos.

Durante las primeras décadas del siglo XX tales iniciativas se concretaron en la construcción de diversos embalses como el de la Fuensanta, inaugurado en 1932, y posteriormente el del Cenajo, inaugurado en 1960. Los objetivos de tales embalses, especialmente el del Cenajo, se centraban en la solución definitiva del déficit hídrico, la eliminación de la variabilidad e incertidum-

bres ligadas a la disponibilidad de agua y la obtención de recursos adicionales para la ampliación de la superficie de regadío. Sin embargo el embalse del Cenajo no proporcionó recursos suficientes para el regadío existente y los nuevos perímetros creados, de forma similar a lo que ocurrió veinte años más tarde con un nuevo proyecto hidráulico: el trasvase Tajo-Segura. Las expectativas creadas por el trasvase alentaron la ampliación de regadíos más allá de los previstos, a pesar de lo cual fueron asumidos por la vía de los hechos. Estos nuevos regadíos irregulares, que continúan la tradición de los riegos abusivos de antaño, fueron paulatinamente incorporados en la planificación hidráulica oficial, constituyendo un ejemplo de erosión de objetivos, fenómeno recurrente en múltiples sistemas socioambientales. La tabla 6.2 muestra cómo los distintos instrumentos de planificación generados para ordenar la distribución de los recursos del trasvase Tajo-Segura van asumiendo una superficie progresivamente mayor.

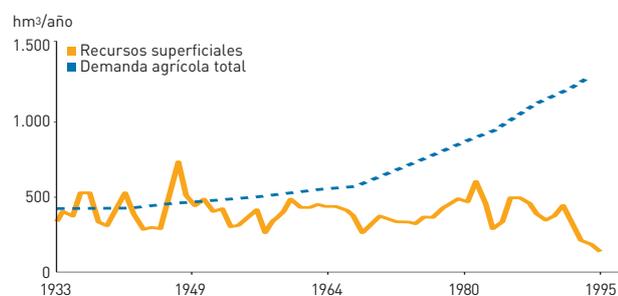
□ **Tabla 6.2.** Comparación de cifras relativas a las superficies atendibles por el Trasvase Tajo-Segura.

FECHA	DOCUMENTO	REDOTACION REGADIO EXISTENTE (ha)	CREACIÓN NUEVOS REGADIOS (ha)	SUPERFICIE TOTAL ATENDIDA (ha)
1972-1974	Declaración de Interés Nacional de distintas Zonas Regables	90.230	50.880	141.110
1980-1986	Planes Coordinados	70.379	76.876	147.255
1997	Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura	110.353	87.825	198.178

Nota: Los datos de 1997 están referidos a superficies brutas por ser las más comparables con los datos de los documentos anteriores.
Fuente: CHS (1997).

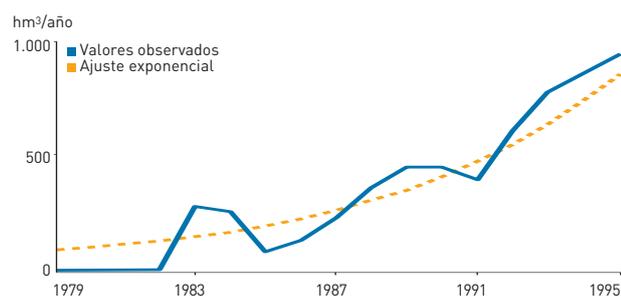
Por otra parte, el trasvase previsto tiene asignado legalmente sólo su techo máximo. A pesar de ello, las superficies previstas, tanto de consolidación de regadíos existentes como de creación de otros nuevos, tomaron como referencia una disponibilidad equivalente al valor máximo, en contraste con los volúmenes realmente trasvasados que de media han resultado considerablemente inferiores. El resultado final es una divergente evolución entre recursos superficiales disponibles y consumo agrario total (Figura 6.9.) derivada de una sobreestimación de tales recursos y un aumento no esperado del regadío de hecho, motivado por la generación de expectativas que suele conducir a la proposición de un nuevo proyecto hidráulico y a la acentuación de la espiral de insostenibilidad que conlleva también una sobreexplotación creciente de los acuíferos (Figura 6.10.).

□ **Figura 6.9. Evolución de los recursos anuales superficiales disponibles para regadío en la Cuenca del Segura, incluyendo la aportación del Trasvase, y de la demanda agrícola total.**



Fuente: Martínez Fernández y Esteve Selma (2005).

□ **Figura 6.10. Sobreexplotación global de los acuíferos de la cuenca durante el periodo 1930-1995, estimada por diferencia entre los recursos renovables anuales totales y el consumo agrario total, y ajuste exponencial de la misma. (r^2 ajust. = 0,72, $p < 0,0001$).**



Fuente: Martínez Fernández y Esteve Selma (2005).

En definitiva, la situación de insostenibilidad del uso del agua actual en la Demarcación del Segura entronca con un proceso histórico de considerable inercia, que no es ajeno a las políticas generales del regadío en España, cuya sostenibilidad constituye un reto en la actualidad, y al que en los últimos años está contribuyendo el incremento de los usos urbanos y turísticos y el significativo aumento del consumo para abastecimiento. La escasa contención de las fuerzas motrices (regadío y usos urbanos y turísticos) juega un papel fundamental en la situa-

ción de creciente insostenibilidad descrita y el consiguiente aumento de presión sobre los sistemas naturales, lo que ha redundado en una reducción de la funcionalidad ambiental del agua. Uno de los aspectos clave para el mantenimiento de las funciones ambientales del agua a escala de cuenca es el grado de funcionalidad del ciclo hidrológico, es decir, el grado de integración de los usos del agua dentro del ciclo hidrológico natural, cuestión que se analiza en el apartado siguiente.

6.1.3. ¿Se hallan los usos del agua razonablemente integrados en el ciclo hidrológico natural?

A/ Flujos de agua por cauces naturales y por canalizaciones artificiales

Para mantener las múltiples funcionalidades del agua es muy importante que los recursos hídricos se utilicen y gestionen, en la mayor medida posible, dentro de los flujos naturales del agua, dado que un uso, transporte y consumo de tales recursos fuera de tales flujos naturales (a través por ejemplo de bombes y canalizaciones) conlleva una pérdida muy considerable de su funcionalidad ambiental.

La Demarcación del Segura se caracteriza por un gran desarrollo de los sistemas artificiales de conducción de agua a través de canales y tuberías. Las necesidades de abastecimiento urbano en poblaciones muy alejadas de fuentes y cauces naturales impulsó el desarrollo de una extensa red de canales para abastecimiento urbano, la Mancomunidad de Canales del Taibilla. Cabe destacar que la Mancomunidad toma el nombre de uno de los afluentes del Segura, el río Taibilla, el cual es derivado poco después de su nacimiento y destinado en exclusiva al abastecimiento, lo que ha supuesto la pérdida de la funcionalidad de este río a partir del punto de derivación.

En el ámbito del regadío el trasvase Tajo-Segura impulsó asimismo una extensa red de canales que conforman las conducciones del Post-trasvase Tajo-Segura. Por otra parte, durante las últimas décadas el generalizado acceso a las aguas subterráneas ha favorecido el desarrollo, en general a través de la iniciativa privada, de una densa red de tuberías, de la que se dispone una información notablemente fragmentaria y poco actualizada, que conducen el agua bombeada desde los acuíferos hacia perímetros de riego a veces muy distantes de los puntos de extracción.

La creciente utilización de canales artificiales para la conducción de agua implica en muchos casos la correspondiente reducción de los caudales circulantes por los cauces naturales y, en el caso de las tuberías de conducción de agua bombeada desde los acuíferos, de las surgencias a través de fuentes y manantiales, lo que implica una reducción, en ocasiones muy notable, de la funcionalidad ambiental de estos sistemas naturales. La Figura 6.11. presenta la red de cauces naturales recogida en la delimitación de masas de agua tipo río según la Directiva

Marco de Agua y dos de los sistemas de canales artificiales mencionados: la red de la Mancomunidad de Canales del Taibilla y los canales del Post-trasvase Tajo-Segura. Estos dos sistemas de canales tienen una extensión conjunta de unos 734 km, un valor significativo si se compara con la longitud total de las masas de agua tipo río delimitadas en aplicación de la Directiva Marco de Agua (1386 km), dado que estos canales equivalen al 53% de la longitud total de tales masas.

La gestión de las aguas residuales y su reutilización incide también en el grado de integración de los usos del agua con el ciclo hidrológico natural. En la Demarcación del Segura la reutilización directa de las aguas depuradas, sin ser vertidas previamente a un cauce natural ha ido aumentando progresivamente. El 44% de todas las aguas residuales depuradas de la Demarcación no vuelve a los cauces y se reutiliza de forma directa para regadío y algún campo de golf (CHS, 2007b), una proporción que puede seguir aumentando dado que el aumento y mejora de las plantas de tratamiento está incrementando las peticiones de concesión de aguas residuales por parte de usuarios de regadío y campos de golf. La reutilización directa para riego del agua depurada a través de conducciones desde las plantas de tratamiento, sin ser devuelta previamente a los ríos, imposibilita que estos volúmenes retornen a los cauces naturales y contribuyan a mantener los niveles adecuados de cantidad y calidad de sus aguas y por tanto su buen estado ecológico. Esto constituye también un signo claro de la paulatina desconexión entre la gestión del agua y la gestión del río Segura y resto de cauces naturales de la cuenca, lo que en última instancia se traduce en una pérdida de funcionalidad ambiental.

□ **Figura 6.11.** Masas de agua tipo río delimitadas en aplicación de la Directiva Marco de Agua y canalizaciones artificiales de los sistemas Mancomunidad de Canales del Taibilla y conducciones del Post-trasvase Tajo-Segura.



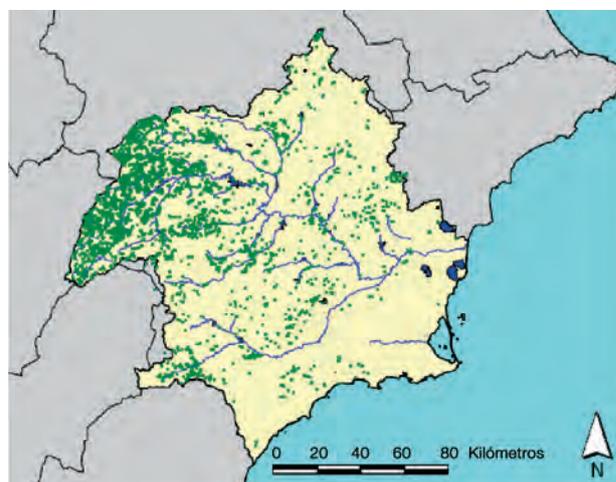
Fuente: OSRM.

B/ Salidas de los acuíferos a través de manantiales y a través de bombeos

Un indicador relevante del grado de integración de los usos dentro del ciclo hidrológico lo proporcionaría la comparación de las salidas de los acuíferos a través de manantiales (Figura 6.12.) respecto a las salidas a través de bombeos. De nuevo hay que indicar las importantes lagunas de información detallada y actualizada en esta materia. Según la información aportada por el Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH) del Ministerio de Medio Ambiente, el grado de conocimiento de las unidades hidrogeológicas de la Demarcación del Segura es alto tan sólo en el 5% de las mismas, medio en el 41% y bajo o muy bajo en el 53% de las unidades, lo que constituye una cifra muy considerable. En cualquier caso se puede indicar que según los datos del Sistema Automático de Información Hidrológica, básicamente coincidentes con los contenidos en el Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura, en el 66% de las unidades hidrogeológicas las salidas por bombeos superan a las salidas a través de manantiales.

Se dispone de una estadística completa de manantiales aprovechados para regadío hace casi un siglo, en 1916 (CES, 1996), en el cual figuraban 243 puntos de agua en la Región de Murcia. No es posible realizar una comparación global con las descargas naturales estimadas en la década de los años 80, pero si pueden realizarse algunas comparaciones en ámbitos territoriales más pequeños y donde las salidas naturales de los acuíferos no pueden ser confundidas con la descarga en ríos, como es el caso de las unidades hidrogeológicas de Mazarrón y Aguilas. En estas unidades, la descarga estimada a finales de los años 80 se sitúa en unos 0,6 hm³ anuales, mientras que las salidas por manantiales en 1916 en esta área se elevaban a 3,6 hm³ anuales, lo que implica una pérdida del 83% de las descargas iniciales.

□ **Figura 6.12.** Ubicación de los manantiales inventariados en la Demarcación del Segura.



Fuente: CHS (2007a).

C/ Proporción de regadío ubicado fuera de fluvisoles

Otro indicador del grado de integración de los usos en el ciclo hidrológico natural se refiere a la ubicación espacial de los perímetros de regadío. Los regadíos han surgido históricamente en torno a los puntos y áreas - cuantitativamente escasas - con disponibilidad de agua, en particular en las vegas fluviales de inundación de los ríos mediterráneos y de forma más puntual, asociados a pequeñas fuentes y manantiales.

Estas zonas se encuentran preadaptadas a dicha función productiva por varias razones: disponen de recursos hídricos renovables a través del ciclo natural del agua; disponen de suelo fértil de alta calidad agrobiológica, mantenida en el tiempo a través de las periódicas inundaciones, que aportan limos y nutrientes; por ser llanuras de inundación presentan características topográficas especialmente adecuadas para su cultivo e irrigación y finalmente se hallan espacial y funcionalmente conectadas al conjunto del sistema fluvial y ecosistemas asociados.

Así, las superficies de riego dispuestas secuencialmente a lo largo de la vega, las acequias de aporte de agua, los sistemas de recogida de excedentes y drenajes de riego, el río, los flujos subsuperficiales y el acuífero subálveo constituyen compartimentos íntimamente conectados entre sí a través de distintos flujos de agua y nutrientes, de modo que el sistema general muestra una elevada recirculación de tales elementos. Por tanto, los regadíos tradicionales mediterráneos se ubican en zonas cuyas características naturales determinan una elevada vocación agrícola, y en particular una elevada vocación para el regadío.

Esta elevada vocación natural para el regadío implica no sólo su gran interés desde un punto de vista socioeconómico y productivo, sino también la existencia de una serie de valores ambientales derivados de la gran proximidad espacial y ecológica del regadío respecto a los ecosistemas riparios naturales. Esta proximidad conduce a una gran integración entre el regadío y los ecosistemas adyacentes a tres niveles: paisajístico, de procesos ecológicos fundamentales y de funciones ambientales.

En relación con los procesos ecológicos fundamentales, los ciclos hídricos no son modificados en exceso en el conjunto del sistema río-vega-acuífero aluvial, que exhibe una elevada recirculación interna del agua y nutrientes y de forma más global una exportación neta ligada a un comportamiento vectorial desde la cuenca hacia la costa, más o menos similar al que pueden presentar los sistemas fluviales naturales.

De forma paralela al declive de los regadíos tradicionales, recientes cambios socioeconómicos están propiciando la aparición de nuevas superficies de regadío con unas características ambientales, sociales y economi-

cas totalmente diferentes (Martínez Fernández et al., 2000). Estos nuevos regadíos suelen ubicarse en áreas ajenas a las vegas fluviales y por tanto con peores condiciones en relación con la disponibilidad de recursos hídricos, de suelo fértil y de condiciones topográficas adecuadas. Así, durante las últimas décadas el regadío se ha ido extendiendo a cuencas neógenas dominadas por margas e incluso a las faldas y piedemontes de diversas sierras, espacios todos ellos de baja capacidad agrológica.

La escasa adecuación de las condiciones naturales de estas zonas a su nueva función productiva deriva de la gran distancia ecológica existente entre tales espacios y los nuevos sistemas de regadío, por lo que su transformación supone en general forzar la vocación natural de estos paisajes.

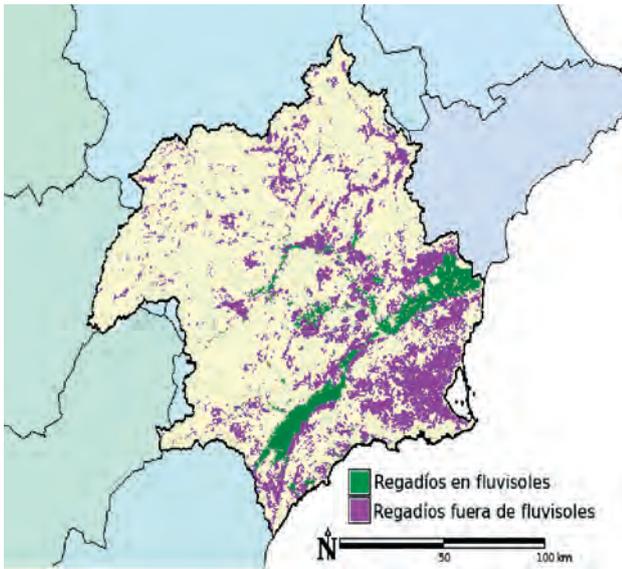
En este contexto, un posible indicador de interés es la Proporción de regadío ubicado fuera de fluvisoles, como indicador de la capacidad de acogida del regadío. Los fluvisoles son suelos de carácter aluvial generados en los valles fluviales, se hallan íntimamente conectados a la dinámica de los ríos y presentan la máxima calidad agrológica para el regadío.

Según los datos del Corine Land Cover de 2000, el Mapa de Suelos de Europa de la Agencia Europea de Medio Ambiente y el Mapa de Suelos de la Región de Murcia, de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, en la Demarcación del Segura existen unas 74.500 hectáreas de regadío situadas en áreas donde el fluvisol es el suelo dominante y por tanto donde el suelo aluvial de vega presenta una dinámica activa conectada con los flujos hídricos. Estos regadíos se ubican a lo largo de las vegas de los ríos Segura y Guadalentín, Mula, Quipar y otros enclaves de menor extensión ligados a otros cauces. El resto del regadío de la demarcación, unas 229.000 ha según el Corine Land Cover, se encuentra fuera de áreas con fluvisol dominante (Figura 6.13.), lo que supone en torno al 75% del regadío total de la cuenca.

Estos perímetros ubicados fuera de los fluvisoles se corresponden con pequeños regadíos tradicionales asociados a manantiales y sobre todo con nuevas superficies de riego generadas a partir de los recursos del trasvase Tajo-Segura y de la explotación de aguas subterráneas. La creación durante las décadas recientes de estos nuevos regadíos ha sido paralela al paulatino declive y progresiva disminución del regadío tradicional por el avance de los usos urbanos y terciarios.

Esta traslación geográfica del regadío desde las vegas fluviales, sus áreas de vocación natural, hacia las cuencas neógenas, constituye una desubicación ecológica del mismo que se traduce, entre otros aspectos, en la ruptura y homogenización de los gradientes salinos a escala del paisaje (dulcificación de sistemas salinos e hipersalinos y salinización de suelos y masas de agua de bajo contenido salino).

□ **Figura 6.13.** Regadíos situados dentro y fuera de fluvisoles.



Fuente: Elaboración propia utilizando datos del Corine Land Cover 2000, el Mapa Europeo de Suelos de la Agencia Europea de Medio Ambiente y el Mapa de Suelos de la Región de Murcia.

D/ Evolución de la salinidad de las aguas

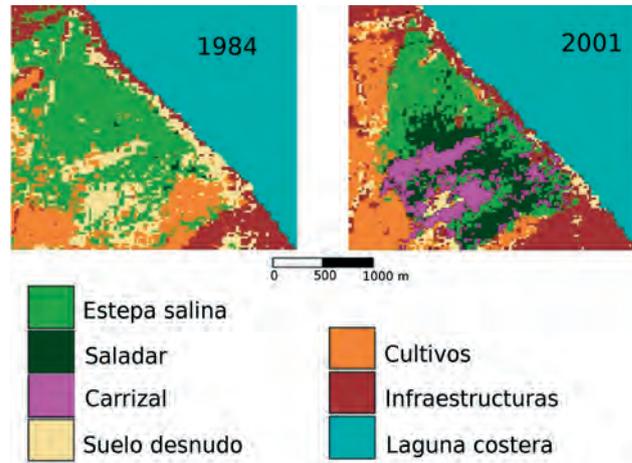
La desubicación de una parte de los regadíos y sus drenajes no deseados está contribuyendo a la modificación de los equilibrios salinos de la Demarcación del Segura.

Esta modificación incluye por una parte el incremento de flujos de agua más dulce en ecosistemas hipersalinos de alto valor científico y ecológico (Suárez et al., 1996; Varios Autores, 2001), lo que genera una banalización biológica de estos sistemas tan singulares por sus comunidades vegetales halófilas, tapetes microbianos y comunidades de invertebrados muy exclusivas. Un ejemplo de ello son los regadíos de la zona regable del trasvase de Fortuna-Abanilla, cuyos drenajes están modificando las características salinas de ecosistemas singulares incluidos en el Paisaje Protegido de Ajaque-Rambla Salada.

Los humedales del Mar Menor ilustran otro ejemplo de este proceso. En el Campo de Cartagena, la expansión del regadío favorecida por el trasvase Tajo-Segura ha aumentado los drenajes agrícolas, parte de los cuales llegan a los humedales del Mar Menor como la Marina del Carmolí.

Este aumento de los flujos de agua hacia el humedal ha modificado sus hábitat naturales, induciendo entre 1984 y 2001 la reducción a la mitad de la estepa salina, un hábitat de Interés Prioritario según la Directiva Hábitat y considerado en España como Raro y la reducción del saladar, de Interés Comunitario, a expensas del carrizal (Figura 6.14.), sin interés desde el punto de vista de dicha Directiva (Carreño et al., 2008).

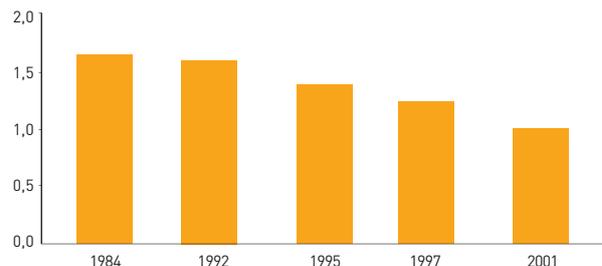
□ **Figura 6.14.** Cambios en los hábitat del humedal Marina del Carmolí, en la ribera del Mar Menor, entre 1984 y 2001.



Fuente: Elaboración propia.

Como indicador de su interés desde el punto de vista de la Directiva Hábitat, se ha calculado un índice como la media ponderada de la superficie de cada hábitat en el conjunto de humedales y asignando los valores 0, 1 y 2 al carrizal, saladar (Interés Comunitario) y estepa salina (Interés Prioritario) respectivamente. Como se muestra (Figura 6.15), el incremento de los flujos de agua en Marina del Carmolí ha favorecido el retroceso de sus características más singulares y una pérdida de aproximadamente un 38% de su interés desde la perspectiva de la Directiva Hábitat.

□ **Figura 6.15.** Evolución entre 1984 y 2001 del indicador del interés del conjunto de humedales del Mar Menor desde la perspectiva de la Directiva Hábitat.



Fuente: OSRM.

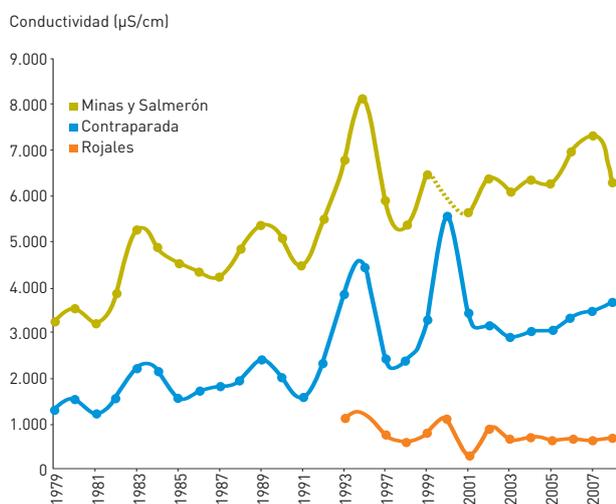
Por otra parte, la modificación de los equilibrios salinos incluye también la salinización de las aguas y suelos de la Demarcación, provocada por el riego de depósitos margosos y saladares, sobre todo en las zonas regables del trasvase, y por el uso directo de aguas muy mineralizadas. En este sentido la Salinidad general de las aguas superficiales constituye un indicador de gran interés en el seguimiento del estado general de la cuenca.

En la cuenca del Segura, se han podido comparar (Espinosa et al. 2001) dos series de datos muy comple-

tas (entre 55 y 80 estaciones de muestreo), una obtenida en 1982-83, en la fase inicial de extensión de los regadíos y otra en 1998. En las aguas superficiales de la cuenca del Segura se ha duplicado el valor medio de salinidad y conductividad entre 1982-83 y 1998, pasando de 3 g/l y 3.600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 6.4 g/l y 7.600 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La Figura 6.16. muestra el aumento continuado de la conductividad del agua de 1979 a 2007 en la Vega Media y Baja, mientras que los tramos altos del ríos no quedan afectados por este proceso. La tendencia al aumento continuado de la conductividad en las vegas media y baja se corresponde con el proceso de salinización de base mientras que los picos coinciden con años de sequía, en los que menores caudales y el riego con aguas más salinizadas contribuyen a aumentos bruscos de la conductividad.

A este incremento de la salinidad del agua ha contribuido con toda seguridad la puesta en regadío de grandes extensiones de margas salinas e incluso solonchaks o saladares como los del Guadalentín, Albaterra y Blanca. El incremento de salinidad en el río Segura constituye un problema en los tramos medios y sobre todo en la Vega Baja, donde los altos valores de conductividad del agua constituyen una limitación o condiciona negativamente muchos cultivos.

□ **Figura 6.16. Evolución de la conductividad entre 1979 y 2007 en tres estaciones del río Segura situadas en la Vega Alta (Minas y Salmerón), Vega Media (Contraparada) y Vega Baja (Rojales).**



Fuente: OSRM a partir de CHS.

En definitiva, la desubicación de los flujos de agua está favoreciendo un doble proceso: por un lado, la aridificación de las áreas de montaña, por la progresiva reducción o agotamiento de las fuentes y manantiales, como se han indicado en los párrafos anteriores y por otro, la concentración del agua en las áreas de nuevos regadíos y en los humedales del llano, a los que llegan los drenajes agrarios y con frecuencia suponen una importante transformación de los mismos. Ambos procesos

afectan a la biodiversidad: la eliminación de manantiales, puntos de agua y caudal de los arroyos de montaña afecta a su importante papel en el mantenimiento de la flora y fauna que de forma directa o indirecta depende de los mismos, mientras que la dulcificación de sistemas salinos contribuye a su banalización, al eliminar las especies, habitats y comunidades más singulares, ligadas justamente a una elevada salinidad.

El mantenimiento de los flujos hídricos dentro del ciclo natural del agua a escala de cuenca se halla estrechamente ligado al mantenimiento de las funcionalidades ambientales del agua, por lo que cabe pensar que unos flujos poco coherentes con dicho ciclo natural deben afectar a tales funcionalidades ambientales. Este aspecto se revisa en el apartado siguiente.

6.1.4. ¿Se mantienen las principales funciones ambientales del agua (mantenimiento de paisajes, espacios naturales, biodiversidad)?

A/ Los caudales circulantes

El Estudio General de la Demarcación del Segura (CHS, 2007a) aplica un indicador de interés en relación con los caudales circulantes: la Proporción de agua soltada en los embalses respecto a las aportaciones naturales restituidas a caudal continuo en dicho punto. Aplicando el método Montana, considera como Buen Estado los embalses cuyos desembalses alcanzan al menos el 30% de las aportaciones naturales en invierno (de octubre a marzo) y el 50% en verano (de abril a septiembre). En invierno sólo el embalse de la Fuensanta de los ocho embalses analizados presenta un volumen de desembalses que puede considerarse como Buen Estado mientras que en verano, coincidiendo con el calendario de riegos, este indicador mejora sensiblemente y cuatro de los ocho embalses alcanzan un estado Bueno o Muy Bueno.

Si bien en el Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura (CHS, 1997) se indicaron unos valores provisionales de caudales circulantes mínimos de carácter ambiental, tales valores no eran de obligado cumplimiento, no fueron establecidos a partir de estudios específicos y no responden a los conceptos y funciones que la Directiva Marco de Agua y la normativa vigente otorgan en la actualidad al régimen de caudales ambientales.

En respuesta, está en elaboración un estudio para la determinación de dicho régimen de caudales ambientales en la Demarcación del Segura, el cual ha de garantizar el Buen Estado ecológico en todas las masas de agua tipo río de la Demarcación.

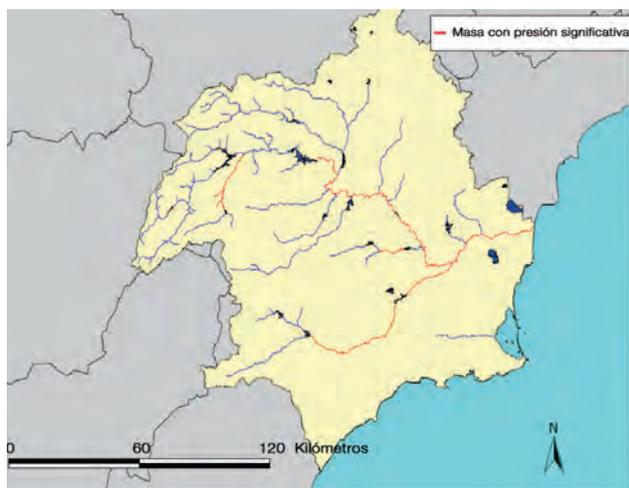
Otro indicador de interés en relación con la presión por regulación es la Capacidad acumulada de embalse respecto a las aportaciones naturales. Según el Informe de los Artículos 5, 6 y 7 de la DMA (CHS, 2005), existe presión significativa por regulación si la capacidad acumu-

lada de embalse supera el 40% de las aportaciones naturales. Aplicando este criterio se identifican 28 masas de agua con riesgo de no alcanzar los objetivos ambientales de la DMA por presiones significativas por regulación, de las que 21 se corresponden con masas tipo río (32% del total).

B/ Presión por extracciones

El Informe de los Artículos 5, 6 y 7 de la DMA considera que existe una presión significativa por captaciones sobre los flujos de agua cuando la concesión equivale o supera el 40% de las aportaciones naturales en ese punto. Aplicando este criterio, de los 180 de puntos de captación inventariados, 140 constituyen extracciones significativas, lo que supone el 78% de los puntos totales de captación. El análisis IMPRESS (presiones e impactos) realizado por Comisaría de Aguas del Segura determinó la existencia de 16 masas de agua tipo río (un 23% del total) con riesgo de no cumplir los objetivos ambientales de la DMA por presiones significativas por extracciones. Estas masas se corresponden básicamente con los principales ríos de la Demarcación: el Segura y el Guadalentín (Figura 6.17).

□ **Figura 6.17.** Localización de las masas de agua tipo río con presiones significativas por extracciones.



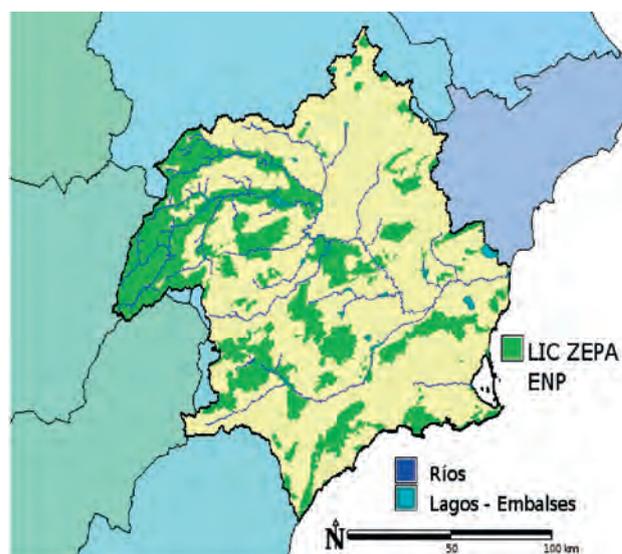
Fuente: CHS (2005).

C/ Espacios naturales y flujos hídricos

Pese a la intensa presión sobre los flujos hídricos, los ríos y ramblas de la Demarcación del Segura mantienen todavía tramos de alto valor ecológico y ambiental, muchos de los cuales gozan de diversas figuras de protección y mantienen el hábitat de especies emblemáticas como la nutria. En una parte importante de estos espacios naturales los ecosistemas asociados al agua constituyen el núcleo central del espacio. Es el caso de la Reserva Natural de Cañaverosa, en el río Segura; el espacio protegido del Cañon de Almadenes; el Humedal de Ajauque-Rambla Salada, el LIC Vega Alta del Segura y los LIC de Ojos del Luchena, río Chícamo y río Benamor, entre otros.

El análisis espacial de las masas de agua superficiales y los espacios protegidos (Espacios Naturales Protegidos y áreas LIC y ZEPA) incluidos de la Demarcación del Segura muestran una estrecha conexión entre ambos. De los 1.268 km de masas de agua tipo río no encauzado, más de la mitad (58%) discurren por un espacio protegido. En el caso de las masas tipo lago la casi totalidad de su superficie constituye un espacio protegido e igualmente en el caso de los embalses, considerados como masas Muy Modificadas, el 85% de su superficie se halla incluida en tales espacios. Tan sólo los tramos fluviales encauzados y las masas de agua artificiales quedan mayoritariamente excluidos de la red de espacios protegidos. La Figura 6.18 muestra las masas de agua tipo río, lagos y embalses delimitadas en aplicación de la Directiva Marco de Agua y su relación con los espacios protegidos.

□ **Figura 6.18.** Masas de agua tipo río, lagos y embalses delimitadas en aplicación de la Directiva Marco de Agua y espacios protegidos en la Demarcación del Segura. ENP: Espacio Natural Protegido; LIC: Lugar de Importancia Comunitaria; ZEPA: Zona Especial de Protección de las Aves.



Fuente: OSRM.

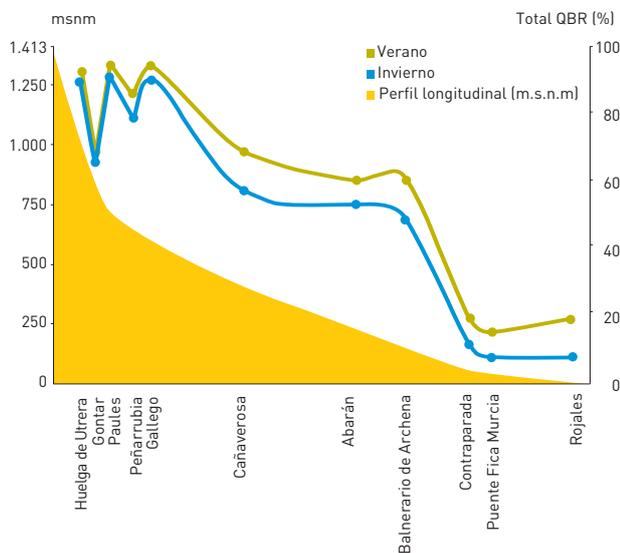
Esta estrecha conexión entre las masas de agua y los espacios naturales señala la importancia de tales flujos y masas de agua para el mantenimiento de la biodiversidad general de la Demarcación del Segura. Ello señala la necesidad de una estrecha coordinación entre la planificación y gestión del agua y las políticas ambientales y entre las administraciones con competencias en estas materias. Así, de acuerdo con la normativa reciente el régimen de caudales ambientales ha de garantizar los requisitos específicos de los hábitats y especies presentes en los espacios de la Red Natura 2000.

D/ Estado ecológico de las riberas. Índice QBR

Uno de los indicadores de calidad de las riberas más utilizados es el QBR, que evalúa entre otros aspectos diversas características relativas a la vegetación, hábitats,

aspectos morfológicos de los márgenes y del cauce, grado de naturalidad y presencia de canalizaciones y otros elementos de artificialización del cauce. Los estudios realizados (INITEC, 2006) indican que en torno a un 50% de los 82 tramos de ribera estudiados en la Demarcación del Segura presentan una calidad Buena o Muy Buena, aproximadamente un 20% de los mismos presentan una calidad Intermedia mientras que el 30% restante tiene una calidad Mala o Pésima. En general, las riberas mantienen una calidad adecuada en las cabecezas y tramos altos mientras que los tramos bajos suelen presentar una calidad muy deficiente, (Figura 6.19.).

□ **Figura 6.19.** Índice QBR a lo largo de las estaciones situadas en el río Segura en invierno y en verano. Se muestra el perfil longitudinal del río y los nombres de las estaciones.



Fuente: OSRM a partir de INITEC (2006).

Las canalizaciones y encauzamientos constituyen actuaciones que contribuyen considerablemente a la degradación o destrucción de las riberas fluviales y a la pérdida de la calidad hidromorfológica de los tramos fluviales, dado que normalmente suponen la eliminación completa o casi completa de las riberas. De los 1.386 km de longitud de masas de agua tipo río de la Demarcación del Segura, 118 km se corresponden con tramos encauzados, lo que supone un 8,5% del total. Por otra parte las masas de agua tipo río afectadas por embalses tienen una longitud total de 271 km, lo que representa en torno a un 20% del total.

Las presas (dique de más de 10 m de altura) y azudes (entre 2 y 10 m) constituyen otro factor de reducción de la calidad hidromorfológica de los ríos, al constituir barreras u obstáculos transversales a la dinámica longitudinal de los mismos. Según el Informe de los Artículos 5, 6 y 7 de la DMA existen 28 masas de agua con alteraciones hidromorfológicas por canalizaciones, presas y azudes (6. 20), 21 de las cuales corresponden a masas de agua tipo río (30% del total) y el resto a masas de agua Muy Modificadas o Artificiales.

□ **Figura 6.20.** Masas de agua con alteraciones hidromorfológicas por encauzamientos, presas y azudes.

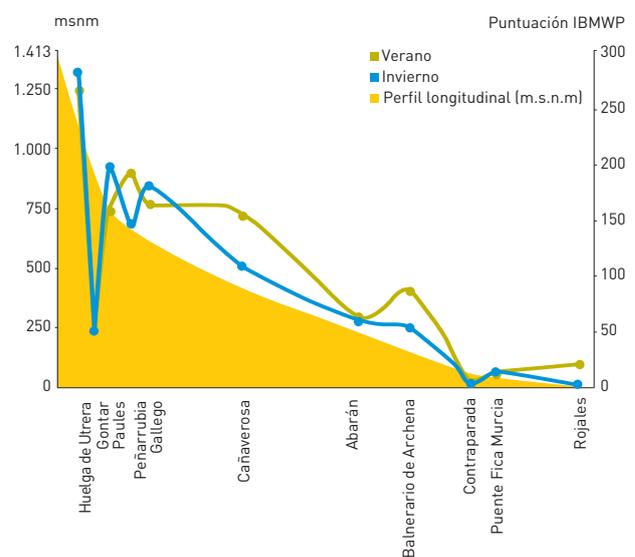


Fuente: CHS (2005).

E/ Estado Ecológico

El Estudio General de la Demarcación (CHS, 2007a) incluye una valoración provisional del Estado Ecológico de las masas de agua tipo río. Para ello se aplica un indicador integrado con la información aportada por el índice QBR ya comentado (basado en la calidad de las riberas), el índice IBMWP (basado en la comunidad de invertebrados) y el índice IHF (basado en la calidad y heterogeneidad de los hábitats fluviales presentes). Como ejemplo se muestra el valor del índice IBMWP en las estaciones situadas a lo largo del río Segura (Figura 6.21.), que indica una clara reducción de la calidad según el índice IBMWP de cabecera a desembocadura.

□ **Figura 6.21.** Índice IBMWP a lo largo de las estaciones situadas en el río Segura en invierno y en verano. Se muestra el perfil longitudinal del río y los nombres de las estaciones.



Fuente: INITEC (2006) y OSRM.

De las 72 masas de agua tipo río incluyendo los tramos encauzados y designados como Muy Modificadas, el 17% presentan un estado Muy Bueno; el 30% un estado Bueno y el 53% un estado inferior a Bueno. En términos de kilómetros fluviales el 16% de la longitud total de masas tipo río presenta un estado Muy Bueno, el 37% un estado Bueno y el 37% un estado inferior a Bueno. Por tanto, una proporción significativa de los tramos y masas fluviales presenta un estado ecológico inferior al deseable por razones tanto cualitativas como derivadas del estado hidromorfológico y del volumen y dinámica de los caudales circulantes. Estos tramos se localizan en los sectores medio y bajo del río Segura, en el río Guadalentín y en algunos afluentes del río Segura, mientras que la mayoría de los tramos de cabecera presentan un estado ecológico Bueno o Muy Bueno (Figura 6.22).

□ **Figura 6.22.** Evaluación provisional de las masas de agua tipo río.



Fuente: CHS (2007a).

Junto a la contención de las fuerzas motrices que inducen la elevada presión sobre los flujos hídricos en la Demarcación del Segura (regadío fundamentalmente y demandas urbanas y turísticas) y reducen o comprometen el estado ecológico de las masas de agua y las funcionalidades ambientales de los flujos hídricos, una vía efectiva para reducir los impactos sobre los sistemas naturales es la realización de una gestión eficiente del agua, aspecto que se analiza en el apartado siguiente.

6.1.5. ¿Se realiza una gestión eficiente de los recursos hídricos y de las infraestructuras hidráulicas?

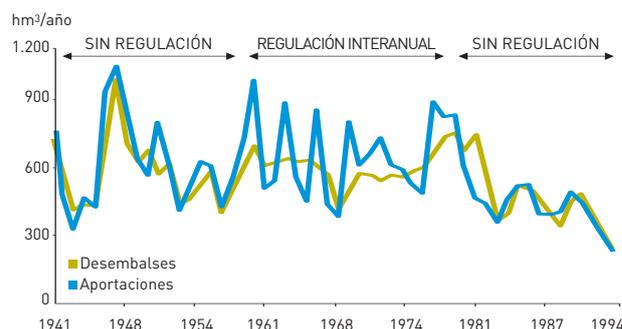
A/ Capacidad de embalse y evolución en el tiempo

En la Demarcación del Segura existe una capacidad de regulación de cerca de 770 hm³, lo que equivale a más del 90% de sus aportaciones naturales. Junto a esta elevada capacidad de regulación de las aguas propias de la cuenca, existe un importante volumen de regulación (cerca de

325 hm³) de recursos procedentes del río Tajo. Cabe preguntarse por la eficiencia de las infraestructuras hidráulicas, en este caso de los embalses, en relación con su función reguladora. Si bien los embalses siguen cumpliendo su función de regulación intraanual (distribución en verano de las aportaciones obtenidas en invierno), el análisis de las aportaciones y desembalses globales muestra efectivamente una pérdida progresiva de su regulación efectiva interanual.

Como muestra la Figura 6.23, los embalses de la demarcación del Segura han atemperado la variabilidad interanual de los recursos disponibles durante las décadas de los años 60 y 70, pero a partir de 1980, la evolución de los desembalses de recursos propios de la cuenca sigue de cerca la evolución de las aportaciones. Esta pérdida de regulación interanual efectiva se debe sobre todo al sustancial incremento de la superficie de regadío a partir de dicha fecha, que provocó una fuerte presión sobre todos los recursos disponibles, impidiendo su regulación interanual, tal y como ha ocurrido en otros regadíos españoles (Corominas, 1999) y en otros países (Bird & Wallace, 2001).

□ **Figura 6.23.** Evolución de las aportaciones anuales a la cuenca y desembalses totales



Fuente: CHS (2005).

En este sentido, los embalses han perdido una parte de su funcionalidad de regulación hiperanual. La aplicación de conceptos tales como niveles de garantía, el principio de precaución o la gestión adaptativa a recursos muy fluctuantes apuntan siempre en la dirección de mantener unos niveles de consumo en un cierto equilibrio dinámico con el agua disponible, escenario en el que la regulación hiperanual de los numerosos embalses de la cuenca recobraría toda su funcionalidad.

B/ Pérdidas por evaporación directa desde embalses y balsas de riego.

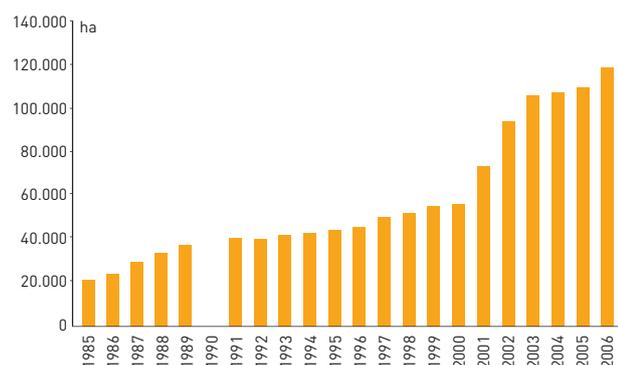
Un elemento fundamental de la eficiencia en la gestión del agua es el del ahorro y la reducción de las pérdidas de agua. Esto es aplicable no sólo a escala de los usos individuales de riego y domésticos, sino a todos los niveles de la gestión, incluyendo las pérdidas por evaporación directa desde embalses y balsas de riego. El sustancial incremento de los embalses de riego en los últimos años ha contri-

buido a aumentar las pérdidas globales por evaporación directa a escala de cuenca. Utilizando los datos aportados por el Corine Land Cover del año 2000 relativos a la superficie total de láminas de agua (embalses y balsas de riego), estas pérdidas por evaporación directa serían un 28% superiores a las estimadas en el PHCS y podrían situarse en unos 77 hm³, utilizando un valor medio de evaporación de unos 1.550 mm (Vera Muñoz, 1990). En este sentido, la proliferación de un gran número de balsas de riego, con una elevada relación superficie/volumen, constituye un uso poco eficiente del agua, especialmente en territorios con una intensa insolación, como corresponde a buena parte de la demarcación del Segura.

C/ El ahorro de agua y la reducción de las pérdidas en el regadío y en los usos urbanos

En la Demarcación del Segura, especialmente en el ámbito de la Región de Murcia, se han ido implantando de forma extensiva las técnicas que aumentan la eficiencia del riego y disminuyen las pérdidas de agua tanto en la distribución (utilizando conducciones cerradas) como a escala de parcela, a través del riego localizado, especialmente el riego por goteo y otras mejoras técnicas asociadas, incluyendo medidores volumétricos y control automatizado. Los Planes de Modernización de Regadíos, que han recibido un fuerte impulso en los últimos años por parte de la Administración Pública, han incrementado sustancialmente la superficie total con riego localizado. La Figura 6.24. muestra la evolución del riego localizado en la Región de Murcia, que comienza a inicios de los años 80 y alcanza en la actualidad una proporción muy elevada del regadío total en dicha región.

□ **Figura 6.24. Riego localizado en la Región de Murcia.**



Fuente: Centro Regional de Estadística de Murcia y Estadística Agraria Regional y OSRM.

El riego localizado mejora la eficiencia agronómica del agua a escala de parcela y otros aspectos tecno-económicos del regadío, como la reducción de los costes de mano de obra y de insumos como fertilizantes y pesticidas y una mayor intensificación de los cultivos, todo lo cual deriva en una mayor productividad. Esta mejora tecno-económica es probablemente más relevante que el propio ahorro de agua, el cual puede alcanzar en

la práctica un valor muy variable y en general suele ser bastante limitado (Cánovas Cuenca, 2008), de forma que la contribución significativa al ahorro de agua está ligada a la reducción de las pérdidas en los sistemas de transporte y distribución.

Si bien el riego localizado mejora la eficiencia del mismo a escala de parcela, ello no necesariamente se traduce en ahorro de agua a una escala global. En primer lugar, la intensificación del cultivo a la que suele dar lugar puede traducirse en un aumento de la producción pero no en una reducción del consumo de agua. Por otra parte, el riego localizado reduce los retornos y las infiltraciones a los acuíferos, flujos que forman parte del ciclo integrado del agua en regadíos tradicionales, asociados a sistemas fluviales y acuíferos aluviales, por lo que en este tipo de regadíos, no siempre el riego por goteo se traduce en una reducción de las demandas hídricas de las zonas regables ni en un aumento de los recursos hídricos disponibles (CES, 1996).

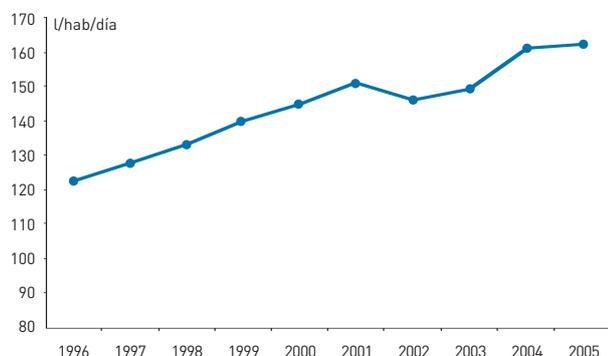
No obstante, la modernización de regadíos tradicionales sí incide en objetivos fundamentales de estas actuaciones como la mejora de las condiciones de producción, productividad y rentabilidad de los mismos (CES, 1996). En cualquier caso, el riego localizado, especialmente en las áreas de nuevos regadíos, que en general no están conectados con flujos naturales de agua como ríos o acuíferos aluviales, puede contribuir a reducir los drenajes no deseados y sus efectos sobre los equilibrios hídricos salinos, comentados en apartados anteriores.

En definitiva, la modernización de regadíos y la generalización del riego localizado aumenta sustancialmente la eficiencia a escala de parcela y constituye una considerable mejora técnico-económica que redundará en la rentabilidad, pero ello no se traduce necesariamente en un ahorro significativo de agua a escala global. En cualquier caso en la cuenca del Segura una proporción muy elevada del regadío dispone ya de estas mejoras técnicas (que en 1999 abarcaba ya la mitad del regadío, frente a un 27% de media en España), por lo que una reducción significativa en el consumo global de agua en regadío en esta cuenca habría de esperarse por otras vías, especialmente a través de la contención y reordenación de la propia fuerza motriz, el regadío. ¿Cuál es el caso de los abastecimientos urbanos? Al margen de las fuerzas motrices (evolución de la población total y usos industriales y turísticos con consumo de agua), ya comentadas en apartados anteriores, las posibilidades de ahorro en el agua para usos urbanos depende de dos cuestiones: el agua requerida para cubrir los servicios, cuyo indicador es el Consumo doméstico neto per cápita, y la eficiencia del suministro, para el que se puede utilizar como indicador la Proporción de pérdidas en las redes de distribución.

Respecto a la primera cuestión, según los datos de consumo por vivienda y número medio de habitantes por vivienda principal (Maestu et al., 2007), en 2001 el con-

sumo doméstico neto por habitante en la cuenca del Segura (unos 143 l/habitante día) es algo inferior al valor medio en España, (unos 157 l/habitante día). No obstante, los datos muestran una clara tendencia de aumento, tal y como ilustra el caso de la Región de Murcia (Figura 6.25), representativo del conjunto de la cuenca. Muchos aspectos pueden estar favoreciendo un mayor consumo doméstico per cápita, entre los que figuran mayores servicios en los hogares y un mayor proporción de viviendas unifamiliares y segundas residencias, que como se indicó en apartados anteriores, presentan un gasto de agua per cápita entre dos y tres veces mayor que el existente en los cascos urbanos compactos por el mantenimiento de servicios adicionales como jardines y piscinas.

□ **Figura 6.25. Evolución del consumo de agua en los hogares (l/hab.día) en la Región de Murcia entre 1996 y 2005.**



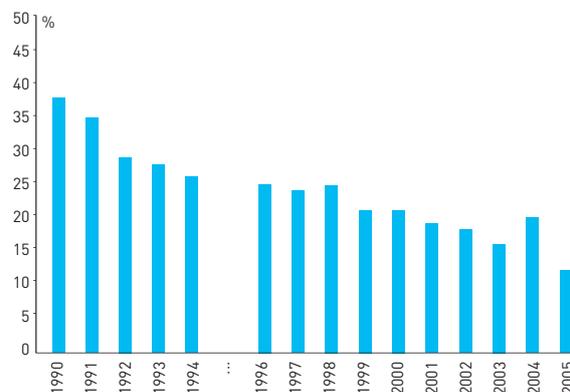
Fuente: CHS (2005).

Por el contrario, en relación con la proporción de pérdidas en las redes de distribución, la información disponible señala una clara mejora en la eficiencia de las redes de abastecimiento con una sustancial reducción de dichas pérdidas. El sistema de distribución en alta, gestionado por la Mancomunidad de Canales del Taibilla, exhibe una reducción sostenida de las pérdidas desde valores próximos al 10% a finales de la década de los setenta a valores inferiores al 2% a partir de mediados de los años noventa (CES, 1996). El sistema de distribución en baja (empresas de suministro de agua a los hogares) presenta igualmente una reducción muy significativa de las pérdidas. La Figura 6.26 muestra la reducción de estas pérdidas en el suministro urbano en baja en la Región de Murcia, el cual se puede considerar bastante representativo del conjunto de la cuenca. Entre 1990 y 2005 estas pérdidas se han reducido a un tercio de su valor inicial, pasando de un 37% en 1990 a un 12% aproximadamente en 2005, lo que supone una eficiencia media en las redes de abastecimiento bastante aceptable. Esta reducción continuada de las pérdidas en las redes de abastecimiento contribuye a absorber parte del incremento en el consumo provocado por el aumento de la población y el mayor gasto per cápita.

En definitiva, en el agua para abastecimiento no cabe esperar futuros ahorros importantes por una mayor

reducción de las pérdidas en la red, aunque siempre permanecen ciertos márgenes de mejora. En cambio, existe un amplio margen para la contención y reducción del consumo doméstico per cápita a través de distintas líneas de actuación.

□ **Figura 6.26. Evolución del porcentaje de pérdidas en las redes de abastecimiento urbano en la Región de Murcia.**



Fuente: CES, 1996 (años 1990-1994) e INE (años 1996-2005) y OSRM.

D/ Gestión de la calidad del agua como un componente de su disponibilidad para los usos

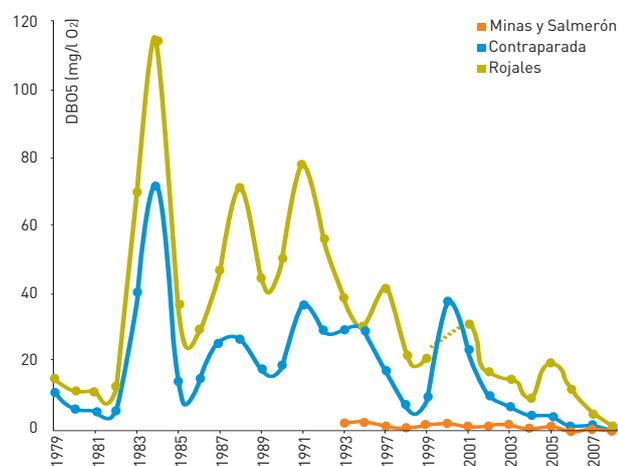
Además de afectar al estado ecológico de las masas, la calidad del agua influye en su disponibilidad, dado que condiciona los usos posibles. En primer lugar puede limitar las opciones de potabilización para el abastecimiento urbano, pero si la calidad del agua es muy baja, puede también impedir o condicionar el uso agrícola, bien por un exceso de contaminación orgánica, microbiológica, de metales pesados o por un exceso de salinidad, aspecto este último ya comentado en apartados anteriores. La degradación de la calidad del agua impide algunos usos y obliga a realizar tratamientos adicionales con un coste económico añadido. Desde esta perspectiva, la pérdida de la calidad del agua supone una reducción de los recursos disponibles, de forma que prevenir la contaminación o recuperar la calidad de las ya utilizadas (ya sea de las aguas residuales urbanas, industriales y en ocasiones de los drenajes agrícolas, a través de las estrategias adecuadas en cada caso), supone permitir de nuevo su uso en el ciclo económico y por tanto aumentar su disponibilidad como recurso.

En la cuenca del Segura se han constatado casos significativos de reducción de los recursos disponibles por degradación de su calidad tanto en las aguas superficiales como en las subterráneas, aunque a través de procesos diferentes. En relación con las aguas superficiales, en la cuenca del Segura la progresiva contaminación urbana, industrial y agrícola fue convirtiendo al río Segura en uno de los ríos más contaminados de Europa. La continuada degradación de la calidad del agua llegó a afectar negativamente a los cultivos más sensibles de

la Vega Baja como los hortícolas, especialmente durante las décadas de los años ochenta y noventa, en los que los valores medios anuales de Demanda Biológica de Oxígeno, indicadora de contaminación orgánica, superaron los 40 e incluso los 60 mg/l O₂ (Figura 6.27.).

Desde finales de los años noventa comienza un proceso de recuperación de la calidad con una disminución de la carga orgánica, a lo que sin duda contribuyó la mejora de los sistemas de depuración y un aumento del control efectivo sobre los vertidos, al que se unió una progresiva reducción del volumen total de vertidos autorizado (Figura 6.28.).

□ **Figura 6.27.** Evolución entre 1979 y 2007 de la demanda biológica de oxígeno en los tramos alto (Minas y Salmerón), medio (Contraparada) y bajo (Rojales) del río Segura.



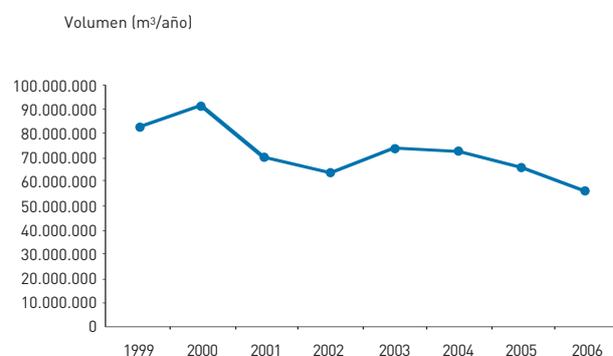
Fuente: CHS (2005).

En relación con las aguas subterráneas, los bombeos han provocado en algunos acuíferos un proceso de salinización, por la extracción de aguas profundas muy mineralizadas, por intrusión marina en el caso de acuíferos costeros y por contacto con formaciones ricas en sales en el caso de acuíferos continentales. Esta salinización de acuíferos se tradujo en una reducción de los recursos disponibles para el riego en zonas como Mazarrón y Aguilas y en el Campo de Cartagena.

Sólo recientemente, a partir de mediados de los años noventa, estos recursos recobraron el carácter de disponibles a través de tratamientos específicos, en particular la desalobración, lógicamente con un importante coste añadido. A finales de 2005 un 37% de los puntos de control de las aguas subterráneas (CHS, 2006) mantiene bajos valores de conductividad, inferiores a 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que la mitad de las muestras presentaban una conductividad superior a los 2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valor límite para el agua de abastecimiento y a partir del cual empiezan a manifestarse también efectos negativos en los cultivos. En un tercio de los puntos la conductividad supera los 4.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que constituye una seria limitación para su uso agrícola.

Por otra parte, una proporción significativa de las aguas subterráneas en la Demarcación del Segura está afectada por procesos de contaminación agraria difusa, que se traduce en altos niveles de nitratos y pesticidas. El 22% de las muestras de la red oficial de control de las aguas subterránea (CHS, 2006) presenta un contenido en nitratos superior a 50 mg/l, límite máximo para su uso en abastecimiento, mientras que el 19% de las muestras presentó un contenido en plaguicidas superior a los límites legales. La contaminación por nitratos, que además de condicionar o impedir el uso para el abastecimiento urbano favorece procesos de eutrofización, es debida principalmente a la agricultura por el uso de fertilizantes, a la ganadería y en menor medida a los vertidos urbanos (MMA, 2006).

□ **Figura 6.28.** Evolución del volumen autorizado de vertidos urbanos en la Demarcación del Segura.



Fuente: Libro Digital del Agua, Ministerio de Medio Ambiente y OSRM.

Otro aspecto importante en relación con la calidad del agua y los recursos disponibles es la gestión de la calidad diferencial de las aguas. Mantener los máximos valores de disponibilidad del agua para los usos requiere reservar el agua de mayor calidad para los usos más exigentes como el abastecimiento de boca y destinar el agua de calidades inferiores a usos sucesivamente menos exigentes. Por ejemplo, muchos acuíferos mantienen una calidad superior a la existente en las aguas superficiales y son menos vulnerables a los procesos de contaminación, de forma que su uso para abastecimiento reduce la intensidad del tratamiento requerido.

En la cuenca del Segura, como en España en general, los usos urbanos se abastecen mayoritariamente de aguas superficiales, circunstancia que convive con una dedicación importante de las aguas subterráneas, incluyendo acuíferos con agua de alta calidad, a los usos agrícolas. En el caso de la cuenca del Segura el 98 % de todas las extracciones son utilizadas para regadío (MOPTMA, 1994), un valor muy elevado comparado con la proporción media de todas las cuencas, situada en torno al 65 %. Si bien, como se ha indicado, una proporción importante de las aguas subterráneas de la cuenca Segura presentan una calidad degradada, existen algunos acuíferos con volúmenes significativos que mantienen una calidad muy

elevada, con conductividades inferiores a $1.000 \mu\text{S}/\text{cm}$ y una gran aptitud para su uso en abastecimiento respecto a otros usos menos exigentes en calidad.

E/ Productividad y eficiencia económica de los usos del agua

¿El bienestar económico requiere un cantidad elevada de agua? Un aspecto muy importante de la eficiencia de los usos del agua es el grado en que el consumo de recursos hídricos repercute en un mayor o menor nivel de riqueza económica. Con datos de 2001-2002, la productividad media del agua en España se sitúa en unos $27,5 \text{ euros}/\text{m}^3$ de Valor Añadido Bruto a precios de mercado (VAB_{pm}), al cual las actividades primarias (agricultura, ganadería, pesca y silvicultura) aportan $1 \text{ euro}/\text{m}^3$ (Maestu et al., 2007), lo que contrasta con el hecho de que el 80% de las captaciones de agua son para regadío. En definitiva, con el consumo del 90% del agua utilizada para las actividades económicas, el sector primario aporta el 3,2% del VAB_{pm} . (Maestu et al., 2007).

En la cuenca del Segura la contribución de la agricultura al VAB es mayor y también la productividad del agua en el regadío, que es la tercera más alta de España, por detrás de la cuenca del Sur y de Canarias. El VAB_{pm} por metro cúbico de agua en el regadío de la cuenca del Segura es $0,77 \text{ euro}/\text{m}^3$, lo que supone un valor un 88% superior a la media en España (Maestu et al., 2007). No obstante, hay que considerar también que la mayor rentabilidad del regadío en la cuenca del Segura no compensa el hecho de que se utilice una proporción mayor de agua que en el resto de España para la actividad agraria, un sector que contribuye al valor añadido bruto de forma muy modesta. El efecto de esto en la productividad global del agua puede ilustrarse con el caso de la Región de Murcia, bastante representativo de la cuenca. Con datos de 2001 (INE y Cuentas Satélite del Agua), la productividad media del agua en la Región de Murcia se sitúa en unos $18,5 \text{ euros}/\text{m}^3$ de Valor Añadido Bruto a precios de mercado, un 33% inferior a la media en España, de $27,5 \text{ euros}/\text{m}^3$.

Utilizar de forma eficiente el agua es fundamental para mantener valores equivalentes de servicios con el menor consumo posible de recursos hídricos. Pero además, es necesario tener en cuenta que los recursos disponibles no constituyen en general un valor constante y por tanto es necesario integrar en la gestión del agua su variabilidad así como las perspectivas que para los recursos hídricos se derivan del cambio climático. Estos aspectos se analizan a continuación.

6.1.6. ¿Se aplica una gestión adaptativa de los recursos hídricos y teniendo en cuenta el Cambio Climático?

A/ La gestión adaptativa en la fase de planificación de los usos del agua

El agua disponible presenta una variabilidad natural a corto y largo plazo que en el caso de las cuencas medi-

terráneas, como la del Segura, se traduce en fluctuaciones interanuales muy intensas. Se requiere por tanto una gestión del agua y sus usos que tenga en cuenta y se adapte a dicha variabilidad natural. Aunque históricamente dicha adaptación ha constituido una necesidad, en periodos recientes los sistemas socioeconómicos se han ido desarrollando sobre una demanda de recursos hídricos cada vez menos flexible.

El regadío ha adoptado modelos cada vez más intensivos en capital, lo que se traduce en una demanda rígida y que exige altos niveles de garantía, poco compatibles con grandes fluctuaciones de los recursos disponibles, sobre todo si dicha demanda se sitúa al nivel de los máximos valores posibles de tales recursos. Como se describió en apartados anteriores, en la cuenca del Segura el propio proceso de planificación hidrológica ha alentado esta evolución divergente entre recursos y una demanda rígida y creciente. En sucesivos ejercicios de planificación a lo largo del siglo XX se partió de valores poco realistas de los recursos por estar sobrevalorados y por no tener en cuenta su alta variabilidad, mientras que se consolidó una demanda agraria equivalente o superior a los máximos recursos posibles.

La no adecuación de las demandas a los recursos y sus fluctuaciones puede afectar de forma importante a la eficiencia del uso del agua. Por ejemplo, el caso del trasvase Tajo-Segura muestra que los recursos de este origen han tenido un bajo nivel de garantía, dado que la normativa fija exclusivamente los valores máximos de transferencia. Múltiples factores inciden en el funcionamiento efectivo del trasvase, incluyendo sequías acopladas en las cuencas del Tajo y del Segura, entre otros factores climáticos e hidrológicos, aspectos ambientales y nuevos desarrollos normativos y la evolución de los contextos económicos, energéticos, sociales y políticos. El resultado final es un bajo nivel de garantía que ha de ser tenido en cuenta al analizar la eficiencia económica de los volúmenes reales trasvasados.

En cualquier caso es necesaria una gestión adaptativa en todas las fases de planificación y gestión del agua y de sus usos, lo que en primer lugar requiere evitar una sobrevaloración del agua disponible y partir del régimen de variabilidad natural del agua así como de las tendencias de cambio a medio y largo plazo, más que de un valor constante de recursos. Estos aspectos cobran especial importancia a la luz de las previsiones del cambio climático, como se comenta a continuación.

B/ La tendencia a la reducción de los recursos disponibles

En los últimos 25 años tanto las precipitaciones como las aportaciones han disminuido de forma muy significativa, especialmente en el área mediterránea y en el sur de la península y resulta particularmente visible en la Demarcación del Segura. Esta reducción en los últimos 25 años se traduce en una estima de aportaciones medias progresivamente menores según se considere

la serie desde el año 40/41 hasta 1989 contenida en el Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura (PHCS) (871 hm³), dicha serie completa en su posterior actualización hasta el año 2000 (830 hm³) o hasta el año 2005 (823 hm³) (CHS, 2007b). Utilizando la serie de aportaciones restituidas al régimen natural del PHCS y sus posteriores actualizaciones, la aportación media según la serie completa de 66 años (1940/41 a 2005/06) arroja valores sobreestimados en un 24% con respecto al valor obtenido utilizando los últimos 25 años.

Esta reducción, constatada a lo largo de veinticinco años, un periodo suficientemente amplio, constituye realmente un cambio de tendencia que con toda probabilidad se mantendrá a corto y largo plazo porque, más allá de la variabilidad climática, existen varios procesos que inciden de forma importante en dicha reducción, procesos que continuarán activos en el futuro. Entre ellos hay que destacar la reducción de los coeficientes de escorrentía en cabecera por el aumento de las masas forestales. En efecto, en la cabecera del Segura tales coeficientes se han reducido en los últimos años en un treinta por ciento, habiendo pasado de un coeficiente de escorrentía del 20 al 13 % (CES, 1996). A ello se une igualmente la probable reducción de las aportaciones subterráneas a la cabecera del río Segura por efecto de una mayor explotación de los acuíferos de cabecera y el cambio climático, que mantendrá o acentuará la tendencia a la reducción de las aportaciones en la mitad sur de la península por el efecto combinado de menores precipitaciones y una mayor evapotranspiración.

En definitiva es necesario incorporar las previsiones del cambio climático en la planificación y gestión del agua, y en particular la tendencia a la reducción de las aportaciones, con el fin de prevenir diversos riesgos, como la asignación de unos recursos más virtuales que reales, la generación de posibles tensiones socioambientales y las dificultades prácticas para establecer y cumplir con un adecuado régimen de caudales ambientales.

C/ Medidas de adaptación al Cambio Climático

Los escenarios de cambio climático apuntan a un incremento progresivo de la temperatura y una disminución de las precipitaciones a lo largo del siglo XXI, tendencias que se acelerarán a partir de mediados de siglo en el caso de escenarios de emisiones globales más altas. Estas reducciones serán mayores en el tercio sur peninsular, donde se sitúa la cuenca del Segura, con reducciones superiores al 30% en el escenario de emisiones altas y en torno al 20% en el escenario de emisiones bajas (VVAA, 2007). Esto se traduce según los modelos en una disminución drástica de la escorrentía en la cuenca mediterránea, uno de los lugares del mundo donde los impactos proyectados son más intensos, siendo el efecto especialmente acusado en las cuencas de la mitad sur peninsular, como la del Segura.

El efecto combinado de una reducción de los recursos y el aumento de los consumos por una mayor evapotranspira-

ción tendrá un impacto notable en el agua y sus usos, que requiere diversas medidas de adaptación. Estas medidas están relacionadas tanto con las demandas (contención de las fuerzas motrices del consumo de agua, en particular el regadío y los desarrollos urbano-turísticos, aspecto ya comentado en apartados anteriores) como con los recursos (a través del impulso de los recursos no convencionales como la reutilización de aguas residuales y la desalación marina) y con el establecimiento de planes y herramientas específicas, como los planes frente a la sequía.

En relación con los recursos no convencionales, en la cuenca del Segura han existido tempranas iniciativas de reutilización de aguas residuales para el riego. De hecho, una parte significativa de las infraestructuras para el tratamiento y depuración de las aguas residuales fueron financiadas con fondos procedentes de programas de lucha contra la sequía, entendiendo la depuración como requisito para el objetivo de incrementar los recursos disponibles para el regadío. El número de depuradoras ha ido aumentando progresivamente y en 2004 generaron un total de 140 Hm³. Como se ha indicado en apartados anteriores, el 44% de todas las aguas residuales depuradas se reutiliza de forma directa para regadío y algún campo de golf.

La Confederación está gestionando la concesión de la generalidad de caudales procedentes de las depuradoras para su reutilización directa para riego sin pasar por un cauce natural, aspecto ya comentado en apartados anteriores en relación con la integración de los usos en los flujos naturales del agua. Del volumen total depurado, aproximadamente unos 15 Hm³ anuales proceden de depuradoras costeras que vierten directamente al mar (CHS, 2007b), por razones diversas.

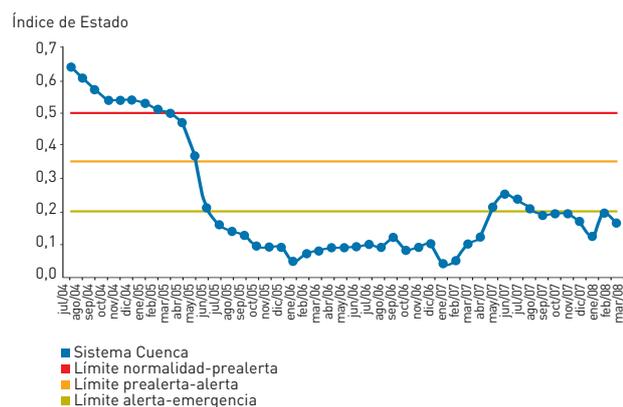
En algunos casos, como las depuradoras costeras del área del Mar Menor, la no reutilización de sus aguas depuradas se debe a los problemas e insuficiencias de los colectores y de la propia red de alcantarillado, que provocan la salinización de las aguas residuales por contacto con aguas salinas, un fenómeno muy habitual en esta zona. Los agricultores han desestimado el uso para riego de las aguas depuradas procedentes de estas depuradoras debido a su elevada salinidad. En este sentido, la mejora de estas infraestructuras de saneamiento para impedir la salinización de las aguas residuales, supondría un aumento no desdeñable del volumen total de aguas residuales reutilizadas y, por tanto, un aumento de la disponibilidad del agua, en la línea de lo comentado en referencia a la gestión de la calidad como un componente de su disponibilidad para los usos.

En 2007, el volumen total de recursos hídricos procedentes de desalación marina fue de 64 hm³, de los que el 75% se dedica al abastecimiento (CHS, 2007a). Las nuevas instalaciones y ampliaciones prevén incrementar el volumen total desalado en una primera fase hasta unos 400 hm³ y en una segunda fase hasta unos 490 hm³, de los que un 63% estaría destinado a regadío. La

desalación constituye una vía de incremento de recursos que posee una elevada garantía junto a una importante flexibilidad y capacidad de adaptación a las circunstancias concretas de recursos y demandas existentes en cada momento. En cualquier caso, el significativo volumen previsto de desalación, que supone cierto desacoplamiento de los recursos disponibles, señala la necesidad de su análisis en el marco de los recursos y consumos globales de la cuenca de forma que no se induzcan procesos de insostenibilidad, en la línea de lo comentado en los apartados iniciales de este capítulo.

Por otra parte, los planes frente a las situaciones de sequía constituyen herramientas importantes para la planificación y alerta temprana de los periodos de sequía a través de indicadores contrastables que permitan detectar con suficiente anticipación situaciones de alerta y activar distintas medidas en función de su severidad. Como en el resto de cuencas, el Plan Especial ante Situaciones de Alerta y Eventual Sequía de la Cuenca del Segura (CHS, 2007b) incluye indicadores, basados en las existencias y aportaciones de recursos hídricos en cada momento, que clasifican el estado del sistema en los niveles de Normalidad, Prealerta, Alerta y Emergencia. Cada uno de estos niveles activa un conjunto de medidas preestablecidas de carácter estratégico, táctico o de emergencia. La Figura 6.29. presenta la evolución mensual de este indicador, el Índice de Estado del Sistema Cuenca, de julio de 2004 a marzo de 2008, en los que se suceden los cuatro niveles mencionados. Como muestra la Figura 6.29., en estos últimos cuatro años dominan los periodos en los que el Índice de Estado es inferior a 0,2, umbral por debajo del cual se define el estado de Emergencia.

□ **Figura 6.29. Evolución mensual del Índice de Estado respecto a la sequía.**



Fuente: CHS (2007b)

Una gestión adaptativa, que tenga en cuenta el cambio climático y la tendencia a la reducción de los recursos disponibles constituye un elemento de respuesta fundamental para una mayor sostenibilidad del agua. Pero junto a ello es necesario abordar el fortalecimiento de las instituciones para una gestión más sostenible del agua, cuestión que se aborda en el siguiente apartado.

6.1.7. ¿Se fortalecen las instituciones para una gestión más sostenible del agua?

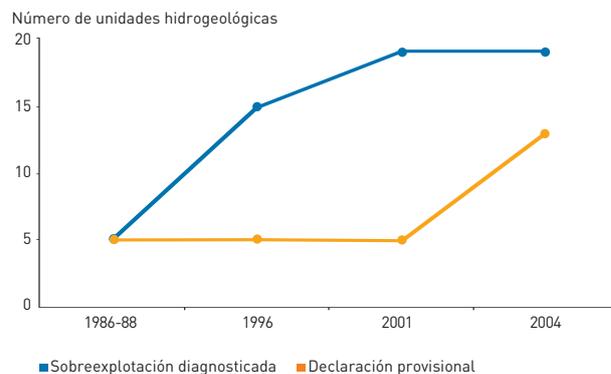
Un aspecto básico para avanzar en la sostenibilidad del agua a escala de cuenca y por tanto mantener o mejorar su funcionalidad ambiental se relaciona con la aplicación de medidas de respuesta y con el fortalecimiento institucional implicado en la gestión del agua, sin el cual es difícil asegurar la eficacia de tales medidas y el logro de los objetivos perseguidos. Son muchos los ámbitos y las líneas de actuación que han de analizarse desde esta perspectiva de medidas de respuesta y fortalecimiento institucional. De todas ellas mencionamos a título ilustrativo algunos elementos en relación con la gestión de acuíferos sobreexplotados, la gestión de los vertidos y aguas residuales, la recuperación de costes y la información disponible sobre el agua.

A/ Gestión de acuíferos sobreexplotados

En la cuenca del Segura se manifestaron de forma temprana síntomas de una excesiva explotación de las aguas subterráneas en algunos acuíferos, sobreexplotación que progresivamente se ha ido extendiendo a un número creciente de acuíferos.

En este contexto son fundamentales los instrumentos de control y ordenación de las extracciones de aguas subterráneas y en general las medidas de gestión de la demanda, como la declaración oficial de acuíferos sobreexplotados que obliga, entre otros aspectos, a la elaboración y aplicación de planes de ordenación de las extracciones. De las 63 masas de agua subterránea de la Demarcación del Segura, un 46% de las mismas, es decir 29 masas, presenta unas extracciones que superan las surgencias en régimen natural (CHS, 2007a). Sin embargo el número de acuíferos y unidades hidrogeológicas con declaración oficial de sobreexplotación no se corresponde con la extensión del problema. La Figura 6.30. muestra la evolución entre 1986 y 2004 del número de unidades hidrogeológicas diagnosticadas con sobreexplotación y las que en cada momento tenían una declaración oficial de sobreexplotación.

□ **Figura 6.30. Evolución entre 1986 y 2004 del número de unidades hidrogeológicas diagnosticadas con sobreexplotación y el número de las que tenían una declaración oficial provisional de sobreexplotación en la Demarcación del Segura.**



Fuente: CHS (2007b) y OSRM.

Entre 1986 y 1988 se llevó a cabo una declaración oficial de sobreexplotación en cinco unidades hidrogeológicas. Una década más tarde, entre 1996 y 2001 diversos estudios del Instituto Tecnológico y Geominero de España diagnosticaron una situación de sobreexplotación en 19 unidades hidrogeológicas. En 2004 la declaración de sobreexplotación se amplió de cinco a trece, lo que supone un incremento notable y aproxima más el número de declaraciones de sobreexplotación a la realidad de este problema en la Demarcación del Segura, pese a lo cual no se llegó a cubrir las totalidad de unidades diagnosticadas.

Por otra parte, hay que indicar que estas declaraciones tienen un carácter provisional y no definitivo, lo que dificulta la implementación de medidas más eficaces de control y gestión, como las que cabe aplicar en el marco de un Plan de Ordenación de las Extracciones. Esta situación general de provisionalidad cabe interpretarla como un signo de insuficiente fortalecimiento institucional para una gestión sostenible en este caso de las aguas subterráneas.

B/ Gestión de depuración y vertidos

Aunque existían infraestructuras anteriores, la construcción de depuradoras se impulsó hacia mediados de los años 80, especialmente a lo largo del río Segura y sus afluentes. Desde entonces se vienen realizando importantes inversiones, tanto en la construcción de colectores como en Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales Urbanas (EDAR), cuyo número actual en la Demarcación del Segura es de 122. Durante las décadas de los años 80 y 90 las importantes inversiones en depuración no se tradujeron en una mejora significativa de la calidad de las aguas superficiales, como se ha comentado en apartados anteriores.

Diversas razones influyeron en esta baja eficacia en el logro de tal objetivo ambiental, entre las que destacan la descoordinación entre las administraciones estatal, regional y municipal; las insuficiencias del sistema de control de vertidos, inspecciones y medidas disciplinarias; la mezcla de vertidos industriales y domésticos, que suelen reducir o anular la eficacia de las plantas de tratamiento; el infradimensionamiento de las depuradoras, que impiden su adecuado funcionamiento; la frecuente escasez de medios humanos y presupuestarios destinados al mantenimiento de las depuradoras y los insuficientes caudales circulantes y la degradación de la vegetación de ribera en los cauces naturales, factores que contribuyen de forma importante a la autodepuración natural y a la reducción de la carga contaminante.

En los últimos años nuevas inversiones y la mejora en los sistemas de gestión de las infraestructuras han permitido avances importantes en el número y eficacia de las infraestructuras de tratamiento y depuración de las aguas residuales de la cuenca. El 82% de las plantas actuales tienen tratamiento secundario, un 11,4% tienen un tratamiento terciario y sólo un 6,5% presenta únicamente tratamiento primario. Sin embargo hay que tener en cuenta que la mejora global en el tratamiento de las aguas residuales no necesariamente se traduce en una mejora equi-

valente en la calidad de las aguas circulantes, dada la elevada proporción de aguas depuradas que son reutilizadas para riego de forma directa sin ser devueltas a los cauces naturales, proporción que se está elevando rápidamente conforme aumenta el volumen de las aguas depuradas y la eficiencia general del proceso de depuración.

Junto a disponer de sistemas eficientes de depuración, otro elemento fundamental para mantener la calidad de las aguas superficiales, muy ligado al grado de fortalecimiento institucional, es el control de los vertidos. Uno de los posibles indicadores que pueden utilizarse en este sentido es la Proporción de autorizaciones de vertido provisionales frente a definitivas. Según los datos del Ministerio de Medio Ambiente (2004), mientras que en las Demarcaciones consideradas el valor medio de autorizaciones provisionales de vertido se sitúa en un 53% del total en número, y en un 15% del total en volumen de vertido autorizado, dicha proporción se eleva en la Demarcación del Segura al 97% tanto en número como en volumen de vertido autorizado. De forma similar a lo indicado en relación con las declaraciones provisionales de sobreexplotación, la utilización generalizada, respecto a la media en el resto de demarcaciones, de la figura de autorización provisional de vertido cabría interpretarla como un signo de insuficiente fortalecimiento institucional.

C/ Recuperación de costes

Dentro de las medidas de respuesta para una gestión sostenible del agua la Recuperación de costes es sin duda un indicador fundamental, además de constituir una de las directrices importantes de la Directiva Marco de Agua.

En la Demarcación del Segura la estimación del grado de recuperación de costes de los servicios del agua para los usos urbano e industrial en el año 2002 se sitúa en un 88% (CHS, 2007a), lo que supone un valor alto en relación con la recuperación media de costes en el conjunto de las demarcaciones, que se sitúa en el rango 57-96% (Maestu et al., 2007). En el caso de los usos agrarios la estimación del grado de recuperación de costes en el año 2001 se sitúa en un valor aún más elevado, en torno al 92%, lo que constituye un valor medio en comparación con el conjunto de las demarcaciones, cuyo rango de recuperación de costes se sitúa entre el 85 y el 98%. Los servicios en alta (es decir, la gestión de las grandes infraestructuras para la captación, aprovisionamiento y distribución de agua) están básicamente gestionados en la Demarcación del Segura por la Mancomunidad de Canales del Taibilla (MCT). Los datos disponibles indican que el grado de recuperación de costes de la MCT en 2002 se situó próximo al 100%. La recuperación de costes de los servicios urbanos de agua en baja (suministro, distribución, saneamiento y depuración) se situó en 2002 en torno al 87,8%.

En relación con la recuperación de costes de los usos agrarios, los datos del escenario 2001 indican una recuperación de costes de casi el 92%, siendo por tanto el porcentaje de subvención pública del 8,14%. Para el

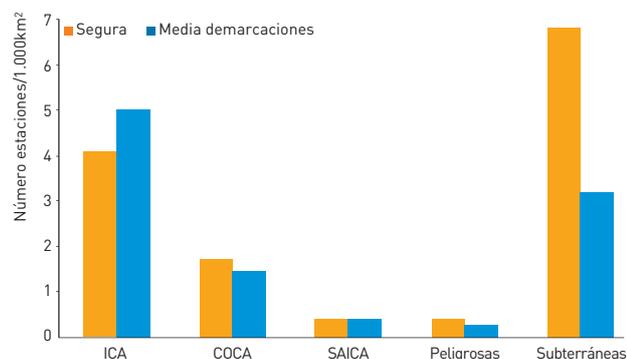
escenario del año 2005, la recuperación de costes baja al 87%, y el porcentaje de subvención pública aumenta hasta el 13,15% (CHS, 2007a). Estas cifras indican en cualquier caso que la agricultura de la cuenca del Segura tiene un alto porcentaje de recuperación de costes y un proporción relativamente pequeña de subvención pública, dada la general elevada productividad y eficiencia del regadío respecto al existente en otras cuencas.

D/ Información disponible sobre el agua

Un aspecto clave para una gestión sostenible del agua es disponer de la necesaria información en la cantidad, calidad y accesibilidad requeridas. Un elemento básico de dicha información lo constituye el conjunto de estaciones de muestreo y control de distintos aspectos del agua a escala de cuenca en relación con el estado ecológico de las masas de agua, incluyendo los caudales circulantes, la calidad de las aguas superficiales, los niveles piezométricos, la calidad de las aguas subterráneas y distintos aspectos específicos como el control de sustancias peligrosas.

En este contexto un indicador de interés es la Densidad de estaciones hidrológicas. Es un indicador de respuesta referido al grado de conocimiento de las aguas superficiales que ha sido incluido en diversos catálogos de indicadores de sostenibilidad, como los indicadores de desarrollo sostenible elaborados en 1996 por la Comisión para el Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas, los cuales incluyen un total de 10 indicadores relativos a los recursos hídricos. La figura 6.31 muestra la densidad de estaciones de muestreo en un conjunto de redes de control: la Red ICA (Red Integrada de la Calidad de las Aguas; la Red COCA (Utilizada como control indirecto de vertidos); la red SAICA (Red de Estaciones automáticas de Alerta de la Calidad del Agua); la Red de control de sustancias peligrosas, específicamente la red de sustancias preferentes (sustancias peligrosas procedentes de focos puntuales) y la Red de control de calidad de las aguas subterráneas.

□ **Figura 6.31.** Densidad de estaciones de (nº estaciones / 1.000 km²) de distintas redes de control en la Demarcación del Segura y comparación con la densidad media en el conjunto de demarcaciones. ICA: Red Integrada de la Calidad de las Aguas; COCA: Red para el control indirecto de vertidos; SAICA: Red de Estaciones automáticas de Alerta de la calidad del agua; Peligrosas: Red de control de sustancias peligrosas (sustancias preferentes); Subterráneas: Red de control de calidad de las aguas subterráneas.



Fuente: Anuarios de Medio Ambiente 2003-2006 (Ministerio de Medio Ambiente 2003, 2004, 2005, 2006) y OSRM.

En general la densidad de estaciones en la Demarcación del Segura es equivalente o supera la densidad media del conjunto de demarcaciones a excepción de la red ICA, cuya densidad es inferior a la media. No obstante, cabe realizar varias consideraciones. En primer lugar, de las demarcaciones dependientes del Estado, la del Segura es la única que no posee una red de control de calidad del agua para la vida piscícola, por no tener declarados tramos protegidos para la misma. Por otra parte, aún con una densidad de estaciones equiparable al conjunto de Demarcaciones, algunas red de control cuentan con un bajo número de puntos de medida, como es el caso de la Red de control de sustancias peligrosas (con 8 estaciones para el control de sustancias preferentes y 5 estaciones para el control de plaguicidas en toda la Demarcación) o la red SAICA (que cuenta con 8 estaciones en toda la Demarcación).

Pese a la importancia del agua en un territorio naturalmente escaso en recursos hídricos como es la cuenca del Segura, la información disponible ha sido con frecuencia escasa, poco actualizada o difícilmente accesible. En los últimos años se están haciendo importantes esfuerzos por mejorar el volumen, calidad y accesibilidad de dicha información, a lo que está contribuyendo de forma notable la implementación de la DMA. No obstante, la información disponible sigue siendo insuficiente, especialmente en algunos ámbitos como el relativo a una caracterización completa de las aguas costeras y de transición, las insuficiencias de la red de piezómetros y puntos de control de calidad de las aguas subterráneas (pese a que la densidad de estaciones duplica el valor media en España) y la insuficiencia de la red de calidad ICA, entre otros aspectos (CHS, 2005).

Otro aspecto importante es el de la accesibilidad de la información. Hasta hace pocos años no ha existido un acceso sencillo y disponible para los ciudadanos en general a información básica como los caudales circulantes, los datos de calidad del agua aportados por las distintas estaciones de muestreo, la información socioeconómica sobre el agua o información desagregada y actualizada sobre los consumos de agua en los diferentes usos.

En los últimos años se ha realizado un avance muy importante en la accesibilidad de la información utilizando las nuevas tecnologías, en particular los recursos de internet, destacando la información ofrecida desde el Ministerio de Medio Ambiente a través de iniciativas como el Libro Digital del Agua (LDA) y el Sistema de Información del Agua (SIA). La Confederación Hidrográfica del Segura ha realizado también avances en la accesibilidad general a la información de la cuenca a través de internet, especialmente en aspectos formales y en el acceso directo a algunos datos y series temporales, si bien la accesibilidad general a los datos de la cuenca se encuentra todavía muy en sus inicios. Es necesario seguir avanzando en esta línea, esta creciente accesibilidad es esencial para aportar información básica y de calidad a todos los agentes implicados para avanzar hacia un uso más sostenible del agua, desde los ámbitos más especializados hasta los ciudadanos en general.

6.2. Funcionalidad de las cuencas mediterráneas en entornos de gran consumo urbano: el caso de la región de Barcelona

La Nueva Política del Agua que se ha definido en Cataluña, a partir del año 2004, pretende instaurar un sistema de gestión sostenible de los recursos hídricos que haga posible el mantenimiento del buen estado de los ecosistemas acuáticos. El objetivo principal de esta nueva política es la mejora de la calidad y el estado de conservación de los ecosistemas acuáticos, lo que a su vez se traducirá en una mejora de la calidad del agua puesta al servicio de los ciudadanos y en un aumento de la garantía del abastecimiento. Además de un conjunto de medidas técnicas, esta nueva política implica un cambio en la forma de actuar de los ciudadanos y gestores, donde transparencia en la información es básica así como el cálculo correcto de los costes y su repercusión en el precio del recurso consumido. La percepción del ciudadano acerca de cómo se gestiona el agua y su participación activa es clave y sin ella no tendrán éxito las políticas destinadas a obtener más agua o a disminuir su consumo.

Esta nueva política del agua ha de estar necesariamente imbricada con la implementación de la Directiva Marco del Agua (DMA, DOCE, 2000), la cual exige un cambio total en la forma en que se gestiona el agua en el viejo continente, cambio que debería ser radical en los países mediterráneos donde el fin (abastecer de agua, regar) justificaba los medios (embalses, canalizaciones, trasvases), lo que ha originado una enorme degradación de los ecosistemas en estos países. La DMA supone un cambio total de paradigma y los trabajos realizados en el distrito hidrográfico de las Cuencas Internas de Cataluña (documento IMPRESS, ver <http://mediambient.gencat.net/aca/ca/planificacio/directiva/inici.jsp>) ponen de manifiesto la situación compleja y delicada, tanto de los ecosistemas como de los sistemas de abastecimiento.

La DMA ha sido hasta ahora el libro de ruta de la nueva política del agua que se está realizando en Cataluña. El inicio de la Nueva Política del Agua en Cataluña hay que cifrarlo en la realización del trabajo "Alternativas para una gestión sostenible del agua en Cataluña" (Estevan & Prat, 2005), donde se sugerían una serie de alternativas y se marcaba una hoja de ruta. En los documentos sobre las "Medidas alternativas al PHN" que ha publicado la Agencia, puede verse hasta que punto el documento mencionado fue una inspiración para esta política.

La Nueva Política del Agua en Cataluña se apoya en cuatro pedestales: la Sostenibilidad Ambiental (entendida como la consecución del buen estado de las aguas), la Sostenibilidad de la Garantía del Abastecimiento a la población (en cantidad y calidad), la Sostenibilidad Económica (la recuperación de costes de los servicios

del agua tal como lo expresa la DMA) y la Sostenibilidad Social (entendida como la participación activa de los ciudadanos en la Planificación hidrológica).

El objetivo principal es analizar la funcionalidad de los ecosistemas asociados al sistema de abastecimiento de la gran ciudad que es Barcelona y su región metropolitana en la situación actual y las perspectivas de futuro con la Nueva Política del Agua en Cataluña. Para ello, se analiza tanto la funcionalidad ecológica (datos de estado de las aguas según el documento IMPRESS), como la situación de abastecimiento en estos momentos (consumo de agua de la zona con las tendencias en los últimos años) y la previsión de los mismos en los próximos años. Se estima los recursos actuales y los futuros para abastecer estas demandas. Finalmente se hace un análisis económico de la situación actual y un resumen de cómo la nueva política del agua está desarrollando un sistema de información y participación para que los ciudadanos sepan cuáles son las medidas a aplicar para la consecución de los fines de esta nueva política del agua.

La metodología seguida para este análisis ha sido la consulta de todos los trabajos actuales y los realizados hasta el presente por la Agencia Catalana del Agua (ACA) y muy especialmente los datos del documento IMPRESS que ya se ha citado anteriormente. Se insiste en el concepto de sostenibilidad y la necesidad de tenerlo en cuenta para el futuro. Los datos se aportan por parte de miembros de la ACA de los documentos ya elaborados o en elaboración, por lo que se puede considerar que son un resumen de los diferentes Planes de Medidas que la ACA debe elaborar en cumplimiento de la DMA. La interdisciplinariedad del equipo de la ACA que elabora su Plan de Gestión (para finales de 2009), permite agrupar en un solo trabajo la visión ecológica, del recurso y socioambiental.

El trabajo se divide en cuatro partes que tratan (aunque con desigual amplitud) los cuatro pilares de la Sostenibilidad: ecosistema, garantía del recurso, economía y participación pública, con unas conclusiones al final. Se distribuyen de la siguiente manera, empezando por el análisis integrado.

6.2.1. Datos básicos de las cuencas internas de Cataluña

6.2.2. La sostenibilidad de los ecosistemas

- A/ El estado ecológico de los ríos
- B/ Los ecosistemas acuáticos leníticos (lagos y humedales)
- C/ Las aguas subterráneas
- D/ Las aguas costeras

6.2.3. La sostenibilidad de la garantía del suministro

6.2.4. La sostenibilidad económica

6.2.5. La sostenibilidad social

Cuencas que abastecen la región metropolitana de Barcelona: análisis integrado

Esta región se entiende como el área que es abastecida por los recursos obtenidos de las cuencas del río Ter y del Llobregat además de los recursos propios de aguas superficiales y subterráneas de los acuíferos y otras cuencas de la zona, básicamente los ríos Besós, Foix y parte de la Tordera además de los dos citados.

La presión sobre los ecosistemas acuáticos que el consumo de agua de la región de Barcelona produce es muy significativa. Se puede decir, que las cuencas del Llobregat y del Ter se dedican, casi en exclusiva, al abastecimiento de la región de Barcelona y que se deriva gran parte del agua que se recoge en los embalses para los usos urbanos e industriales de la región. En el caso del río Ter, su parte baja recibe sólo el 20% o el 30% de toda la escorrentía generada en su cuenca en un año normal y en un año seco mucha menos. En el caso del río Llobregat, la situación es similar o incluso peor ya que en los momentos de caudal bajo el río se seca en la captación de Sant Joan Despí y en esos momentos no aportaría nada al mar. Actualmente, se ha puesto en marcha un sistema de bombeo desde la depuradora del Prat aguas arriba hasta la captación de agua para restablecer un caudal mínimo de unos 2 m³/seg (de un caudal medio de aportaciones anuales alrededor de los 10 m³/seg). La mayor parte de las aportaciones de las aguas del río (previamente potabilizadas en dos plantas potabilizadoras) al mar, excepto en los momentos de crecida, se producen por el emisario de la planta depuradora del Prat del Llobregat, una de las más grandes de España (de 4 a 6 m³/seg).

En el caso del río Ter las aportaciones de su cabecera se derivan hacia la región de Barcelona a razón de 6 a 8 m³/seg que teóricamente eran sólo una parte del caudal medio del río de los años sesenta (20 m³/seg). Pero actualmente el caudal medio del río es menor y las derivaciones anuales (260 hm³) se acercan a las aportaciones naturales del río en años secos. Una parte del agua derivada se aporta al Mediterráneo por el río Besós (que tiene un caudal fijo de hasta 3 m³/seg cuando históricamente era un río mediterráneo que se secaba). Por lo tanto, se ve que los caudales que los ríos transportan son insuficientes para su funcionalidad ecológica y esta situación ha empeorado con los años.

Por lo tanto, los usos del agua han cambiado de forma profunda el ciclo hidrológico de todos los ríos de forma que los aportes mayoritarios no se realizan a través de los ríos sino de las depuradoras (la de Besós trata cerca de 4 m³/seg también como la del Llobregat) o del río Besós que no llevaría tanto caudal de forma natural (ahora transporta el de las múltiples depuradoras de su cuenca).

Todo ello redundando en que las funciones ambientales del agua se hallan profundamente modificadas. En la parte baja del río Ter el caudal constante y la falta de crecidas, junto a los valores mínimos que se dan especialmente en verano han favorecido la proliferación de especies exóticas en el río tanto de peces como de otros organismos y la presencia de plagas (la mosca negra) que obliga a tratar el agua con insecticidas en algunos momentos del año para evitar problemas de salud pública. En la parte baja del río Besós el caudal constante y los elevados valores de amoníaco hacen que las comunidades estén dominadas por quironómidos que en masa crean problemas en las poblaciones ribereñas, por lo que también debe tratarse el río con insecticidas en algunos momentos del año. El Llobregat es un río altamente regulado donde el caudal mínimo es algo más elevado (ya que el agua debe llegar a las plantas de potabilización de la parte baja) pero el caudal constante y la elevada eutrofia hacen que sus comunidades biológicas estén muy simplificadas lo que se complica aún más

por la elevada salinidad de las aguas derivada de la presencia de minas de sal en su cuenca. Aguas abajo de las potabilizadoras, el río no puede ni siquiera mantener una población viable de peces introducidos (carpas) y se halla poblado sólo de quironómidos y oligoquetos. La biodiversidad global de los tres ríos en la parte afectada por las captaciones humanas es muy baja.

Aunque se han invertido muchos millones de euros en el saneamiento de las aguas de las cuencas que afecta el uso del agua de la región de Barcelona, y se intenta ser eficiente en el uso de las infraestructuras, la situación será siempre complicada ya que los ríos que abastecen Barcelona son relativamente pequeños respecto a las demandas. La región de Barcelona es muy eficiente en el uso del agua (consumos por habitante y día inferiores a 100 litros en uso doméstico), se hace una buena gestión de los acuíferos (el del Prat de Llobregat es un ejemplo mundial de buena gestión), se aplican nuevas tecnologías, la ciudad de Barcelona tiene un buen sistema de tanques de tormenta etc..., pero esta eficiencia apenas palia el crecimiento de la población. A pesar de que en los últimos 10 años la región ha recibido casi un millón de personas, el consumo total de agua se ha estabilizado e incluso disminuido. El problema está en la presión enorme que significan 5 millones de personas en un territorio relativamente pequeño con una gran actividad económica (y en el que la agricultura apenas cuenta como un uso sustancial del agua).

Esta situación empeorará en el futuro con el cambio climático. Por ello, se están intentando tomar algunas medidas con la pretensión de compensar el futuro crecimiento de la población (otro millón de persona hasta 2026). Con la desalación y un uso más eficiente de los recursos además de reutilización se pretende llegar a incrementar en 300 hm³ los recursos de la región (pero no se conoce cuántos se van a perder de los embalses por el cambio climático) y, también, fortalecer las funciones ecosistémicas mejorando el caudal ambiental del Bajo Ter. En estos momentos es muy incierto decir si este objetivo se va a lograr.

Desde el punto de vista institucional toda la gestión se hace desde la Agencia Catalana del Agua. Los problemas institucionales son por la imposibilidad de poder hacer que el agua sea un elemento clave en la planificación. Así, mientras se ha estado en decreto de sequía durante más de un año, el Departamento de Política Territorial sigue planificando más población para la zona o el Departamento de Agricultura sigue incorporando más regadíos en otras áreas de Cataluña donde el agua podría ser una posible solución de futuro para la región (a través de un banco de agua con los regantes del Segre por ejemplo). La falta de coordinación institucional es probablemente el problema más grande que existe y se extiende de forma grave a los problemas de contaminación de las aguas subterráneas, que se deben en gran parte a los vertidos de purines y cuyo control por parte del Departamento de Agricultura es deficiente. Asimismo una asignatura pendiente es la económica, con el precio del agua muy por debajo de su coste real (especialmente en el tema de depuración y recuperación de ecosistemas). Otra, es la participación pública, que hasta ahora se ha limitado al proceso de planificación de los nuevos planes de cuenca, pero que ha encallado en la formación de los consejos de cuenca que puedan tener funciones hasta cierto punto ejecutivas. La propia descentralización de la Agencia en entidades que puedan controlar el ciclo del agua en territorios en los que los sistemas de abastecimiento y depuración estén bien delimitados, tampoco se ha realizado. No se han fortalecido la coordinación institucional a pesar de intentos notables de participación pública en el proceso de planificación del Plan de Cuenca de 2009.

Cuencas que abastecen la región metropolitana de Barcelona: análisis integrado

La aplicación de un modelo de control de la demanda y mejora de la eficiencia (mediante el uso de los acuíferos y el agua regenerada) ha conseguido estabilizar la situación después de dos años de sequía. Implica una inversión extraordinaria en medidas estructurales que encarecerán el coste del agua para los usuarios y mantendrán a penas la funcionalidad ecológica de los ecosistemas en su estado actual. Todavía no se conoce el coste de las medidas para reestablecer el buen estado de las aguas en los lugares donde sea posible y alcanzar el máximo potencial ecológico en las masas de agua fuertemente modificadas.

La sequía, por otra parte, ha supuesto un pequeño revulsivo en la forma como los ciudadanos contemplan el ciclo del agua. En gran parte éstos, ya asimilan el agua, un recurso que no es infi-

nito y que debe usarse de forma cautelosa. De todas formas, todavía el agua es contemplada en la planificación territorial como un elemento sectorial y, por lo tanto, no tienen un peso específico importante en aquella, ya que se considera que si no existen recursos habrá que generarlos de alguna manera para no impedir el crecimiento económico.

El modelo de gestión del agua en la Región Metropolitana de Barcelona se encuentra en un momento muy interesante porque puede ser sustituido por un nuevo modelo de gestión de la demanda apostando por el desarrollo sostenible en la Región.

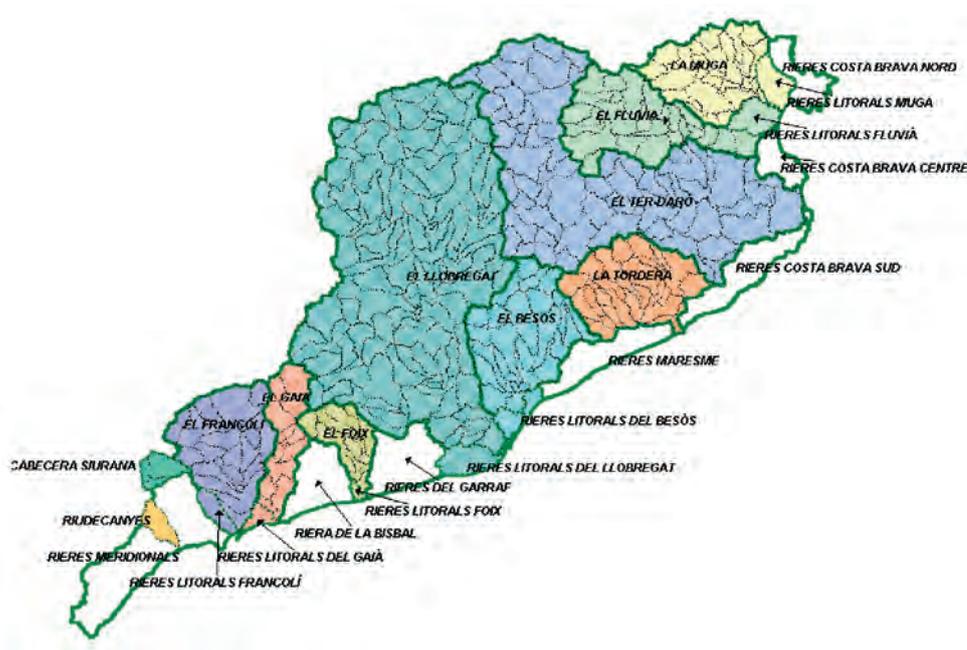
Todavía falta mucho para garantizar la funcionalidad ecológica, económica y social de las cuencas que garantizan el abastecimiento de la región de Barcelona.

6.2.1. Características del área de estudio y sus ecosistemas acuáticos

Esta región se entiende como el área que es abastecida por los recursos obtenidos de las cuencas del río Ter y del Llobregat además de los recursos propios de aguas superficiales y subterráneas de los acuíferos y otras cuencas de la zona, básicamente los ríos Besòs, Foix y parte de la Tordera además de los dos citados. El área abastecida por las aguas de estos ríos incluye más de 120 municipios

con un total actual de 4,5 millones de habitantes, con un área total de más de 2000 Km². En la Figura 6.32. se indican los ríos de las cuencas internas de Cataluña y en tabla 6.3 se presentan las características principales de los ríos que abastecen este área. Como se ve, excepto los dos ríos más septentrionales (Muga y Fluvià) y las pequeñas cuencas meridionales (Gaià, Francolí), casi todas las cuencas internas y especialmente los ríos más grandes (Ter y Llobregat) están afectados por el sistema de abastecimiento de la región metropolitana .

□ Figura 6.32. Cuencas de los ríos de las cuencas internas de Cataluña. La región metropolitana de Barcelona se abastece de las cuencas del Ter, Besòs, Tordera, Llobregat y Foix.



Fuente: Agencia Catalana del Agua.

Los ríos de las cuencas internas son ríos relativamente pequeños, con superficies muy magras si se comparan con los grandes ríos ibéricos como el Ebro (Tabla 6.3.) y de

régimen mediterráneo ya que las precipitaciones medias anuales son bajas (alrededor de 700 mm) (Tabla 6.3.).

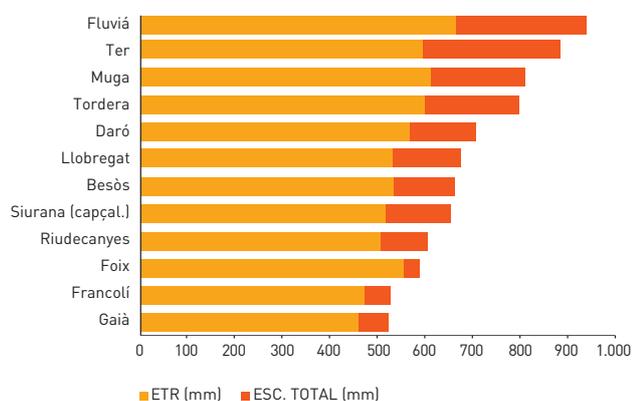
□ **Tabla 6.3.** Características de los ríos que cruzan o abastecen el Área Metropolitana de Barcelona.

Nombre	Área (Km ²)	P (mm)	Aport. media (hm ³)	Aport. máx. (hm ³)	Aport. mín. (hm ³)	Coef. irregul.	% del total cuenca
Ter en St.JoanAbades (A72)	301	1126	189.96	392.70	83.82	4.68	22 %
Ter en Roda de Ter (A19)	1386	938	500.07	1193.67	218.03	5.47	59 %
Ter en emb. Sau	1528	930	527.24	1282.72	230.82	5.55	62 %
Ter en emb. Susqueda	1773	928	591.94	1493.96	256.73	5.82	70 %
Ter en Pt.de la Barca (A10)	2265	919	719.04	1867.27	301.53	6.19	85 %
TER COMPLETO	2955	879	844.94	2255.82	363.61	6.20	100 %
DARÓ COMPLETO	321	702	44.57	143.98	4.64	31.03	100 %
Tordera en La Llavina (A26)	47	897	21.91	45.09	9.68	4.66	13 %
Tordera en St. Celoni (A15)	125	821	35.31	97.03	13.70	7.08	21 %
Tordera en Fogars (A62)	777	800	158.57	538.67	50.48	10.67	93 %
TORDERA COMPLETO	876	792	170.40	590.56	50.74	11.64	100 %
Foix en emb.Foix	293	587	9.00	39.82	1.59	25.04	95 %
FOIX COMPLETO	310	586	9.47	41.92	1.68	24.95	100 %
Llobregat en emb. La Baells	503	905	209.22	460.12	45.77	10.05	28 %
Llobregat en Pont de Vilomara (A31)	1888	743	335.89	941.51	87.93	10.40	46 %
Cardener en emb. Llosa	195	860	80.82	160.88	28.42	5.66	11 %
Cardener en emb. Sant Ponç	305	814	101.60	214.69	31.98	6.71	14 %
Cardener en Manresa (A2)	1339	681	196.49	498.68	58.12	8.57	27 %
LLOBREGAT COMPLETO	4957	672	700.00	2040.05	219.32	9.30	100 %
BESÒS COMPLETO	1020	661	129.390	528.48	30.32	17.43	100 %

Fuente: Agencia Catalana del Agua.

Además, estos ríos se sitúan en un contexto de temperaturas medias relativamente elevadas, con lo cual la evapotranspiración es relativamente elevada y como consecuencia la escorrentía es limitada (Tabla 6.3. y Figura 6.33). En la tabla 6.3, se puede apreciar también como son ríos altamente irregulares ya que los valores máximos y mínimos de las aportaciones pueden ser muy diferentes como también lo son las aportaciones mensuales a lo largo de los años. No se incluyen las pequeñas rieras litorales cuya aportación es muy limitada respecto al total.

□ **Figura 6.33.** Relación entre precipitación y escorrentía en las Cuencas internas de Cataluña.



Fuente: Agencia Catalana del Agua.

Para obtener los recursos necesarios para abastecer a los habitantes de la Región Metropolitana de forma continua y sin sufrir las variaciones naturales de caudales de los ríos mediterráneos se hizo necesario construir una serie de embalses (entre paréntesis su capacidad) para regular los caudales de los ríos (Figura 6.34), la mayoría de ellos construidos antes de 1970, tanto en el río Ter, los embalses de Sau (169 hm³) y Susqueda (233 hm³) como en el Llobregat, donde se sitúan los de Sant Ponç (24 hm³); La Baells (115 hm³) y La Llosa del Cavall (80 hm³).

Estos embalses han reducido de forma drástica las crecidas de los ríos y regulan su caudal de forma constante. Por otra parte las aportaciones de estos embalses son muy irregulares como puede verse en la Figura 6.35. que muestra las precipitaciones y las aportaciones (reales y estimadas con el modelo Sacramento) en el embalse de Sau.

La potabilización de las aguas se realiza en tres grandes plantas, dos de ellas en el Llobregat, la de Abrera (hasta 3 m³/seg), y la de Sant Joan Despí (hasta 4 m³/seg). El agua del río Ter se capta en su parte media, desde donde se derivan hasta 8 m³/seg desde el Pasteral hasta Cardedeu (donde se potabiliza) mediante un acueducto, y después se distribuye por toda la región. Un mapa con los lugares de captación y las principales arterias del sistema se presenta en la Figura 6.36. Una gran empresa pública (ATLL, Aigües Ter-Llobregat) en la que gestiona la mayor parte de los recursos superficiales que se captan (excepto la planta de St. Joan Despí que lo es por una empresa privada, Agbar).

ras que tratan un total de 1.150.000 m³ agua/día.

La contaminación industrial crítica se ha visto muy reducida o casi desaparecida en la mayor parte de las masas de agua, pero todavía existe un exceso de materia orgánica y nutrientes en las aguas de ambos ríos, una buena parte de la primera generada en el propio río (biomasa algal) lo que ha produce la generación de subproductos de la cloración en la potabilización de las aguas. La cali-

dad el agua suministrada no es, pues, excelente y se ve agravada por algunas actividades que generan contaminación difícil de tratar (como la de las sales de las minas de la cuenca del Llobregat a pesar de existir un colector de salmueras de aproximadamente 110 Km de longitud que las conduce al mar). Ello se refleja, en la situación del estado de las masas de agua de estos ríos, que en algunos caso presentan degradación tanto biológica como hidromorfológica o fisicoquímica (Tabla 6.5).

□ **Tabla 6.5. Calidad biológica, hidromorfológica y físico-química según las estaciones analizadas en los ríos de las cuencas internas de Cataluña. Se indica el porcentaje de masas de agua que se encuentran en muy buen y buen Estado Ecológico (cumplen objetivos de la Directiva Marco del Agua).**

Nombre	Ter	Llobregat	Tordera	Besòs	Foix	Total
a. Calidad biológica						
% de masas de agua en buen estado medido con índices de calidad basados en las comunidades de algas (diatomeas) (índice IPS)	65	35	50	43	33	47
% de masas de agua en buen estado medido con índices de calidad basados en las comunidades de macroinvertebrados (índice IBMWP)	71	38	59	36	42	47
% de masas de agua en buen estado medido con índices de calidad basados en las comunidades de peces (índice IBICAT)	76	9	46	16	25	35
b. Calidad hidromorfológica						
% de masas de agua en buen estado medido con índices de alteración del régimen de caudales (cumplimiento de caudales ambientales)	12	18	86	88	95	48
% de masas de agua en buen estado medido con índices de alteración del bosque de ribera (índice QBR)	26	25	18	24	28	25
c. Calidad físico-química						
% de masas de agua en buen estado medido con índices de calidad química del agua (concentración de amonio)	90	85	100	43	100	82

Fuente: Agencia Catalana del Agua.

Como se ve en la tabla se puede considerar que la funcionalidad de los ríos como ecosistemas es relativamente baja, aunque hay diferencias importantes entre las partes altas de los ríos (donde los porcentajes de buen estado son superiores al 70%) y las partes medias y bajas donde en algunos casos las masas de agua presentan un estado físico-químico deficiente y el hidromorfológico muy malo e incluso en ocasiones irreversible por lo que deberán ser declaradas masas de agua muy modificadas. De hecho actualmente, en Cataluña, se proponen hasta 27 masas de agua en los ríos de la zona como muy modificadas (7,4 %), pero si se analiza concretamente las cuencas internas de Cataluña (mucho más antropizadas) el número de masas de agua fuertemente modificadse es de 26, aumentando el porcentaje al 10,5 %.

Esta clasificación es provisional a la espera de concretar el coste económico y la incidencia social de restauración y reversibilidad de estos sistemas, y el análisis de coste desproporcionado dentro del nuevo Plan de Gestión de Cuenca (programado para finales de 2009).

Las situaciones de peor calidad se dan en el Llobregat y el Besòs y especialmente para los peces y el bosque de ribera. En algunos casos no llega ni al 10% el porcentaje de masas en buen estado ecológico para los peces y por lo que se refiere al bosque de ribera en todas las cuen-

cas los porcentajes son muy bajos y apenas superan la cuarta parte de las masas en buen estado.

B/ Los ecosistemas acuáticos leníticos (lagos y humedales)

No es esta zona una zona con muchos lagos o humedales, los que existen se hallan cerca de la costa o alguno en la montaña. Los grandes embalses también se han estudiado para conocer su estado actual y cual podría ser el potencial ecológico máximo al que podrían llegar. En la tabla 6.5 se ha presentado un resumen de la situación de estas masas de agua

Hay un sólo lago (Banyoles) que se encuentra en Buen Estado Ecológico y 27 humedales incluidos en el documento IMPRESS. De ellos la mayoría se encuentra en un estado inferior al bueno. Aquí se han incluido la mayoría de los humedales costeros del Ter y el Llobregat, todos ellos muy eutróficos y restos de lo que antaño debió ser una zona muy rica en humedales ahora profundamente transformados (piénsese que en el caso de Llobregat muchos de ellos se encuentran junto a infraestructuras tan imponentes como su aeropuerto). Los pocos humedales que están en buen estado se hallan dispersos en zonas protegidas situadas en el bajo Ter (aunque su entorno ambiental padece fuertes presiones de origen

antrópico). Para el río Besós su cercanía a la gran urbe ha significado que los pocos humedales que debían existir cerca de su desembocadura hayan desaparecido desde hace mucho tiempo y no haya en este momento ninguna masa de agua de esta categoría en su cuenca.

C/ Las aguas subterráneas

Las aguas subterráneas tienen una importancia fundamental en el abastecimiento urbano de Cataluña, ya que un 70% de los municipios de dependen de ellas en mayor o menor medida.

Aproximadamente el 30 % del agua de uso doméstico es de origen subterráneo. En particular en Barcelona y su entorno metropolitano los acuíferos aluviales tienen una importancia estratégica. En este ámbito, hasta mediada la pasada década de los cincuenta el abastecimiento se producía exclusivamente a partir de los acuíferos aluviales de los ríos Llobregat y Besós. En aquella época, el caudal extraído para el suministro público era de unos 3 m³/s.

A mediados de los sesenta, con una extracción que superaba los 5 m³/s, se alcanzó un régimen de explotación insostenible y una severa degradación de la calidad. Ello se manifestó por un abatimiento generalizado del nivel piezométrico, por la salinización por intrusión marina y por la contaminación por vertidos de origen industrial y por los rellenos inadecuados de las excavaciones producidas por la desahogada extracción de gravas y arenas destinadas a la construcción.

Esta situación determinó un progresivo abandono de las aguas subterráneas y la incorporación de aguas superficiales como fuente de abastecimiento público a partir de la construcción de un conjunto de infraestructuras de potabilización, regulación y transporte (planta potabilizadora de Sant Joan Despí, embalse de La Baells y posteriormente, el trasvase del Ter, el embalse de La Llosa del Cavall y planta potabilizadora de Abrera).

El abandono de la explotación, particularmente en el ámbito del Besós y llano de Barcelona, han ido determinando una regresión de la intrusión marina, una disminución de la contaminación química y una progresiva recuperación de los niveles, de manera que, en algunos aparcamientos subterráneos y sótanos de edificios situados en la parte baja de la ciudad, se ha de bombear en continuo para evitar su inundación. Como ejemplo, el metro de Barcelona mantiene en funcionamiento una red de algo más de 100 pozos para extraer unos volúmenes de agua del orden de 11 hm³ anuales.

Actualmente, desde la ACA, se vuelve a considerar la necesidad de potenciar la recuperación del uso de los recursos subterráneos de este ámbito a partir de premisas como son la constatación de la recuperación de la calidad y disponibilidad del agua subterránea, la mejora y abaratamiento de las técnicas de potabiliza-

ción, la prevención que imponen los recurrentes periodos de sequía sobrevenidos desde los noventa y la reorientación de los criterios de planificación y gestión del agua que deriva de la asunción de los principios de la nueva cultura del agua.

Por otra parte, de acuerdo con las disposiciones de la Directiva Marco del Agua y normativa derivada, una vez delimitadas y caracterizadas las masas de agua subterránea (Figura 6.37), hay que definir y aplicar un conjunto de medidas para lograr el equilibrio entre las extracciones y la recarga, para evitar o reducir la entrada de contaminantes y para invertir la tendencia al incremento de la contaminación. Los estudios y modelos numéricos realizados permiten establecer los criterios para distribuir las extracciones minimizando los conos de bombeo y la intrusión marina. Para que esta medida sea operativa se precisa la aportación de caudales complementarios de agua de buena calidad (plantas desalinizadoras de agua marina en construcción y previstas) y negociar con los usuarios eventuales compensaciones.

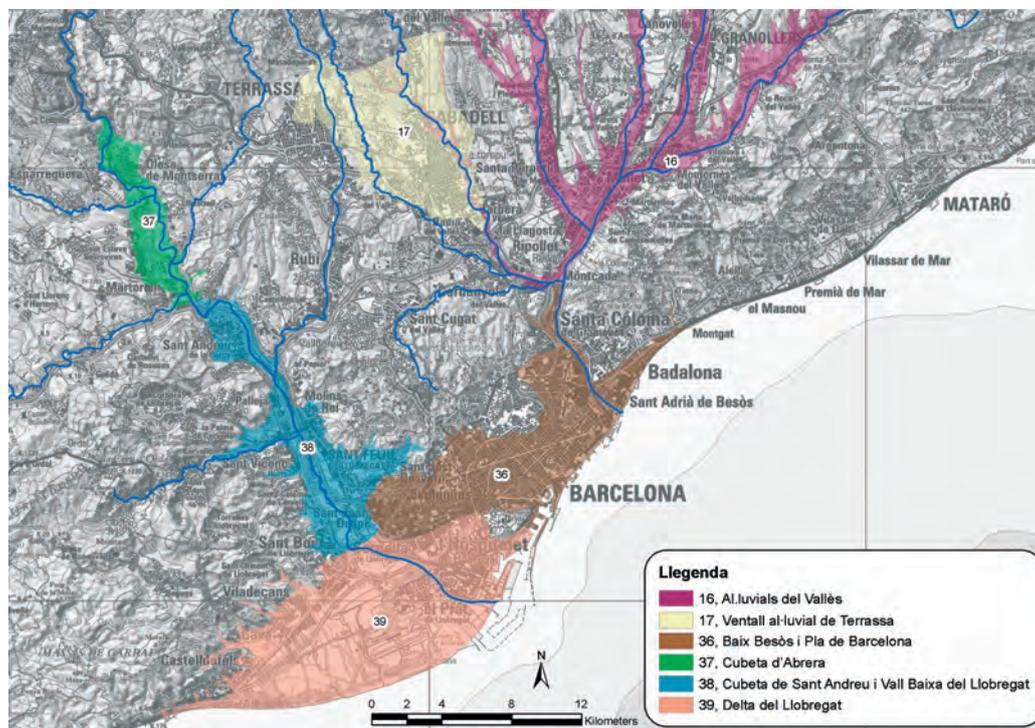
Hay en marcha diversas actuaciones para la mejora de los acuíferos, tanto en la zona del Besós como en la del Llobregat. En el Besós se está en fase de estudio para definir la viabilidad de recuperar hasta unos 15 hm³ aguas abajo de Montcada y llano de Barcelona, un 50% de este volumen ya se recupera en la actualidad. También esta en consideración la recuperación de hasta unos 5 hm³ adicionales en el acuífero de la Cubeta de la Llagosta.

En la zona del Llobregat se está construyendo una barrera hidráulica diseñada para inyectar 15.000 m³/día al acuífero principal del Delta del Llobregat. Esta agua procede de la depuración por un proceso terciario, seguida de micro filtración (50% del volumen a recargar) y ósmosis inversa. La barrera dispondrá de 14 pozos de inyección distribuidos a lo largo de un perfil de unos 5,3 km de longitud, paralelo a la costa y a una distancia media de la misma comprendida entre 1 y 1,5 km.

Desde el año 1969 se ha venido practicando la recarga artificial del acuífero principal por medio de la inyección de agua apta para consumo a través de pozos y favoreciendo la infiltración de agua circulante por el cauce a través de procesos de escarificado del lecho del río. En este momento, se está en fase de proyecto y construcción de un conjunto de balsas de infiltración que permiten prever una recarga anual del orden de 15 hm³.

Finalmente hay que resaltar que una fuente adicional de recursos ha de provenir de la reutilización de aguas regeneradas provenientes del sistema de depuradoras del bajo Llobregat: mantenimiento del caudal circulante en el tramo bajo de Río Llobregat (2 m³/s), mantenimiento de las zonas húmedas (0,3 m³/s), sustitución de agua de riego (0,75 m³/s) y barrera hidráulica (0,1 m³/s). Además hay previstos cambios de uso en el sector industrial que pueden implicar las órdenes de magnitud de 0,2 m³/s.

□ **Figura 6.37.** Masas de agua subterránea de Barcelona y su región metropolitana, utilizadas para el abastecimiento urbano e industrial.



Fuente: Agencia Catalana del Agua.

En el mapa se ve como aparte de los dos grandes acuíferos de los deltas del Llobregat y del Besòs sólo existen acuíferos de cierta importancia en los aluviales de los dos ríos principales y sus afluentes. Todo ello debería permitir en un futuro no lejano que las aguas subterráneas mantuvieran su funcionalidad y utilidad para el abastecimiento en el futuro.

D/ Aguas costeras

En la zona estudiada se han delimitado un total de 14 masas de agua costeras, de las cuales sólo 4 se encuentran en buen Estado Ecológico según la metodología desarrollada por la ACA que se encuentra disponible en la página web (<http://mediambient.gencat.net/aca/ca//planificacio/directiva/impress.jsp>).

El código, nombre y el estado químico y ecológico de cada una de estas masas de agua se encuentra en la tabla 6.6. Como puede verse en ella, en esta primera aproximación de cálculo del estado ecológico y químico, que se realizó para el documento IMPRESS, hay dos masas de agua de estado "malo" que son las correspondientes a las desembocaduras de los ríos Besòs y Llobregat. A pesar de la gran cantidad de dinero invertido en el saneamiento de las aguas, las presiones sobre estas masas de agua ha sido enormes y la mejora de su estado ecológico se presenta muy complicada. Como puede verse en la misma tabla su estado químico es deficiente o malo por lo que se requerirán medidas muy costosas para su recuperación.

□ **Tabla 6.6.** Estado ecológico de las masas de agua costeras correspondientes a los ríos que abastecen el área metropolitana de Barcelona.

Código masa de agua	Nombre	Estado ecológico	Estado químico
C11	Torroella de Montgrí - Ter	Moderado	Sin datos
C12	Pals - Sa Riera	Moderado	Moderado
C14	Begur - Blanes	Bueno	Sin datos
C15	Blanes - Pineda	Bueno	Moderado
C16	Pineda - Mataró	Bueno	Sin datos
C17	Cabrera - Montgat	Moderado	Sin datos
C18	Montgat - Badalona	Bueno	Sin datos
C19	Sant Adrià del Besòs	Malo	Malo
C20	Barcelona	Moderado	Sin datos
C21	Llobregat	Malo	Deficiente
C22	El Prat de Llobregat - Castelldefels	Moderado	Sin datos
C23	Sitges	Moderado	Moderado
C24	Vilanova i la Geltrú	Moderado	Sin datos
C25	Cubelles - Altafulla	Moderado	Moderado

Fuente: IMPRESS, 2005

Dos de las masas se encuentran en estado deficiente o malo y se han clasificado como masas de agua muy modificadas. Una buena parte de las masas de agua tienen un estado ecológico inferior o igual al moderado. En dichas masas de agua, existe un fondo histórico de con-

taminación que hará muy difícil la mejora tanto del estado ecológico como del químico. Tampoco ayuda la presencia de numerosas infraestructuras que hacen que su estado hidromorfológico no sea bueno y por ello hayan sido propuestas como masas de agua muy modificadas

□ **Tabla 6.7.** Calidad en función de los diferentes indicadores de DMA .

Código MASA DE AGUA	FITOPLÀNCTON	MACROALGAS	POSIDONIA	MACROFAUNA
C11	Deficiente	---	---	Moderada
C12	Deficiente	Moderada	---	Muy buena
C14	Buena	Muy buena	Buena	Buena
C15	Buena	Deficiente	---	Buena
C16	Buena	Deficiente	Buena	Buena
C17	Buena	---	---	Moderada
C18	Buena	---	---	Buena
C19	Muy buena	---	---	Deficiente
C20	Buena	---	---	Buena
C21	Muy buena	---	---	Mala
C22	Deficiente	---	---	Buena
C23	Buena	Moderada	Deficiente	Buena
C24	Moderada	Deficiente	Deficiente	Moderada
C25	Buena	Moderada	Deficiente	Buena

Nota: Elementos utilizados para la evaluación del Estado Ecológico de las masas de agua costeras correspondientes a los ríos que se utilizan para el abastecimiento de la región metropolitana de Barcelona. No todos los elementos fueron medidos en todas las masas de agua, ni todos ellos fueron utilizados con el mismo valor al ponderar el estado ecológico final.

Fuente: IMPRESS, 2005.

Los impactos se producen sobre diversas partes de la comunidad biológica, bien sea sobre el fitoplancton, las macroalgas, la posidonia o la macrofauna. Estos tramos de costa son sin duda los que se encuentran en peor estado y en los que el programa de medidas deberá ser más exhaustivo (Tabla 6.7.). La integración de los datos de los diferentes indicadores biológicos se ha hecho ponderando su importancia y no siguiendo el criterio de que el estado ecológico es el peor de todos ellos. Los criterios detallados para establecer el estado ecológico en las masas de agua marinas se pueden encontrar en el documento IMPRESS.

6.2.3. La sostenibilidad de la garantía del suministro

Como se ha visto la funcionalidad de los ecosistemas acuáticos se ha visto muy transformada por la aglomeración de la población y las actividades que se realizan. En gran parte, todo ello se ha realizado para poder abastecer a la población y dar satisfacción a los usos industriales y, en menor cantidad, agrícolas. En estos momentos en la región metropolitana de Barcelona, donde residen 4,5 millones de habitantes, se consumen del orden de 600 hm³ al año (más de 400 hm³/año de los cuales se suministran a través de las redes regionales), que en gran parte se dirigen al consumo urbano (76%) aunque también hay un consumo industrial no conectado a las redes urbanas importante (15%) y una parte más limitada dedicada a la agricultura (9%).

Estos consumos se ajustan mucho a los recursos disponibles y mientras los agrícolas a penas han variado en los últimos años, los urbanos e industriales han seguido una evolución muy interesante, con una estabilización del consumo a partir de los años setenta, un pequeño repunte en los años noventa y una disminución en los últimos años después de campañas de ahorro y de períodos de poca precipitación, incluyendo la situación de sequía que se vive en marzo de 2008. Es interesante notar que la población del área conjuntamente ha aumentado en medio millón de habitantes desde finales de los noventa y sin embargo el consumo ha permanecido estable (con un repunte al inicio del siglo XXI y un descenso en los últimos años) y que los consumos domésticos per cápita de algunas capitales son relativamente bajas (sólo 108 l/hab.día en Barcelona, por ejemplo).

Una previsión del agua necesaria para la RMB en el futuro (horizonte 2025) suponiendo un incremento de la población de hasta 5,54 millones habitantes (lo previsto en los planes urbanísticos actuales) puede significar un aumento de la demanda de los actuales 462 hasta 536 hm³ en la zona (dotaciones en alta de 265 l/hab.día), suponiendo un escenario intermedio de ahorro. Para hacer frente a todo ello se ha apostado por la desalinización que puede aportar, para aquella fecha, hasta 200 hm³ de agua que junto a las mejoras en redes, el ahorro y la reutilización, deberían bastar para satisfacer las demandas de la zona, incluso con un crecimiento demográfico tan importante.

Para hacer frente a este futuro la Generalitat de Catalunya está haciendo un gran esfuerzo inversor siguiendo las pautas de su Plan de Gestión cuyo horizonte es el año 2026 y para el cual va a destinar una inversión de 1469 Meuros en los próximos años, las 2/3 partes de la misma servirán para la construcción de las desalinizadoras y las conexiones con los diferentes sistemas que permitan el traslado de esta agua a otras partes del sistema Ter-Llobregat. El fruto de este trabajo se verá en los próximos años y su sostenibilidad va a depender también de cual sea el desarrollo de la región y lo que ello implica de actividad económica y crecimiento de la población.

6.2.4. La sostenibilidad económica

Entre los muchos cambios que conlleva la implementación de la DMA en Europa la aplicación del principio de sostenibilidad económica es uno de lo más novedosos hablando de temas relacionados con la gestión de los recursos hídricos. El principio de sostenibilidad económica es implícito en la DMA. Entre los conceptos fundamentales de la Directiva figura el considerar el agua no solamente como un recurso para satisfacer la demanda antrópica (tanto por uso potable como productivo) sino también como una parte estructural y funcional del buen estado ecológico del medio natural.

En su texto, precisamente al art. 9, la DMA afirma que: "los estados miembros tendrán en cuenta el principio de recuperación de los costes de los servicios relacionados con el agua, incluidos los costes ambientales y los del recurso, a la vista del análisis económico... y en particular de conformidad con el principio de quien contamina paga".

Desde el punto de vista práctico, sostenibilidad económica quiere decir valorar de forma correcta y transparente todos los costes (financieros, del recurso y ambientales) necesarios para conseguir los objetivos de la DMA. Además es de vital importancia desarrollar una estructura financiera/tarifaria que permita alcanzar la plena recuperación de estos costes a través de su correcta asignación a los diferentes usuarios del agua (incluyendo como usuario a la administración pública).

Para cumplir con estos objetivos es necesario, en primer lugar, una estimación de los costes de las medidas que se aplicarán con el fin de corregir y, donde sea posible anular, el gap existente entre la calidad de la masa de agua en el estado actual y el buen estado ecológico a 2015 en cada una de las masas de agua de Catalunya.

El análisis de las medidas tiene por objeto analizar la eficacia técnica (en qué grado la aplicación de la medida mejora el estado actual de las masas de agua), y la eficacia económica (sostener el menor coste posible para alcanzar un resultado concreto). La combinación de este análisis es la estimación del coste/eficacia (eficiencia) de las medidas. Las medidas eficientes se incluirán en el plan de gestión de cuenca y determinarán el coste de la

implantación de DMA en Catalunya. Dicho coste se tendrá que repercutir a los usuarios reflejándose en el precio del recurso.

Actualmente la Agencia Catalana del Agua, a través de la aplicación del canon del agua, el canon de regulación y la tarifa de utilización, está ingresando 360 Meuros, que representa el 68% del total de costes de la Agencia correspondientes a las distintas áreas de actividad (disponibilidad de recursos, saneamiento, fomento de infraestructuras locales, ordenación del medio, explotación y control). Existe pues un desfase importante entre la recaudación de la agencia y los costes de los diferentes servicios. Además, en los próximos años, la Agencia Catalana del Agua tiene prevista una inversión aproximada de unos 6.500 Meuros en medidas para conseguir alcanzar los objetivos de la DMA.

Esta situación, hace imprescindible:

1. un análisis de la eficacia de las medidas a aplicar, para conseguir el mejor resultado aplicando el mejor conjunto de medidas al menor coste posible,
2. un nuevo modelo de gestión capaz de asignar estos costes a los diferentes usos del agua proporcionalmente al impacto que cada uno de ellos generan sobre el medio,
3. desarrollar y aplicar un nuevo modelo tarifario que tienda a recuperar el 100% de los costes necesarios por la implantación de la DMA.

6.2.5. La sostenibilidad social

Uno de los ejes básicos de innovación de la Directiva marco del Agua (DMA) a la gestión pública de las aguas está construido sobre el cambio conceptual y práctico de la participación pública.

La participación pasa a ser un parte indispensable y previa en la planificación de las medidas a adoptar para la consecución del buen estado de las masas de agua. La participación debe ser proactiva, bidireccional y abierta, Proactiva, porque va a buscar a los actores, que abre todas las puertas posibles de difusión, contacto y participación, ya sea en sesiones, a través de anuncios, web específicas, etc.. Bidireccional, ya que no hay suficiente en realizar un consulta o una encuesta sino hay que ofrecer información y propuestas, recoger alternativas, razonamientos y argumentaciones. Abierta, porque no se valora la representatividad en porcentaje sino la diversidad de los actores de la cuenca. El debate como elemento clave para acercar al consenso y recoger todas las aportaciones.

La participación debe intentar construir el consenso como resultado de la información y el debate, pero debe recoger, también, el disenso, no en porcentaje de votos a favor y en contra de una propuesta, donde no se puede catalogar propuestas ganadoras ni perdedoras. Asimismo, participar no significa ser experto/a de un

tema. Un consejo de expertos es un instrumento para el asesoramiento técnico mientras que la participación es un proceso constructivo de alternativas y de recolección de opiniones, visiones y percepciones de la mayor diversidad de actores posibles. Después de estudiar y comparar los procesos o experiencias participativas que se habían desarrollado en los diferentes países de Europa, y contando con la experiencia del Departamento de participación Ciudadana de la Generalitat de Cataluña, la Agencia Catalana del Agua definió un modelo de proceso participativo con cuatro fases:

1. Las sesiones informativas.
2. Talleres sectoriales donde se debatía el documento IMPRESS de presiones e impactos para cada cuenca en diferentes áreas temáticas finalizando con una sesión plenaria.
3. Talleres de propuestas en grupos de trabajo temático (Contaminación urbana, agrícola e industrial, calidad hidromorfológica, Suministro de agua y caudales de mantenimiento) que finalizaba con una sesión plenaria de presentación de propuestas.
4. Una sesión de retorno donde la ACA contestaba a las propuestas presentadas. Los resultados se deberán incluir dentro de las propuestas de los Planes de Medidas.

Este modelo se ha desarrollado tanto en dos experiencias piloto en las cuencas de Gaià- Francolí y Alt Ter, como a los 14 ámbitos de participación restantes de toda Cataluña, con un calendario muy intenso en el que todo el proceso dura unos 4 meses. Por este proceso han pasado ya (entre 2005 y 2007) más de 1700 participantes y puede considerarse un verdadero éxito. Todo el proceso concluirá a finales del año 2008 y sus conclusiones deberán ser recogidas en el Plan del Distrito Hidrográfico de Cuenca que se está redactando actualmente.

6.3. Evaluación de la funcionalidad de una Cuenca Hidrográfica: la subcuenca del Jalón

Se analiza la funcionalidad de la cuenca del Jalón desde la perspectiva de su capacidad de ser soporte de la vida natural y su biodiversidad en el territorio y en términos de su aptitud para el aprovechamiento humano, de manera que no haya riesgo para la salud tanto directamente (como agua potable) o indirectamente (por su utilización como en las actividades económicas).

La funcionalidad de una subcuenca entendida como su capacidad de dar soporte a la vida natural y a las actividades humanas depende, en buena medida, del estado en que dicha agua se encuentre. La calidad de las masas de agua puede medirse mediante múltiples indicadores. Se siguen los criterios marcados por la Directiva Marco del Agua para analizar el buen estado de las masas de agua de la cuenca.

Se presenta el análisis integrado de los principales resulta-

dos para después distribuirse en los siguientes apartados:

6.3.1. Datos básicos de la Cuenca del Jalón

6.3.2. Funcionalidad para la vida natural

- A/ Flora acuática (fitobentos).
- B/ Flora acuática (macrofitos).
- C/ Fauna bentónica de invertebrados: macroinvertebrados
- D/ Fauna íctica (peces)
- E/ Especies vegetales
- F/ Zonas protegidas

6.3.3. Funcionalidad para las actividades humanas

- A/ Abastecimiento humano
- B/ Abastecimiento industrial
- C/ Suministro agrícola (regadío)
- D/ Uso recreativo actual
- E/ Regulaciones del caudal y alteraciones morfológicas para el uso del agua

Cuenca del Jalón: análisis integrado

El valor que el agua aporta a la vida natural y a las actividades humanas depende del estado en el que dicha agua se encuentre. La calidad de las masas de agua puede medirse mediante múltiples indicadores. En este trabajo se intentará seguir los criterios marcados por la Directiva Marco del Agua.

En términos de soporte para la vida natural, la mayor parte de las masas de agua de la subcuenca del Jalón no alcanzan su valor potencial, ya que la mayoría no se encuentra en buen estado según los valores disponibles para los indicadores biológicos. Si bien zonas como el alto Jalón o el alto Jiloca sí que parecen mantener en buen estado sus comunidades de fitobentos (organismos vegetales que viven fijados al sustrato de los lechos acuáticos), las comunidades vegetales de macrófitos y las comunidades de invertebrados bentónicos parecen sufrir un deterioro generalizado que, si bien no resulta muy acusado en todos los casos, sí hace que la biodiversidad de estas comunidades esté por debajo de lo que sería posible y deseable para el tipo de ríos de la subcuenca del Jalón. Aunque se adolece de datos sobre las comunidades piscícolas y de grandes invertebrados de la subcuenca, sí existe una preocupación importante sobre la proliferación de especies invasoras como black-bass, cangrejo rojo, cangrejo señal o lucioperca, que pueden estar desplazando a especies autóctonas.

Por otra parte, las masas de agua se relacionan y son soporte de hábitats de ribera y de hábitats complejos en el que el agua se configura como un elemento central y vertebrador de ecosistemas. Muchos de ellos han merecido la calificación de espacios protegidos y están propuestos para su inclusión en la red NATURA 2000 (casi la quinta parte del total del territorio de la subcuenca estaría incluida en esta red europea).

En el caso del uso humano la contaminación fecal, los sulfatos, los nitratos pueden conllevar riesgos para la salud. Los sistemas de desinfección de las plantas de potabilización suelen eliminar la mayor parte de los organismos patógenos susceptibles de ser peligrosos para la salud humana, sin embargo, desinfectantes como el

cloro se han mostrado poco eficaces a la hora de eliminar adecuadamente ciertos patógenos como los oocistos del *Cryptosporidium*¹ que, unido a la dificultad de su detección en los controles de calidad, pasan desapercibidos ocasionando problemas gastrointestinales que se les puede asociar a otras causas que no sean el agua ingerida. El *Cryptosporidium* ha provocado casos de brotes en países desarrollados entre los que se incluye España. A nivel de cuenca, estudios epidemiológicos recientes relacionan los eventos torrenciales con brotes de enfermedades transmitidas por el agua (gastroenteritis) en Pensilvania y Colorado. Medidas como la restauración de riberas, lagunas o reforestación de laderas sin vegetación potencian la función de filtro, retención y eliminación de contaminantes biológicos y químicos disminuyendo su presencia en las aguas.

En la subcuenca del Jalón, se han identificado en los últimos años problemas relacionados con las aguas de consumo humano. De conseguirse un buen estado integral de las masas de agua de la subcuenca en 2015, la mayor parte de los riesgos para la salud humana asociados a una calidad deficiente de las aguas de consumo desaparecerían, ya que una elevada calidad del agua que se capta del medio hídrico reduce la necesidad de procesos de potabilización y los riesgos de distribución de aguas de consumo deficientes. Este beneficio elevaría la seguridad alimentaria de unas 25.000 personas (20% de la población de la subcuenca), que en los últimos años han estado expuestas a incidentes puntuales de importancia leve (11%) o moderada (9%). Asimismo, se lograría un ahorro en inversiones en servicios de potabilización o en captaciones alternativas, que serán perentorias en algunos pequeños municipios afectados por nitratos en sus aguas de consumo de no lograrse el buen estado de las masas subterráneas de donde captan (Bello, Bueña, Pozuel del Campo y Torrelacárcel).

El uso agrícola del agua puede verse afectado por factores como la salinidad del agua. Si bien los valores de salinidad del agua se mantienen dentro del rango moderado de riesgo de salinización en todos los puntos de control de la subcuenca, hay que destacar una cierta tendencia al empeoramiento en los acuíferos de Alfamén y

¹ Es un parásito comunmente encontrado en lagos y ríos, especialmente cuando el agua es contaminada con aguas residuales y heces animales. Un gran nº de animales pueden actuar como reservorio de *Cryptosporidium*, pero la especie humana y el ganado, particularmente los animales jóvenes, son la principal fuente de organismos infecciosos. El *Cryptosporidium* puede sobrevivir en forma de oocistos durante semanas o meses en agua dulce.

Cariñena, que de no corregirse podría afectar al uso agrícola del agua en una zona de la subcuenca que cuenta con una de las agriculturas más dinámicas y productivas de la Demarcación del Ebro.

En el contexto de la funcionalidad del agua para la vida natural, cabe preguntarse si la derivación de agua para usos humanos se hace en una cuantía razonable. Los problemas de cumplimiento del caudal ecológico que se identifican en la subcuenca del Jalón están directamente relacionados con el consumo de agua que realizan las actividades humanas en las subcuenca (consumo humano, industrial y, sobre todo, agrícola). Las actividades económicas usan agua en sus procesos productivos, parte de la cual devuelvan a masas de agua en forma de retornos, de calidad variable. Sin embargo una parte importante del agua extraída, sobre todo en uso agrícolas de regadío, no se retorna a masas de agua, sino que se incorpora a los productos, de manera que crea efectos generalizados de disminuciones de los caudales circulantes en ríos y de stocks de agua en acuíferos. Los problemas de alteración del régimen de caudales en la subcuenca del Jalón parecen especialmente graves en el Bajo Jiloca (sin datos para el Alto Jiloca), y Jalón bajo y medio a partir de Ateca. Estos tramos sufren también problemas de alta concentración de nutrientes y de salinidad, problemas ambos que han podido ser agravados por la falta de un régimen de caudales mayor durante el estío.

Entre los consumos que se abastecen de la subcuenca destaca el de regadío, que supone más del 95% del consumo de agua en la subcuenca. Debe destacarse que en los últimos años este consumo ha venido creciendo como consecuencia de la explotación de aguas subterráneas en los acuíferos de Alfamén y Cariñena, desarrollo que hubo de ser cortado por el evidente riesgo de sobreexplotación de los mismos, mediante sendos acuerdos de la Junta de Gobierno de CHE que han suspendido la tramitación de nuevas concesiones en esta área. Puede decirse que el desarrollo de los consumos previsto por el PHCE-1998 no se ha producido debido a estas medidas y al

retraso en la construcción del embalse de Mularroya.

La disminución de caudal respecto al que debería circular en condiciones naturales es mayor en los tramos inferiores de los ríos puesto que es en estos tramos donde abunda la presencia de regadíos. Este hecho se observa claramente si se compara el caudal medio en régimen real en río Jalón en Grisén (con 164 hm³/año) frente al caudal estimado en régimen natural (444 hm³/año). O también se observa en el caso del río Jiloca en Morata de Jiloca con 108 hm³/año en régimen real frente a 172 hm³/año en régimen natural.

Sin duda un uso de las masas de agua que cada vez está alcanzando una mayor importancia social y económica en los últimos años es su disfrute recreativo. Ya sea como escenario de deportes acuáticos (embalse de La Tranquera, pesca en diversos cotos), fuente de centros termales (Jaraba, Paracuellos de Jiloca) o simplemente elemento fundamental de paisajes que contemplar, disfrutar y recorrer (Monasterio de Piedra, Parque del Moncayo, Laguna de Gallocanta), el agua y su calidad son activos turísticos de primer orden. Si bien la subcuenca del Jalón ya cuenta con enclave de altísimo valor natural y turístico como los enumerados anteriormente, se ha intentado evaluar el potencial de este territorio para el ecoturismo si se lograra un buen estado integral de sus ríos y humedales. Tomando como referencia las visitas que reciben masas de agua espacios naturales protegidos con características similares a las de la subcuenca del Jalón, se ha visto que podría llegar a lograrse un número de visitas superior a las 400.000 al año. La tendencia al aumento de segundas viviendas que se puede constatar desde los años noventa y las buenas comunicaciones y situación geográfica de este territorio de por sí poco poblado (apenas 120.000 habitantes en más de 9.000 km², un territorio similar al de la Comunidad de Madrid) permiten ser optimistas sobre el aprovechamiento recreativo y turístico de este territorio si la sociedad española responde al reto lanzado por la Directiva Marco del Agua y recupera el buen estado de sus aguas de cara al año 2015.

6.3.1. Datos básicos de la Cuenca del Jalón

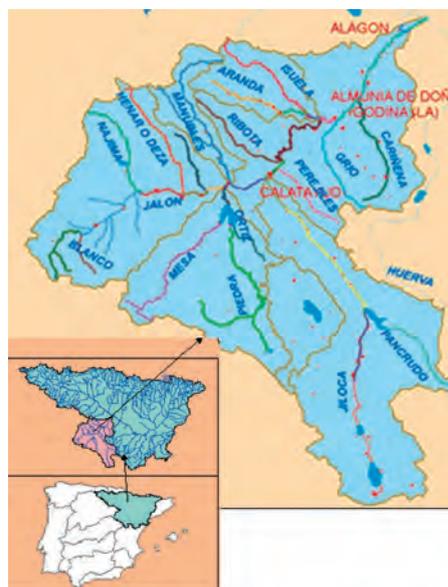
La subcuenca del Jalón se encuentra en pleno Sistema Ibérico y alcanza el centro del Valle del Ebro, drenando un territorio de 9.718 km² (Figura 6.38). Dicho territorio, pertenece casi en su totalidad a la Comunidad Autónoma de Aragón (Teruel y Zaragoza) y en menor medida, a las de Castilla-León (Soria) y Castilla-La Mancha (Guadalajara).

El punto más alto de la cuenca se encuentra en el Pico Tablado, próximo al lugar de nacimiento del río Manubles, con una altitud de 1.747 msnm (metros sobre el nivel del mar). La menor cota se localiza en la desembocadura del Jalón en el Ebro a una altitud de unos 210 msnm. El río Jalón tiene una longitud de 223,7 km y nace en la Sierra Ministra, en la paramera de Medinaceli (Soria) y desemboca en el Ebro a la altura de Alagón. Por su extensión destacan los siguientes afluentes:

- El río Jiloca, con una longitud de 123 km y una cuenca de 2.597 km². Nace en las fuentes de Cella y desemboca en el Jalón cerca de Calatayud. El punto más alto de la subcuenca del Jiloca se encuentra en el pico San Ginés con 1.600 m de altura.
- El río Piedra, con una cuenca vertiente de 1.545 km². En el término de Carenas se encuentra el embalse de la Tranquera, principal infraestructura hidráulica de almacenamiento de esta cuenca.

Por su importante conexión ambiental y socioeconómica, también puede incluirse en el análisis de la subcuenca del Jalón la cuenca endorreica de Gallocanta, de 541 km² de superficie, que queda comprendida entre los ríos Piedra y Jiloca.

□ Figura 6.38. Situación general y ríos de la subcuenca del Jalón.



Fuente: Elaboración propia a partir de Confederación Hidrográfica del Ebro.

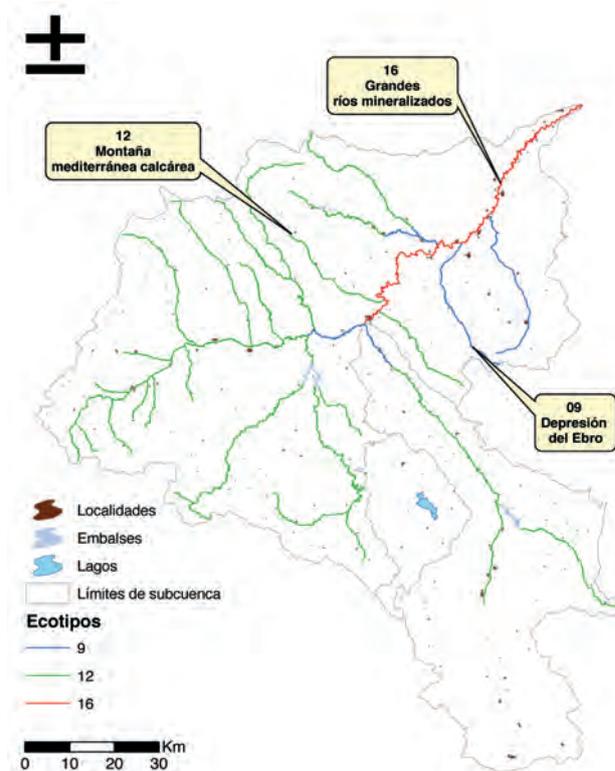
Durante la realización de los trabajos relacionados con la implementación de la Directiva Marco del Agua en la cuenca del Ebro se ha dividido la red hidrográfica de la cuenca en tramos. Cada tramo se ha denominado masa de agua superficial. La identificación de estas masas de agua se ha realizado de manera que se seleccionan tramos de ríos cuyas características hidrológicas, geomorfológicas y ecológicas sean homogéneas. En la subcuenca del Jalón se localizan 45 masas de agua superficiales: 4 son humedales, 4 son embalses, 35 son tramos de ríos y 2 son canales (canal del alto Jiloca y el tramo del canal Imperial de Aragón que atraviesa esta cuenca). La laguna de Cañizar de Villarquemado y la laguna de Alba son lagunas desaparecidas de las que apenas queda un reducto en el cauce del río. En la actualidad se está recuperando la laguna de Cañizar de Villarquemado.

El territorio de la subcuenca del Jalón se relaciona con hasta 16 masas de agua subterráneas, muchas de ellas compartidas con otras subcuencas y que tienen diverso grado de interacción con las aguas superficiales. Por su importancia para la funcionalidad ambiental y socioeconómica del territorio de la subcuenca destacan masas subterráneas tales como Somontano del Moncayo, Campo de Cariñena, Pliocuaternario y Mioceno de Alfamén, Sierras Paleozoicas de la Virgen y Vicort, y de Ateca, Gallocanta, Monreal - Calamocho, Cella - Ojos de Monreal y Páramos del Alto Jalón, así como el aluvial Jalón - Jiloca.

Las masas de agua superficiales han sido clasificadas según sus características ecológicas, de manera que pueda conocerse, de manera objetiva, qué puede esperarse de cada una en términos de calidad ambiental y desarrollo de sus comunidades biológicas asociadas. La ecología de cada río en estado natural (sin presiones antrópicas) es función de un amplio conjunto de características climáticas, geológicas y geomorfológicas. En función de factores tales como la altitud, litología (carbonatada, sulfatada o clorurada), mineralización del agua, distancia al nacimiento, pendiente del río, caudal medio, temperatura media del aire, porcentaje de meses con caudal nulo y algunos estadísticos relacionados con el régimen hidrológico se han definido 32 tipos ecológicos diferentes de ríos en toda España de los que en la subcuenca del Jalón hay tres:

- Depresión del Ebro (ríos mineralizados de baja montaña mediterránea), que engloba el río Grío, la rambla de Cariñena, la parte baja de los ríos Isuela y Aranda y el tramo del Jalón entre la desembocadura del Piedra y la desembocadura del Jiloca y el tramo bajo del Jiloca desde Morata de Jiloca.
- Ríos de montaña mediterránea calcárea, del que forma parte toda la cuenca alta del Jalón incluyendo sus afluentes, prácticamente la totalidad del río Jiloca y el Pancrudo, el Manubles, el Ribota, el Perejiles, toda la cuenca del Piedra y sus afluentes y la práctica totalidad de los ríos Isuela y Aranda.
- Grandes ríos mineralizados (Ejes Mediterráneo-Continental mineralizados), tramo del Jalón desde la localidad de Calatayud hasta la zona desembocadura en el Ebro.

Figura 6.39. Ecotipos de las masas fluviales de la cuenca del Jalón.



Fuente: Confederación Hidrográfica del Ebro.

A partir de esta clasificación de las masas superficiales por ecotipos se han identificado una serie de masas de agua en muy buen estado, que sirven de referencia para cuantificar los objetivos de calidad de cada categoría. Las comunidades biológicas de referencia se definen "como la comunidad biológica que se espera que exista donde no hay alteraciones antropogénicas o éstas son de muy escasa importancia". Una vez identificadas las masas sin alteraciones antropogénicas significativas, las condiciones de referencia serán las que alcancen los elementos de calidad biológicos (representados por métricas) en las estaciones situadas en aquellas. Si no existen masas sin riesgo, las condiciones de referencia no podrán definirse en base a un análisis espacial y deberán usarse otros métodos basados en criterio de experto, modelaciones de datos históricos, paleolimnología, etc. Resulta significativo que en toda la subcuenca del Jalón no se ha podido identificar ninguna masa de agua de referencia, en parte por un conocimiento limitado de su calidad ambiental y, sobre todo, por la amplitud de las presiones que sufre esta subcuenca.

Una manera de aproximarnos al valor potencial de un territorio para la vida natural es analizar la información disponible sobre cómo era ese territorio en el pasado, en momentos donde las presiones ambientales eran menores o, al menos, distintas. Las aguas de la subcuenca del Jalón han sido aprovechadas desde antiguo para el regadío, no en vano sobre sus aguas versa el más antiguo texto escrito ibero que ha llegado hasta nuestros días, el llamado

“Bronce de Contrebia Belaisca”, pieza arqueológica datada el año 87 antes de Cristo. Esta es una importante inscripción latina en bronce encontrada a fines del año 1979, en el yacimiento arqueológico de Botorrita, en los alrededores de Zaragoza. El texto recoge en veinte líneas un pleito entre alavonenses (de Allavona, - Alagón -) y saluienses (de Salduie, Zaragoza) a propósito de una conducción de aguas que los segundos querían extraer del río Jalón.

Una fuente importante de información sobre el pasado más

reciente del territorio del Jalón son las fotografías aéreas realizadas en 1927 por encargo de la Confederación Sindical del Ebro (precursora de la actual Confederación Hidrográfica del Ebro). En ellas se observan unas riberas del tramo bajo del Jalón más deforestadas que en la actualidad, y un espacio de movilidad del río de mayor amplitud que en la actualidad, diferencia en la que han podido jugar un papel la entrada en servicio del Embalse de La Tranquera en los años sesenta del siglo XX, y la ocupación agrícola de espacios ribereños y meandros abandonados.

□ Figura 6.40. Desembocadura del Jalón en 1927.



Fuente: Confederación Hidrográfica del Ebro.

□ Figura 6.41. Desembocadura del Jalón en 2006.



Fuente: Plan Nacional de Ortofotografía Aérea, referido en Sitebro, CHE, consulta mayo 2008).

**6.3.2. Funcionalidad para la vida natural:
 ¿se mantienen las principales funciones
 ambientales del agua en la subcuenca del Jalón
 (mantenimiento de paisajes, espacios naturales,
 biodiversidad)?**

Se evalúa la vida natural asociada actualmente a las masas de agua del Jalón en comparación con la que podría mantenerse si se logra que toda la subcuenca alcance un buen estado (objetivo mínimo de la política de aguas en toda la Unión Europea en los términos establecidos por la Directiva Marco del Agua). La cuestión fundamental que se quiere analizar será si se mantienen las principales funciones ambientales del agua (mantenimiento de paisajes, espacios naturales, biodiversidad) en la subcuenca del Jalón.

Se inicia el análisis considerando las comunidades biológicas acuáticas que constituyen los denominados indicadores biológicos de estado de las aguas. Estas comunidades biológicas son especialmente interesantes porque ayudan a conocer el estado de las aguas no sólo en un momento puntual, como las mediciones físico-químicas, sino a lo largo de períodos de tiempo que van de varios meses a varios años. Se puede comparar la situación actual de estas comunidades acuáticas con la situación que podría alcanzarse de lograr el buen estado de las masas de agua. Esta comparación a nivel de toda la subcuenca podría resumirse de la siguiente manera:

A/ Flora acuática: fitobentos

El fitobentos se refiere a los vegetales que viven asociados a cualquier sustrato del fondo en los ecosistemas acuáticos, e incluye cianobacterias, algas microscópicas y macrófitos. La flora acuática de fitobentos es sensible a los impactos sobre las concentraciones de nitrógeno y fósforo (nutrientes que pueden provocar eutrofización), aumento de la materia orgánica en el agua, aumentos de la salinidad, y acidificación de las aguas. Sin embargo esta flora fitobentónica se ve poco afectada por alteraciones en la morfología o la hidrología de los ríos. Entre los grupos de algas que colonizan los sustratos sumergidos de diferente naturaleza, se encuentran las diatomeas, que son microalgas bentónicas de aguas corrientes y de lagos.

Su uso para evaluar la calidad del agua es una práctica habitual en muchos países europeos. Las microalgas son productores primarios y como tales responden a las variaciones de los nutrientes (especialmente del fósforo) en el agua; también pueden comportarse como organismos heterotróficos en aguas con aumento de materia orgánica

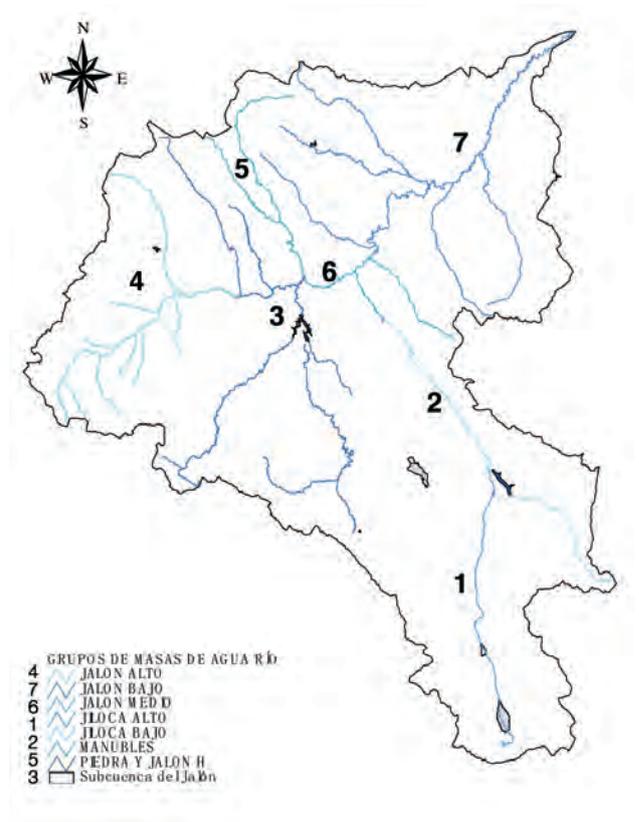
Las microalgas bentónicas responden al aumento de nutrientes en el agua mediante cambios en su composición, que en algunos casos suponen la disminución de la diversidad y el aumento de la biomasa, así cuando la

masa de agua se eutrofiza los sustratos aparecen recubiertos de pátinas de algas verdes o pardas. Las microalgas bentónicas son poco sensibles a las presiones hidromorfológicas (alteraciones del régimen hidrológico, continuidad del río y condiciones morfológicas del lecho), por lo que no se recomienda su uso para la detección de dichas presiones.

En la tabla siguiente se ven los valores observados de los indicadores IPS, CEE e IBD para grupos de masas de agua de la subcuenca del Jalón (ver mapa), comparados con una propuesta provisional de valores límite de buen estado. Los índices IPS, IBD y CEE miden aspectos como la diversidad, tamaño, variedades, etc. de las diatomeas presentes en una masa de agua².

En el Bajo Jiloca y en el río Manubles estas comunidades parecen encontrarse en un estado peor que bueno en los últimos años. Las poblaciones de diatomeas de los tramos medio y bajo del río Jalón se han venido encontrando en buen estado hasta 2006, año en el que sus indicadores apuntan a un estado peor que bueno, tal vez influido por concentraciones mayores de contaminantes en el agua por falta de caudales en este año de escasas precipitaciones.

□ **Figura 6.42. Grupos de masas de agua.**



Fuente: elaboración propia.

² El índice IPS se considera el más fiable para la cuenca del Ebro (CEMAS 2006, C.H.E. 2007).

□ **Tabla 6.8.** Indicadores de calidad de la flora acuática: fitobentos.

Masa de evaluación	Nombre Masa de Evaluación	Flora acuática									
		IPS - límite estado bueno - moderado	2002	2003	2004	2005	2006	IBD - límite estado bueno - moderado	2006	CEE - límite estado bueno - moderado	2006
322	Río Jiloca desde los Ojos de Monreal hasta el río Pancrudo	11,9	12,3	15,6	-	14,9	14,2	10,404	11,4	12,456	13,5
323	Río Jiloca desde el río Pancrudo hasta la E.A. 55 de Morata de Jiloca	11,9	14,1	5,8	-	9,1	8,8	10,404	11,7	12,456	10,3
310	Río Jalón desde el río Nájima hasta el río Deza	11,9	-	-	-	-	-	10,404	-	12,456	-
107	Río Jalón desde el río Piedra hasta el río Manubles	12,888	16,7	15,9	-	13,8	10,8	11,026	7,7	12,04	10,5
321	Río Manubles (incluye río Carabán)	11,9	16,6	13,6	-	7,7	9,2	10,404	11,7	12,456	8
443	Río Jalón desde el río Perejiles hasta el río Ribota	13	14,2	-	-	13,4	12,4	-	8,8	-	12
446	Río Jalón desde el río Grío hasta el Ebro	13	13,9	-	-	13,5	12,9	-	9,1	-	12,2

Fuente: elaboración propia a partir de datos Confederación Hidrográfica del Ebro y Ministerio de Medio Ambiente.

B/ Flora acuática: Macrófitos.

El uso de macrófitos como indicadores del estado ecológico está claramente señalado en la DMA y procede de experiencias realizadas, en Europa, en el marco de la vigilancia de la calidad de las aguas en aplicación de otras directivas europeas. En los EE.UU los macrófitos se usan como indicadores de forma habitual y existen procedimientos estandarizados para el muestreo y procesamiento de muestras (EPA). En España las experiencias con indicadores basados en macrófitos se limitan en muchos casos al ámbito de la investigación, y éstos todavía están en fase de inclusión en las redes de control de calidad.

En el marco de la DMA, los macrófitos se consideran útiles para la detección y seguimiento de las presiones físico-químicas que produzcan:

- Reducción de la transparencia del agua.

- Variación de la mineralización.
- Eutrofia.

Los macrófitos también son sensibles a las presiones hidromorfológicas que produzcan:

- Variaciones del régimen de caudal, continuidad del río y características morfológicas del lecho en ríos.
- Variación del nivel del agua en lagos o cambios del período de inundación en humedales.
- Variación de las características morfológicas del vaso en lagos.

La tabla siguiente muestra los valores observados del indicador para algunos grupos de masas de agua del río Jalón, comparados con una propuesta provisional de valores límite de buen estado. Aunque sólo se dispone de datos para 2006, parece que la vegetación de macrófitos está deteriorada en todo el eje medio y bajo del Jalón.

□ **Tabla 6.9.** Indicadores de calidad de macrófitos.

Grupo	Masa de Evaluación	Estación de control: Cod.CEMAS	Río	Campaña	Macrófitos (año 2006)		
					IVAM	Estado Ecológico según IVAM	IVAM límite estado bueno - moderado
4	114	2056	Jalón	Primavera	4.00	Moderado	4.50
6	442	2128	Jalón	Primavera	3.20	Moderado	4.50
7	445	2129	Jalón	Primavera	3.68	Moderado	4.50
7	445	2130	Jalón	Primavera	4.00	Moderado	4.50
4	114	2056	Jalón	Otoño	4.33	Moderado	4.50
6	442	2127	Jalón	Otoño	4.67	Bueno	4.50
6	442	2128	Jalón	Otoño	3.20	Moderado	4.50
7	445	2130	Jalón	Otoño	2.00	Malo	4.50

Fuente: elaboración propia a partir de datos Confederación Hidrográfica del Ebro y Ministerio de Medio Ambiente.

**C/ Fauna bentónica de invertebrados:
 Macroinvertebrados.**

La fauna de macroinvertebrados es sensible a los impactos sobre la temperatura del agua, las concentraciones de nitrógeno y fósforo (nutrientes que pueden provocar eutrofización), aumento de la materia orgánica en el agua, y acidificación de las aguas. Al contrario que la flora fitobentónica, la fauna de macroinvertebrados sí se ve afectada por alteraciones en la morfología y la hidrología de los ríos.

El termino zoobentos se refiere a la fauna de invertebrados que habita los sustratos sumergidos de medios acuáticos, entre los que se encuentran los macroinvertebrados de un tamaño relativamente grande (visibles al ojo humano).

Comprenden principalmente artrópodos (insectos, arácnidos y crustáceos y dentro de estos dominan los insectos, en especial sus formas larvianas); también se encuentran oligoquetos, hirudíneos y moluscos (y con menor frecuencia celentéreos, briosos o platelmintos).

Los macroinvertebrados son el grupo más dominante en los ríos y también se encuentran en el litoral y fondos de lagos y humedales.

Los invertebrados bentónicos (y especialmente los macroinvertebrados) son uno de los grupos biológicos mas ampliamente usados como indicadores de calidad del agua. Esto se debe a que integran muchas de las cualidades que se esperan de un indicador. Entre estas, destaca su elevada diversidad y que estén representados diferentes taxones, con requerimientos ecológicos diferentes relacionados con las características hidromorfológicas (velocidad del agua, sustrato), físico-químicas y biológicas del medio acuático.

Los invertebrados bentónicos indican a medio y largo plazo, ya que sus especies poseen ciclos de vida menos de un mes hasta de un año. Su valor indicador abarca un ámbito temporal intermedio que complementa el de otros elementos biológicos con tiempos de respuesta cortos, como el fitobento, o más largos, como los peces.

□ **Tabla 6.10. Fauna bentónica de invertebrados: Valores del índice IBMWP de los análisis de los años 2004 y 2005 e índice IASPT 2005.**

Grupo	Masa de evaluación	Nombre Masa de Evaluación	Fauna bentónica de invertebrados				
			IBMWP - límite estado bueno - moderado	2004	2005	IASPT - límite estado bueno - moderado	2005
1	322	Río Jiloca desde los Ojos de Monreal hasta el río Pancrudo	102	43	58	4,05	4,14
2	323	Río Jiloca desde el río Pancrudo hasta la E.A. 55 de Morata de Jiloca	102	34	64	4,05	3,77
3	310	Río Jalón desde el río Nájima hasta el río Deza	102	-	-	4,05	
4	107	Río Jalón desde el río Piedra hasta el río Manubles	76,61	61	79	3,816	
5	321	Río Manubles (incluye río Carabán)	102	45	105	4,05	4,38
6	443	Río Jalón desde el río Perejiles hasta el río Ribota	56*	36	34		3,78
7	446	Río Jalón desde el río Grío hasta el Ebro	56*	21	54		3,86

Fuente: Elaboración propia a partir de datos Confederación Hidrográfica del Ebro y Ministerio de Medio Ambiente.

Por lo general, ningún grupo de masa de agua cumple con los objetivos marcados para fauna bentónica de invertebrados, siendo los grupos 4 (Río Piedra y Jalón del Piedra al Manubles) y 5 (Manubles) los únicos que tienen valores de cumplimiento en 2005, aunque con incumplimientos también recientes.

El estado según los indicadores de macroinvertebrados es peor que según los de flora acuática (fitobentos), lo cual podría explicarse por la existencia de impactos al régimen hidrológico y la morfología de los ríos, que impidan un desarrollo normal de las comunidades de fauna invertebrada.

D/ Fauna íctica (Peces)

Las comunidades de peces incluyen diferentes niveles tróficos: omnívoro, insectívoro, planctívoro, piscívoro; y se sitúan en los niveles próximos al vértice de la pirámide trófica. De este modo, la composición y estructura de la comunidad

íctica integran la información de los niveles tróficos inferiores (especialmente de algas e invertebrados), y reflejan el estado de calidad de todo el ecosistema acuático.

En los cursos fluviales las comunidades de peces (fish assemblage) varían desde la cabecera a la desembocadura, siguiendo las variaciones de la profundidad del agua, velocidad de la corriente y sustrato. En los sistemas lóticos inalterados o con alteración mínima, la densidad de los peces y la biomasa aumenta, de una manera general, desde la cabecera hacia la desembocadura.

Desde el punto vista indicador, los peces tienen características propias que les diferencian de otros elementos biológicos (fitobentos, plancton, macroinvertebrados, macrófitas) y les hacen complementarios ineludibles. Su mayor longevidad (hasta 20 y 30 años) permite a los peces ser testigos e indicadores de afecciones e impactos históricos a las masas de agua cuyas causas ya han desaparecido.

Además, su mayor tamaño y movilidad les permite jugar un papel preponderante en los ecosistemas, al influir en el flujo de energía y transporte de sustancias y elementos. Por todo ello, su valor indicador peculiar reside en ser los indicadores con una escala espacio-temporal mayor. Además a diferencia del fitobentos, macroinvertebrados y macrófitas cuyo valor reside en la escala del "microhábitat", en el caso de los peces su valor indicador se refiere a la escala del "meso-hábitat", es decir del tramo o del segmento fluvial.

En el marco de la aplicación de la DMA los peces se consideran útiles para la detección y seguimiento de las presiones hidromorfológicas que produzcan:

-Alteración del hábitat con producción de cambios en:

- Profundidad y anchura del río
- Velocidad del agua
- Composición granulométrica
- Morfología del lecho
- Vegetación de ribera
- Continuidad del río

-La ictiofauna también es sensible a las presiones físico-químicas que produzcan:

- Contaminación del agua
- Eutrofia y aparición de toxicidad por algas
- Desoxigenación del agua

En España, las experiencias con indicadores basados en peces son escasas y existen pocos casos en los que éstos se hayan incluido en las redes de control de calidad gestionadas por los Organismos de Cuenca y los servicios de Medio Ambiente de las Comunidades Autónomas. No se dispone a fecha de realización de este estudio de propuesta de objetivos ni datos sobre indicadores para fauna ictiológica para la subcuenca del Jalón. Se ha detectado la presencia de black-bass (laguna de Iruecha, embalse de Monteagudo y balsa de riego de Almaluez), cangrejo rojo, cangrejo señal, lucio-perca, etc. En el contexto del proceso de participación pública del Plan Hidrológico del Jalón se ha propuesto no legalizar la pesca de estas especies porque se estaría favoreciendo su introducción.

E/ Especies vegetales

Además de estas comunidades biológicas que habitan en el agua misma, también están íntimamente relacionadas con las masas de agua las especies vegetales que se desarrollan en las riberas de ríos y lagos. Tan es así, que las especies acuáticas que se han analizado anteriormente, dependen en parte para su normal desarrollo de la presencia y calidad de la vegetación de las riberas (zonas de freza para peces creadas por la vegetación, regulación de la temperatura en zonas de sombra, absorción de nutrientes,...). El índice QBR ayuda a entender el estado de las riberas de los ríos de la subcuenca del Jalón en comparación con un estado compatible con el normal desarrollo de las especies acuáticas.

Los últimos datos disponibles (para 2006) muestran una calidad de la vegetación de ribera entre 35 y 45 puntos en todo el eje del Jalón (límite BUEN ESTADO= 75), que puede calificarse de deficiente. Los datos disponibles para el resto de la subcuenca (más antiguos, llegando hasta 2002) indican que esta situación deficiente de la vegetación de ribera es generalizable a casi todos los tramos fluviales.

F/ Zonas protegidas

Aparte de las especies cuyo hábitat son únicamente las masas de agua o sus inmediaciones, está claro que toda la vida en cualquier territorio depende y está influida por la disponibilidad de agua y sus características físico-químicas. Por su especial valor para la vida natural, amplias áreas de la subcuenca del Jalón han sido declaradas zonas de especial interés para las aves (ZEPA) o lugares de interés comunitario (LIC), y están propuestas para su inclusión en la red europea NATURA 2000 y forman parte del inventario de zonas protegidas de la cuenca del Ebro. Por su relación con masas de agua, merece la pena destacar las siguientes:

- ZEPA 663) **Cuenca de Gallocanta, LIC 931) Laguna de Gallocanta** y LIC 903) **Montes de la cuenca de Gallocanta**. Es la localidad más importante del paleártico occidental en el transcurso de la migración anual de la grulla común. Está incluida en la lista de humedales de importancia internacional del Convenio de RAMSAR. Acoge poblaciones de importancia internacional de anátidas buceadoras (porrón común y pato colorado) y focha. El LIC 903 está compuesto por cuatro espacios de diferente naturaleza que se corresponden con la Sierra de Valdelacasa, Puerto del Carrascal, las lomas de Odón y Valdecalera. Las formaciones vegetales de las sierras dominadas por bosques de quercíneas bien conservados contribuyen a regular el régimen hídrico de la Laguna. Hay que destacar que agentes sociales de la zona han pedido un plan específico para la recuperación de la calidad y la cantidad del acuífero de la laguna de Gallocanta con carácter prioritario.
- 729) ZEPA **Sierra del Moncayo- Los Fayos- Sierra de Armas, LIC 925)** y ZEPA 752 **Moncayo, y LIC 994) Sierra del Moncayo**. Macizo estructural ibérico con modelado glaciar (con restos de circos y morrenas), periglacial, canchales, kárstico y fluvial. Incluye el pico Moncayo, máxima altura del Sistema Ibérico (2315 m). Clara delimitación de niveles de vegetación, desde el piso oromediterráneo, al mesomediterráneo. Masas forestales, con buena representación del hayedo en la vertiente norte y de rebollares en los sectores más húmedos. Alberga una comunidad de aves muy diversa, destacando las poblaciones de rapaces rupícolas y forestales.
- ZEPA 731) **Desfiladeros del río Jalón. LIC 955) Hoces del río Jalón**. Constituido por valles estrechos y profundos cuyas laderas muestran series estratigráficas muy completas. Estos encajamientos, que dan lugar a desfiladeros en hoces en el cauce del río Jalón y en sus afluentes Isuela y Aranda sirven de hábitat a importan-

tes poblaciones de rapaces rupícolas. También son frecuentes especies de matorral. El LIC se circunscribe a un espacio complejo y variado que incluye hábitats fluviales de gran relevancia. El río conforma una estrecha hoz con paredes laterales en las que se encuentra una interesante fauna y flora rupícola. En las sierras circundantes existe un variado mosaico de formaciones arbustivas junto con retazos de encinar.

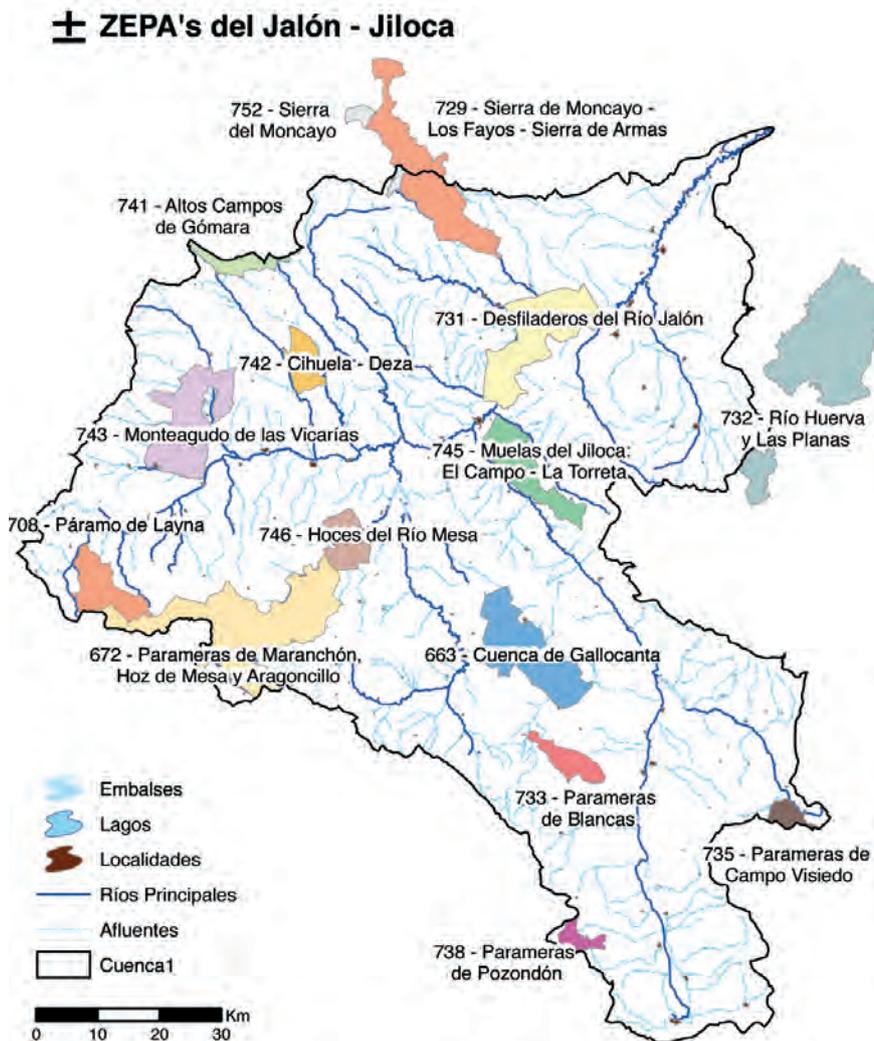
• ZEPA 746) y LIC 960) **Hoces del río Mesa**. Importante hoz de origen fluvial con grandes paredones calcáreos que favorecen la presencia de una importante avifauna asociada a estos ambientes. Las diferentes formaciones de matorral mediterráneo están dominadas por sabinas y romerales de gran diversidad específica.

• ZEPA 743) **Monteagudo de las Vicarías**. Se trata de un territorio con interés para especies de aves esteparias, principalmente la ortega, formado por campiñas elevadas con cotas superiores a los 900 metros, donde sobresalen como únicas formas de relieve los "cabezos", cerros testigo que han sobrevivido a la erosión. La

comarca está fuertemente deforestada quedando relegados los únicos árboles a los álamos y chopos que acompañan a algunos ríos y arroyos. En el espacio destaca el embalse de Monteagudo de las Vicarías, en el río Nájima, que ha originado una zona húmeda de gran interés para las aves acuáticas con poblaciones reproductoras de zampullín cuellinegro y pato colorado. Agentes sociales de la zona han solicitado la elaboración urgente de un plan de uso y gestión del espacio natural, indicando que en este plan se debería de incluir una definición de zonas de reserva en el embalse para mantenimiento y supervivencia de las poblaciones allí presentes.

• 946) **Barranco de Valdeplata**. Pequeño barranco cuyo nacimiento se enmarca en el Sistema Ibérico zaragozano y discurre conformando un profundo valle labrado entre formaciones mesozoicas de naturaleza carbonatada. Este espacio destaca por la buena representación de pastizales y brezales bien conservados. Hay que resaltar la abundante avifauna con un buen número de aves rapaces.

□ Figura 6.43. ZEPA's incluidas en el registro de zonas protegidas del río Jalón.



Fuente: Confederación Hidrográfica del Ebro.

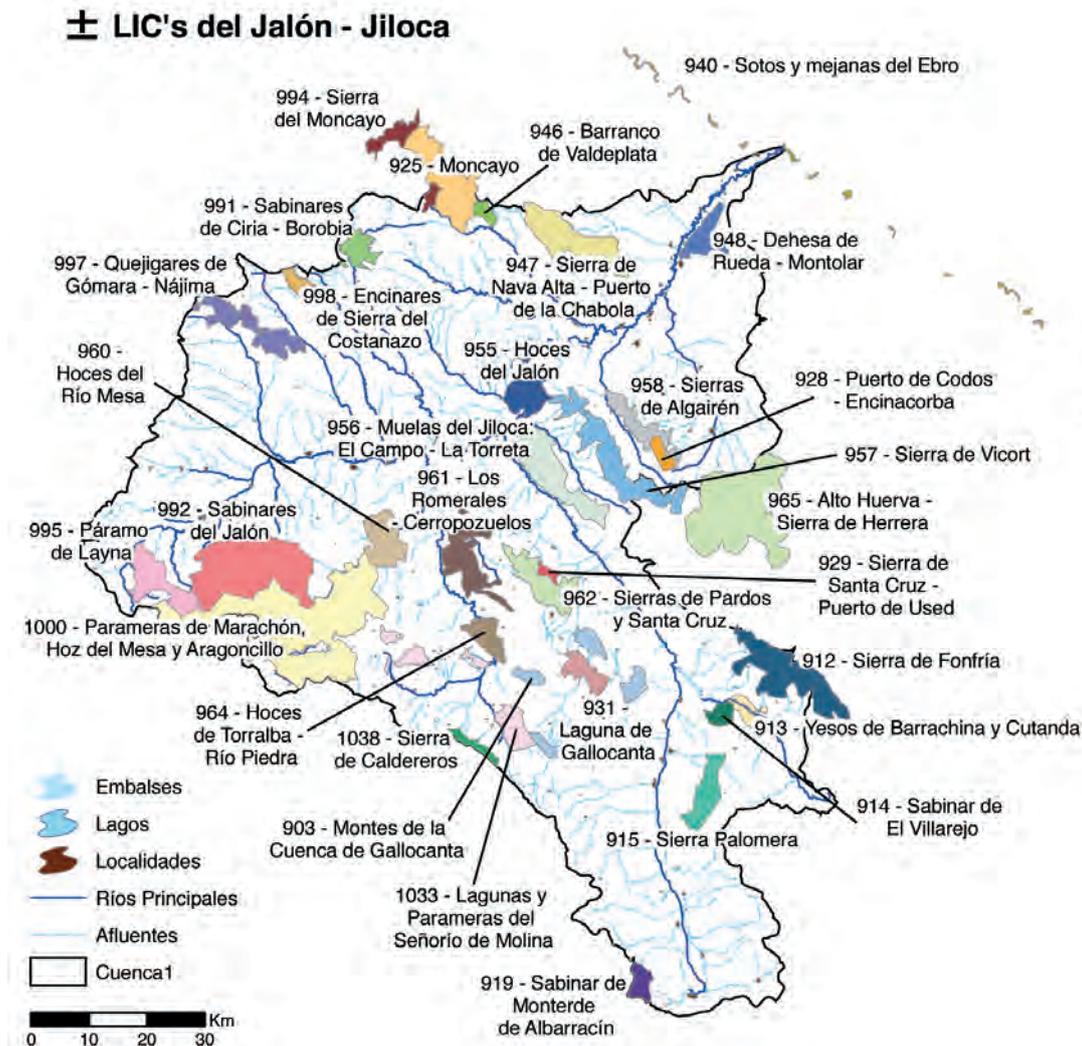
- 991] **Sabinares de Ciria- Borobia.** Las calizas mesozoicas conforman una altiplanicie cortada ocasionalmente por barrancos, como el formado por el río Manubles. Merece la pena destacar las lagunas salobres de tipo estepario de Ciria y Borobia. Las duras condiciones climáticas, así como el escaso desarrollo de la mayoría de los suelos sobre las duras calizas y dolomías, favorecen el dominio casi absoluto de la sabina albar (*Juniperus thurifera*). Se trata de uno de los sabinares más orientales de Castilla León. Entre los sabinares aparecen zonas con predominio de carrascas y quejigo. En los enclaves más soleados aparecen formaciones de sabina mora (*Juniperus phoenicea*).
- 992] **Sabinares del Jalón.** Forma parte de la paramera que sirve de unión entre el Sistema Central y el Ibérico. El elemento vegetal más característico son los sabinares de sabina albar (*Juniperus thurifera*), con campos de cultivo intercalados en las vegas y hondonadas, donde se encuentran los suelos más profundos. Son destacables igualmente las comuni-

dades riparias ligadas a los ríos que atraviesan el lugar.

- 1033] **Lagunas y Parameras del Señorío de Molina.** Este conjunto de charcas y parameras formado por humedales estacionales, someros poseen muy importantes poblaciones del singular helecho *Marsilea strigosa*, así como sirven como lugar de invernada y paso a numerosas aves acuáticas y grulla.
- 964] **Hoces de Torralba - Río Piedra.** Espacio de gran interés geomorfológico y biogeográfico por la presencia de un cañón fluvioikárstico excavado por el río Piedra entre relieves calcáreos, formando paredones verticales con una flora rupícola asociada. Hay que destacar las formaciones boscosas de quejigos y encinares combinados con matorrales mediterráneos entre los que destaca la presencia de *Juniperus phoenicea*.

Por su excepcional importancia turística, que se analiza más adelante, merece la pena nombrar aquí el parque del Monasterio de Piedra, declarado paisaje pintoresco desde 1945.

□ Figura 6.44. LIC's incluidos en el registro de zonas protegidas del río Jalón.



Fuente: Confederación Hidrográfica del Ebro.

Puede considerarse que las zonas actualmente protegidas reúnen la mayor parte del valor para la vida natural de la subcuenca del Jalón. Sin embargo, existen otras zonas en la subcuenca que, pese a sufrir un cierto grado de degradación en la actualidad, podrían recuperar su valor con la recuperación del buen estado de las aguas. Estas áreas han sido identificadas en el contexto del proceso de participación pública del Plan Hidrológico de la Cuenca del Jalón, en el que entidades ambientalistas y culturales, Ayuntamientos y otros agentes del territorio han discutido y transmitido sus opiniones y propuestas. Pueden destacarse las siguientes zonas a recuperar:

Río Pancrudo: Agentes sociales de la zona han solicitado la elaboración de un plan de defensa de las poblaciones de trucha autóctona del río Pancrudo y la conservación de las poblaciones de chopo cabecero de la zona.

Arroyo Madre: Agentes sociales de la zona han solicitado la protección la vegetación en todo el curso del Arroyo Madre, especialmente entre los ojos de nacimiento por encima del pueblo de Sagides y 500 metros por debajo del castillo de Almadenque (Arcos de Jalón).

Curso medio del río Jiloca: Ayuntamientos de la zona han propuesto la recuperación del bosque de ribera y el mantenimiento de los chopos cabeceros próximos al río.

Alto Jalón en Soria. Agentes sociales de la zona han solicitado medidas en distintos puntos por su interés ecológico:

- **Arroyo de Sayona**, un Plan de protección de carrizales, especialmente entre Azcamellas y Sayona.
- **Laguna de Villaseca**, un Plan de protección de carrizales, importante para anátidas y anfibios.
- **Arroyo Pradejón**, (dos grandes manchas entre Arbujuelo y tren de alta velocidad), proteger carrizal que sirve de zona de cría para el aguilucho cenizo.
- **Arroyo de la Mentirosa**, en Fuencaliente de Medinaceli, proteger carrizal bajo el robledal.
- **Río Jalón en Benamira**, existe un carrizal de interés antes de la vía del tren de alta velocidad.
- **Río Jalón en Medinaceli**, entre el cementerio de Medinaceli, la vía férrea y el puente de salida de la A-2 hacia la N-111. Hay endemismos propios de salobres.
- **Arroyo del Arenal**, se ha propuesto su protección desde Maján-Cañamaque-Fuentelmonge, por la vegetación de *Populus-alba*.
- **Río Nágima**, proteger todo su curso por posible presencia de cangrejo autóctono.

Arroyo de Salobrar de Avenales: Agentes sociales de la zona han solicitado un estudio de medidas orientadas a la protección del arroyo de Salobrar de Avenales. Este arroyo tiene una vegetación de gran interés, incluyendo chopos, fresnos, carrizo, frutales, álamos y otras especies.

Jalón entre el Deza y el Monegrillo: se pretende estu-

diar medidas de recuperación del hábitat del molusco *Melanopsis penchinati*.

Ojos de Pontil y de Toroñel: El Ayuntamiento de Rueda de Jalón ha propuesto realizar un inventario de las especies de flora y fauna presentes en los Ojos de Pontil y de Toroñel en Rueda de Jalón prestando especial atención a especies protegidas.

Ojos de Monreal: constituyen el nacimiento del río Jiloca y un humedal de interés. Se ha propuesto la mejora de su entorno.

Río Jalón entre Plasencia de Jalón y Épila: Se debe evitar que se reduzca aún más la superficie forestada de las márgenes del Jalón en este tramo. Existen muchos puntos de vertido de residuos, márgenes carentes de arbolado, así como desagües de efluentes urbanos e industriales. Se ha propuesto estudiar las medidas necesarias para la protección y recuperación de este tramo.

6.3.3. Funcionalidad para las actividades humanas.

A/ Abastecimiento humano

En la actualidad más de 120.000 personas son suministradas con agua procedente de las masas de la subcuenca del Jalón. En la tabla siguiente puede apreciarse cómo el número de habitantes de este territorio se ha recuperado en los últimos años después de un descenso histórico que se prolongó hasta los años 90 del siglo pasado. Por el contrario, en los últimos quince años se ha venido dando de manera continuada un proceso urbanizador especialmente relevante en cuanto a número de nuevas viviendas secundarias.

□ **Tabla 6.11. Evolución de la población (nº habitantes) y del nº de viviendas en la subcuenca del Jalón en los últimos años.**

Población 1991	123.021	Viviendas principales 1991	42.659
		Viviendas secundarias 1991	20.632
Población 2001	116.332	Viviendas principales 2001	44.733
		Viviendas secundarias 2001	22.396
Población 2005	122.416	Viviendas principales 2005	46.518
		Viviendas secundarias 2005	26.505

Fuente: INE.

El uso del agua que realizan estos hogares y viviendas secundarias puede cuantificarse en unos 7,6 Hm³ al año de agua facturada a las viviendas de la subcuenca, lo que implica unas extracciones del medio hídrico de unos 9,9 Hm³, ya que en todo sistema de potabilización y distribución de aguas se producen unas ciertas pérdidas de caudales, así como pueden existir caudales no facturados para usos públicos diversos.

Figura 6.45. Sub-Unidades de demanda urbana y principales poblaciones de la subcuenca del Jalón.



Fuente: Elaboración propia.

El uso del agua para abastecimiento humano requiere una elevada calidad fisicoquímica del agua captada para garantizar que los procesos de potabilización, que difieren en función de las necesidades y tamaño de los municipios, logran una calidad acorde con los niveles que la legislación marca como necesarios para el agua que se recibe en los hogares de toda la Unión Europea. Por esta razón se lleva un doble control de la calidad del agua para abastecimiento humano, un primer control en el medio hídrico (ríos, embalses y aguas subterráneas) y un segundo control en las redes de distribución y en los propios hogares.

Respecto al control del medio hídrico, los principales resultados de la red de control de abastecimientos en aguas superficiales en los últimos años en la cuenca del río Jalón y su comparación con los objetivos de calidad muestran que se han cumplido los objetivos marcados en todos los casos excepto:

- Jiloca en Daroca: se incumplieron parámetros microbiológicos en los años 2003 (coliformes fecales, coliformes totales, estreptococos fecales y salmonelas), 2004 (coliformes totales y fecales) y 2005 (coliformes fecales).
- Jalón en Terrer: se incumplieron parámetros microbiológicos en los años 2003 (coliformes fecales, coliformes totales, estreptococos fecales y salmonelas), 2004 (coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales), 2005 (coliformes totales) y 2006 (coliformes totales).
- Manubles en Morós: se incumplieron parámetros microbiológicos en los años 2004 (coliformes totales,

coliformes fecales y estreptococos fecales) y 2005 (coliformes totales y fecales).

Tabla 6.12. Grado de cumplimiento de los objetivos de calidad de las estaciones de la red abasta entre los años 2002 y 2005.

Código	Descripción	Objetivo de calidad	Calidad media en:			
			2005	2004	2003	2002
010	Jiloca en Daroca	C2	A3 [NO]	A3 [NO]	A3 [NO]	A1-A2 [ok]
087	Jalón en Grisén	C3	A3 [ok]	A3 [ok]	A3 [ok]	A1-A2 [ok]
238	Aranda en E. Maidevera	C2	A1-A2 [ok]	A1-A2 [ok]	A1-A2[ok]	-
553	Piedra en E. Tranquera	C1	-	A1-A2 [ok]	A1-A2[ok]	A1-A2 [ok]
583	Grío en la Almunia de Doña Godina	C2	A1-A2 [ok]	A1-A2 [ok]	A1-A2[ok]	-
584	Alpartir en Alpartir	C2	-	A1-A2 [ok]	-	A1-A2 [ok]
585	Manubles en Morós	C1	A3 [NO]	A3 [NO]	A1-A2[ok]	-
586	Jalón en Saviñán	C3	A3 [ok]	A3 [ok]	A3 [ok]	A3 [ok]
593	Jalón en Terrer	C2	A3 [NO]	A3 [NO]	A3 [NO]	-

Fuente: Confederación Hidrográfica del Ebro.

Los parámetros microbiológicos responsables de los incumplimientos indican contaminación de origen doméstico y quizás en algún caso también ganadero. La red de control de nutrientes en aguas superficiales no ha indicado por el momento ningún registro superior a la Norma de Calidad Ambiental de 50 mg/l para nitratos, aunque se están registrando concentraciones crecientes en la subcuenca. En cuanto a fosfatos, los valores medidos están muy por debajo del límite establecido para sus aguas, excepto en septiembre de 2004, cuando se registró un valor excesivamente elevado en la estación de calidad "Jalón en Grisén". Además debe señalarse una cierta tendencia a la eutrofización en los embalses de La Tranquera y Maidevera, lo que ha requerido su declaración como "Zonas sensibles a la contaminación por nutrientes", con exigencias adicionales sobre la depuración de aguas residuales urbanas.

En cuanto a aguas subterráneas, deben señalarse problemas en algunas de ellas por contaminación por nitratos, principalmente de origen agrario. Este problema afecta gravemente (más de 50 mg/l) a las masas subterráneas Pliocuaternario y Mioceno de Alfamén (076 y 077), Gallocanta (087) y Cella-Ojos de Monreal (089), y de manera menos severa (entre 25 y 50 mg/l) a Campo de Cariñena (075), Somontano del Moncayo (072) y Monreal-Calamocha (088); (ver Figura 6.47.). Ello ha supuesto la declaración de buena parte del territorio de estas masas subterráneas como "Zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario", con limitaciones a la aplicación de nitrógeno a terrenos agrícolas.

□ **Figura 6.46.** Aguas subterráneas afectadas por la contaminación por nitratos.



Fuente: Elaboración propia.

Respecto al control llevado a cabo sobre el agua potabilizada, los datos publicados por el Sistema de Información Nacional de Aguas de Consumo (SINAC), revela ciertos problemas puntuales en los dos últimos años. En la tabla siguiente se muestra la población de la subcuenca que ha sufrido problemas en sus aguas de consumo, según si estos problemas han sido suficientemente importantes para ser declaradas como “aguas no aptas para el consumo” o si han sido incidentes menores que no han merecido esta consideración. Un total de unas 25.000 personas han podido estar expuestas a este tipo de problemas (un 25% de la población de la subcuenca).

□ **Tabla 6.13.** Población expuesta a problemas en el agua de consumo humano.

Municipios con incumplimientos y parámetros que han superado límites en 2006 ó 2007	Población expuesta a aguas con problemas	Porcentaje sobre el total de la subcuenca
Población total en municipios que han sufrido incumplimientos en 2006 y 2007	10.342	8,4%
Población total en municipios que han superado límites de algún parámetro sin incumplimiento en 2006 y 2007	14.485	11,8%
Población total expuesta	24.827	20,3%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos SINAC (Ministerio de Sanidad).

De cualquier forma, hay que destacar que estos problemas se han dado de modo incidental y no continuado, siendo sus causas principalmente averías puntuales en los sistemas de potabilización municipales (introduciendo exceso de cloro) y, en algunos casos, episodios de mala calidad del agua bruta captada como los detectados por las redes de calidad de las masas de agua que se han estudiado. La mayoría de estos episodios, como se ha visto, se deben a parámetros microbiológicos, aunque se ha identificado un porcentaje apreciable de poblaciones (8 núcleos con una población total de unos 2.700 habitantes) afectadas por la presencia de sulfatos en sus aguas de consumo. Concentraciones elevadas de sulfatos en el agua de consumo pueden causar problemas gastrointestinales. Además, la presencia de sulfato puede producir un fuerte sabor del agua y contribuir a la corrosión de los sistemas de distribución (si estos presentan en su composición compuestos de plomo, la corrosión puede liberar plomo que se incorpore al agua, lo cual supondría problemas más graves).

En este apartado también hay que destacar los problemas de elevadas concentraciones de nitratos en algunos pequeños municipios de la provincia de Teruel como Bello, Bueña, Pozuel del Campo y Torrelacárcel, que suman una población de unos 750 habitantes. Uno de los principales problemas de la contaminación por nitratos es que no puede ser reducida por los procesos de potabilización convencionales, requiriendo de procesos avanzados de los que la mayoría de los municipios (especialmente los más pequeños) no dispone.

En las zonas afectadas por nitratos en la subcuenca del Jalón la estrategia adoptada para evitar los problemas de nitratos parece ser captar el agua bruta en acuíferos menos afectados, aunque no todos los municipios han podido recurrir a esta solución. Desde hace tiempo se ha puesto de manifiesto que el principal efecto perjudicial para la salud derivado de la ingestión de nitratos y nitritos es la metahemoglobinemia, es decir, un incremento de metahemoglobina en la sangre, que es una hemoglobina modificada (oxidada) incapaz de fijar el oxígeno y que provoca limitaciones de su transporte a los tejidos.

La primera manifestación clínica de este problema es la cianosis, generalmente asociada a una tonalidad azulada de la piel. Por otro lado, se ha estudiado la posible asociación de la ingestión de nitratos con el cáncer. Los nitratos no son carcinogénicos para los animales de laboratorio. Parece ser que los nitritos tampoco lo son para ellos, pero pueden reaccionar con otros compuestos (aminas y amidas) y formar derivados N-nitrosos. Muchos compuestos N-nitrosos se han descrito como carcinogénicos en animales de experimentación.

Estas reacciones de nitrosación pueden producirse durante la maduración o el procesamiento de los alimentos, o en el mismo organismo (generalmente, en el estómago) a partir de los precursores. En la valoración

del riesgo de formación de nitrosaminas y nitrosamidas, se ha de tener en cuenta que a través de la dieta también se pueden ingerir inhibidores o potenciadores de las reacciones de nitrosación.

De conseguirse un buen estado integral de las masas de agua de la subcuenca en 2015, la mayor parte de los riesgos para la salud humana asociados a una calidad deficiente de las aguas de consumo desaparecerían, ya que una elevada calidad del agua que se capta del medio hídrico reduce la necesidad de procesos de potabilización y los riesgos de distribución de aguas de consumo deficientes. Este beneficio elevaría la seguridad alimentaria de unas 25.000 personas (20% de la población de la subcuenca), que en los últimos años han estado expuestas a incidentes puntuales de importancia leve (11%) o moderada (9%).

Así mismo, se lograría un ahorro en inversiones en servicios de potabilización o en captaciones alternativas, que serán perentorias en algunos pequeños municipios afectados por nitratos en sus aguas de consumo de no lograrse el buen estado de las masas subterráneas de donde captan (Bello, Bueña, Pozuel del Campo y Torrelacárcel).

B/ Abastecimiento industrial

Aparte del agua que requiere la población de la subcuenca, también existe una demanda de agua por parte de diversos sectores industriales. Aunque puede decirse que el territorio del Jalón es una zona de baja industrialización, puede destacarse la importancia de la industria agroalimentaria de la zona, estrechamente ligada a las explotaciones agrarias, y la importancia localizada de la industria del automóvil organizada entorno a la factoría de General Motors España en el Bajo Jalón y de la industria del calzado en la zona del río Aranda (que ha sufrido en los últimos años un grave período de crisis).

En términos de empleo, la industria empleaba al final de 2006 a unos 12.000 afiliados a la seguridad social, algo más del 25% del total de ocupados.

El agua utilizada por estas instalaciones industriales pueden evaluarse en unos 2,8 Hm³/año de agua facturada a industrias por los servicios municipales de abastecimiento (y 3,5 Hm³/año de captación) y otros 1,3 Hm³/año de agua captada directamente de las masas de agua con concesión. Ello supondría una productividad media del agua en la industria del Jalón de unos 90 euros/m³ (V.A.B. por cada m³ recibido en instalaciones industriales).

La calidad fisicoquímica del agua que requiere la industria cambia mucho en función de cada subsector y de los procesos a los que se dedique el agua. En general, la industria alimentaria requiere una calidad equivalente a la exigida para consumo humano, siendo menores las exigencias para otras industrias y procesos.

De conseguirse un buen estado integral de las masas de agua de la subcuenca en 2015, las mismas mejoras para el abastecimiento humano serían válidas hasta cierto punto para la industria alimentaria, que exige un alto grado de calidad del agua que utiliza. Se lograría un ahorro en inversiones en servicios de potabilización o en captaciones alternativas, aunque los municipios afectados por los problemas más graves de contaminación por nitratos no cuentan con una carga industrial significativa.

C/ Suministro agrícola (regadío)

Existen diversas clasificaciones que orientan sobre la calidad que debería poseer el agua para ser utilizada en el riego. Los criterios más comúnmente utilizados para analizar la aptitud del agua para el regadío los recoge la FAO y se refieren en primer término a los riesgos de salinización y de reducción de la capacidad de infiltración en función de la conductividad y de ésta y de la Relación de Absorción de Sodio (RAS), respectivamente.

Además, los criterios de FAO incluyen información sobre otros problemas potenciales, derivados de la toxicidad de determinados iones específicos y oligoelementos, el exceso de nitrógeno y bicarbonato y la magnitud del pH. Las directrices propuestas sólo son aplicables en determinados supuestos referentes al clima, suelo, manejo y métodos de riego, condiciones de drenaje y patrones de absorción de la humedad por el cultivo. Cuando las características locales no se ajustan a los supuestos considerados se requiere un estudio específico del caso que podrá dar lugar a una modificación de los criterios citados.

La tabla siguiente ofrece la clasificación de la calidad de aguas para riego según este criterio. Considerando estas directrices elaboradas por la FAO y la información disponible de la red de control del estado de las masas de agua superficiales, se ha confeccionado una tabla y un mapa en los que se puede apreciar, en cada estación, la aptitud media del agua para el regadío en cuanto a los riesgos de salinidad durante los meses de abril a octubre, que coinciden con la campaña de riego. A efectos de contrastar su situación relativa, en la misma figura se han representado también las zonas regables existentes.

□ **Tabla 6.14.** Clasificación de la calidad de las aguas para riego según FAO.

Problema potencial	Unidades	Grado de restricción de uso		
		Ninguno	Ligero o moderado	Severo
Salinidad (afecta disponibilidad de agua para el cultivo)				
E _{Ca}	dS/m	<0,7	0,7-3,0	>3,0
TSS	mg/l	<4,50	450-2.000	>2.000
Infiltración (reduce la infiltración evaluar usando a la vez la E _{Ca} y el RAS)				
RAS=0-3 y E _{Ca} =		>0,7	0,7-0,2	<0,2
=3-6 =		>1,2	1,2-0,3	<0,3
=6-12 =		>1,9	1,9-0,5	<0,5
=12-20 =		>2,9	2,9-1,3	<1,3
=20-40 =		>5,0	5,0-2,9	<2,9
Toxicidad de Iones Específicos (afecta cultivos sensibles)				
Sodio (Na)				
Riego por superficie	RAS	<3	3-9	>9
Riego por aspersión	me/l	<3	>3	-
Cloruros (Cl)				
Riego por superficie	me/l	<4	4,0-10	>10
Riego por aspersión	me/l	<3	>3	-
Boro (B)	me/l	<0,7	0,7-3,0	>3,0
Oligoelementos				
Varios (afecta cultivos sensibles)				
Nitrógeno (NO ₃ -N)	mg/l	<5	5,0-3,0	>3,0
Bicarbonato (HCO ₃)	me/l	<1,5	1,5-8,5	>8,5
Aspersión (foliar únicamente)				
pH		Amplitud normal:6,5-8,4		

Fuente: Libro Blanco del Agua, Ministerio de Medio Ambiente, 2000.

La conductividad media tiende a aumentar conforme se baja por los ríos Jalón y Jiloca, alcanzando en Grisén, cerca de la desembocadura del Jalón, valores de más

de 2.000 µS/cm en los veranos de 2005 y 2006, con una tendencia al deterioro a lo largo de los últimos años.

□ **Tabla 6.15.** Conductividad de las aguas superficiales en la subcuenca del Jalón.

Nombre Masa de evaluación	Est. Calidad Superf.	Salinidad (Conductividad a 20 °C µS/cm)						MEDIA 2002-2006
		2002	2003	2004	2005	2006		
Río Jiloca desde los Ojos de Monreal hasta el río Pancrudo	0042	927	920	863	916	920	909	
Río Jiloca desde el río Pancrudo hasta la E.A. 55 de Morata de Jiloca	0010	1.040	980	840	1.247	1.076	1.037	
Río Jalón desde el río Piedra hasta el río Manubles	0126	1.049	1.160	854	928	903	979	
Río Jalón desde el río Perejiles hasta el río Ribota	0009	1.289	1.184	1.013	1.146	1.209	1.168	
Río Jalón desde el río Grío hasta el Ebro	0087	1.201	1.506	1.370	1.802	1.871	1.550	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de CHE.

Según los criterios de la FAO y los datos de estaciones de control de la calidad del Jalón y el Jiloca, las aguas superficiales de la subcuenca se encuentran en el intervalo entre 700 y 3.000 µS/cm, que representaría un riesgo entre ligero y moderado de salinización, agudizándose

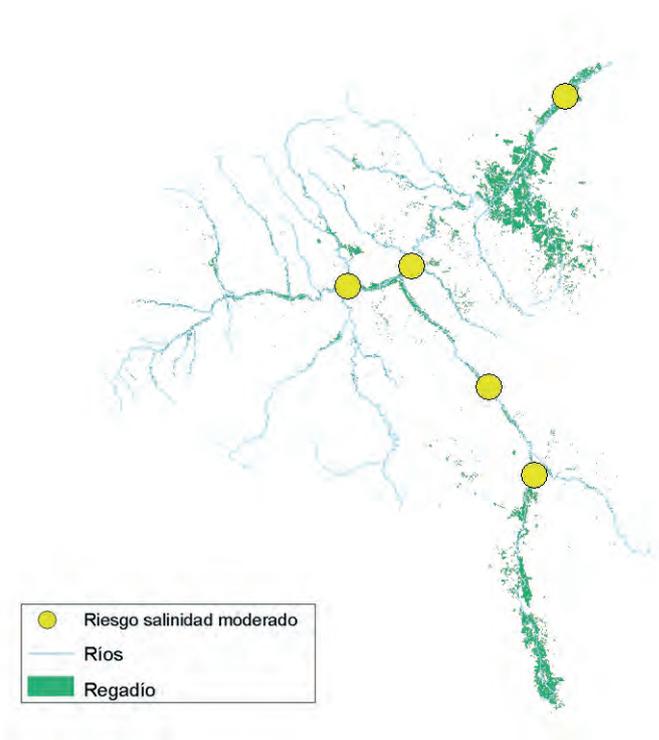
se éste en el Bajo Jalón. En cuanto a aguas subterráneas, la situación es similar, con valores ligeramente superiores a los 1.000 µS/cm en casi toda la subcuenca, si bien no se han identificado picos de salinidad tan importantes como en aguas superficiales.

□ **Tabla 6.16.** Conductividad de las aguas subterráneas en la subcuenca del Jalón.

Nombre Masa de evaluación	Salinidad (Conductividad a 20 °C $\mu\text{S}/\text{cm}$)					MEDIA 2002-2006
	2002	2003	2004	2005	2006	
PLIOCENO ALFAMÉN	1.032	1.027	1.194	1.187	722	1.032
SOMONTANO MONCAYO	1.244	1.014		1.331	1.139	1.182
OJOS DE MONREAL - CALAMOCHA	759	735	769	837	486	717
CELLA - OJOS DE MONREAL	854	879	1.555	1.181	622	1.018

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de CHE.

□ **Figura 6.47.** Riesgo de salinidad en aguas superficiales.



Fuente: Elaboración propia.

D/ Uso recreativo actual y potencial

En cuanto a la utilidad que reportan las masas de agua a través de su uso recreativo, en la subcuenca del Jalón se cuenta con datos para la Laguna de Gallocanta, espacio natural protegido que cuenta con visitas anuales de unas 4.280 personas (media de datos para 2005 y 2006; fuente, Gobierno de Aragón). El Parque Natural del Moncayo recibió en 2005 visitas de 22.177 personas, según datos de Europark, aunque la principal atracción de este espacio pueden no ser sus masas de agua (nacimiento del río Aranda).

Un punto de fuerte atracción turística es el llamado Monasterio de Piedra y su parque privado asociado.

Este parque se caracteriza por la interacción entre las aguas del río Piedra y la geología de la zona, que forman cascadas, grutas, lagos,... en medio de una abundante vegetación y una importante diversidad faunística. En este espacio también se encuentra una piscifactoría experimental del Gobierno de Aragón, que aprovecha y apoya la riqueza piscícola del río Piedra.

Muy ligados con el agua y con gran interés turístico en la zona son los balnearios de Alhama de Aragón (río Jalón), Jaraba (río Mesa) y Paracuellos del Jiloca (río Jiloca). En ellos se aprovecha el carácter termal de las surgencias y sus propiedades minero-medicinales. También existen plantas embotelladoras en estas zonas.

Recientemente se han acondicionado parte de las riberas y márgenes de los ríos con el objeto de un mayor disfrute lúdico del recurso. Destacan las actuaciones realizadas en el paso del río Jalón en los cascos urbanos de Ricla, Ateca, Arcos de Jalón, Calatorao y Calatayud.

Aunque no existen zonas declaradas de protección especial para el baño en la subcuenca del Jalón, sí que se usan para el baño el embalse de La Tranquera y en

menor medida el de Maidevera y Monteagudo de las Vicarías. Se dispone de datos del año 1998 sobre el uso recreativo de estos embalses, cuantificado según el número de usuarios en un día óptimo para el uso recreativo (conteo directo por observación) y una estimación para todo el año teniendo en cuenta sesenta días óptimos al año. Hay que destacar que esta cuantificación no sólo tiene en cuenta los bañistas, sino también otros usuarios recreativos como pescadores o navegantes.

□ **Tabla 6.17.** Oferta de alojamientos asociada a masas de agua en la subcuenca del Jalón.

Oferta de alojamientos asociada a masas de agua en la subcuenca del Jalón	Hoteles, hostales y similares		Aire libre		Turismo rural	Apartamentos
	Establecimientos	Plazas	Establecimientos	Plazas	Establecimientos	Establecimientos
Aguas termales	10	1.018	0	0	1	0
Entorno del Monasterio de Piedra y Emb. La Tranquera	6	282	1	876	0	1
Laguna de Gallocanta	2	48	0	0	4	0
TOTAL	18	1.348	1	876	5	1

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Guía de Servicios Turísticos de Aragón. Año 2005. Instituto Aragonés de Estadística.

□ **Tabla 6.18.** Usuarios hídricos en embalses.

Embalses	Usuarios en un día óptimo	Estimación usuarios / año	Afecciones al uso recreativo
LA TRANQUERA	1.000	60.000	Afección a los baños y actividades deportivo-recreativas en el embalse por desarrollo de blooms de fitoplancton o % por la presencia de lodos en los márgenes del embalse al bajar el nivel
MAIDEVERA	200	12.000	En verano hay una cierta actividad de baños pero en general es poco frecuentado.
MONTEAGUDO	100	6.000	sin información disponible
TOTAL	1.300	78.000	

Fuente: Usos lúdicos en los embalses de la Cuenca del Ebro (CHE, 1998) y Gestión ambiental de los embalses de la cuenca del Ebro (CHE, 1996).

El embalse de La Tranquera tiene una cantidad importante de usuarios recreativos, aunque sufre afecciones a este uso debido al desarrollo de blooms de fitoplancton, al ser un pantano con tendencia a la eutrofia por la aportación de nutrientes que realizan las poblaciones y las superficies agrícolas de la cuenca del Piedra.

Respecto del potencial recreativo de estos y otros espacios asociados al agua en la subcuenca del Jalón, es difícil realizar una previsión a futuro, ya que son muchos los factores que pueden influir. Entre estos factores, sin duda aparecerá de manera destacada el estado ambiental en el que se mantengan las masas de agua.

La subcuenca del Jalón, poco poblada, se encuentra sin embargo bien situada geográficamente con respecto a las ciudades de Madrid y Zaragoza, contando así mismo con

unas excelentes comunicaciones (estación de tren de alta velocidad en Calatayud y Nacional II que discurre paralela al río Jalón en casi toda la longitud de este). Por supuesto esta estimación cuantitativa tiene un valor meramente ilustrativo y debería completarse con un estudio del mercado eco-turístico en cada zona en mayor profundidad, pero indica que existe un potencial importante que debería ser tenido en cuenta a la hora de fijar los objetivos de calidad ambiental de estas masas de agua. Se considera que merece la pena progresar en la cuantificación, siempre difícil y aproximativa, de los usos lúdicos y ambientales del territorio para incluir su valor socioeconómico en las decisiones públicas y privadas.

Para intentar tener una idea de qué aprovechamiento recreativo puede llegar a lograrse en la subcuenca del Jalón puede recurrirse a la comparación con otras zonas

en España en las que las masas de agua suponen un fuerte polo de atracción lúdica, normalmente por su buen estado ambiental. Para ello se ha analizado el número de visitantes que reciben los centros de información³ de Espacios Naturales Protegidos españoles que cuentan con tramos significativos de masas de agua río (más de 1

km.) entre sus activos ambientales. Se ha realizado una clasificación por ecotipo de estos tramos de río y calculado un coeficiente sencillo de visitantes al año por kilómetro de río. Para los ecotipos presentes en la subcuenca del Jalón estos coeficientes de visitantes toman los siguientes valores:

□ **Tabla 6.19. Visitas a masas de agua río según ecotipos.**

ECOTIPOS	Ratio medio	Desviación estándar del ratio	Ratio máximo	Ratio mínimo
Ejes mediterráneo-continetales mineralizados	2.441	Sólo 2 casos	10.657	342
Ríos de montaña mediterránea calcárea	584	242	825	342
Ríos mineralizados de baja montaña mediterránea	2.360	1.521	3.881	838

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Europark para el año 2005 sobre visitantes a centros de información en ENP.

□ **Tabla 6.20. Potencial de visitantes a masas de agua río en la subcuenca del Jalón.**

Código ecotipo	NOMBRE ECOTIPO	Km. de río	Nº potencial de visitantes por año en los ríos de las subcuencas en buenas condiciones			Comentarios
			Pesimista	Intermedio	Optimista	
116	Ejes mediterráneo-continetales mineralizados	128,2	17.458	312.919	1.366.164	Sólo 2 casos del mismo ecotipo
112	Ríos de montaña mediterránea calcárea	832,3	284.537	485.664	686.791	
109	Ríos mineralizados de baja montaña mediterránea	133	111.493	313.844	516.194	
		1.094	413.488	1.112.427	2.569.149	

Fuente: Elaboración propia.

Aceptando estos valores como el máximo potencial de visitantes que razonablemente se puede esperar para tramos de río en España, y teniendo en cuenta que, la mayor parte de los ríos del Jalón parecen encontrarse en un estado inferior a bueno en la actualidad, se ha estimado cuál sería el máximo potencial turístico de los ríos de la subcuenca, teniendo en cuenta su ecotipo (ver tabla 6.20).

Los resultados indican que podría llegar a lograrse un volumen de visitantes entre 400.000 y más de 2 millones al año, en función de si se compara la cuenca del Jalón con los espacios naturales más visitados o con los menos. La previsión más pesimista (413.000 visitas anuales) puede ser un máximo potencial para la cuenca del Jalón, ya que los Espacios Naturales Protegidos son visitados por varios atractivos además de sus masas de agua.

A este potencial recreativo en ríos merece la pena añadirle el potencial de los humedales de la subcuenca, especialmente los del Alto Jiloca (Laguna del Cañizar, Fuente de Cella, Ojos de Monreal y otros), varios en proceso de restauración, que junto a la Laguna de Gallocanta pueden constituirse en un destacado activo ambiental. Su potencial en términos recreativos se puede aproximar comparando estos humedales con el Parque Nacional de las

Tablas de Daimiel. Se podría alcanzar un potencial máximo de visitantes de unas 112.000 visitas al año, si se acepta una analogía con el P.N. de Las Tablas de Daimiel: superficie inundable similar, humedales dependientes de aguas subterráneas, presencia de aves migratorias en la zona, buenas comunicaciones (recién inaugurada autovía Valencia-Francia; obras de ferrocarril de velocidad alta Valencia-Zaragoza).

Dentro de los usos lúdicos que se pueden dar en el Dominio Público Hidráulico, merece la pena analizar aparte dos tipologías de uso que requieren autorizaciones administrativas específicas: la navegación y la pesca.

En cuanto a navegación, de conformidad con lo dispuesto en los artículos 23.1.b), 24.a), 51.a) y 78 del texto refundido de la Ley de Aguas, el otorgamiento de autorizaciones para la navegación en los embalses y ríos y su regulación es competencia de los organismos de cuenca. En la subcuenca del Jalón, por las mismas características hidro-morfológicas de sus masas de agua, la navegación se circunscribe principalmente a los embalses, al mantener volúmenes de agua importantes en la temporada alta de estas actividades (de abril a septiembre).

³ Hay que destacar que normalmente sólo una parte de las personas que visitan un espacio natural protegido pasa por su centro de información y es censado. Los datos disponibles sobre visitantes totales son mucho más escasos (sólo para Parques Nacionales), y de menos interés para relacionarlos con masas de agua.

Analizando las autorizaciones concedidas en 2006 y 2007, se observa que en tramos de río libres las autorizaciones para navegar en la subcuenca del Jalón se han solicitado como opción secundaria a la navegación en otras zonas más propicias de la cuenca del Ebro, como el mismo río Ebro. Este tipo de navegación sólo se realiza en embarcaciones de remo (siendo el kayak y la piragua las tipologías más populares). En cuanto a la navegación en embalses, la mayor actividad se produce en el embalse de La Tranquera, para el que se vienen solicitando una media de 27 autorizaciones de navegación al año, el 74% de las cuales corresponden a embarcaciones a motor (motoras, zodiac, lanchas), un 23% a embarcaciones de remo y un reducido 4%, a embarcaciones de vela. En el embalse de Maidevera también se identifica alguna actividad, exclusivamente de remo.

En cuanto al uso para pesca recreativa de las masas de agua de esta subcuenca, en la cuenca del Jalón existe la posibilidad de pescar en los siguientes tramos:

- Coto deportivo "Río Jalón" gestionado por Sociedad deportiva de Pescadores (Calatayud). Se pesca trucha común, trucha Arco Iris, barbo común, madrilla y gobio. Se divide en dos tramos:
 - Tramo normal, captura y suelta que comprende desde el Azud de la Torre Guara (P.K. aprox. 230,5 de la antigua carretera N-II) hasta la curva del río Jalón en el Matadero Municipal de Calatayud.
 - Tramo captura y suelta "Río Jiloca". Desde el puente de la Autovía N-II Madrid- Barcelona sobre el río Jiloca hasta la desembocadura del R. Jiloca en el Jalón.
- Coto deportivo de Calamocha, gestionado por la sociedad deportiva de pescadores "Río Jiloca Club". Comprende la parte del río entre el Puente del Poyo del Cid y la Ermita Virgen del Rosario. Se encuentra dividido en tres tramos. Se pesca trucha común, trucha arco iris, barbo común y madrilla.

- Tramo de pesca intensiva del embalse de la Tranquera. Se pesca trucha común, trucha arco iris, black bass y carpa.
- Tramos libres de captura y suelta:
 - Río Mesa: Tramo comprendido entre el salto de la central en Calmarza y el puente del Diablo en Jaraba.
 - Río Jiloca: Tramo comprendido entre la confluencia con el río Pancrudo (límite superior) y el puente del apeadero de Luco de Jiloca (límite inferior). Longitud: 3 Km

Hay que tener en cuenta que según la Ley 2/1999 de Pesca en Aragón define para la cuenca del Jalón los siguientes tramos como "Aguas declaradas habitadas por la trucha" y que por tanto tienen disposiciones especiales.

- El río Aranda desde su nacimiento en Alagüén hasta la localidad de Jarque.
- El río Isuela desde su entrada en la provincia de Zaragoza hasta el azud de Las Motilanas en el mojón de Trasobares y todas las aguas que le afluyen en este tramo.
- El río Piedra desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Jalón, y aguas que a él afluyen en este tramo, excepto el río Mesa desde el puente del Diablo (Jaraba) hasta el salto de la central de Ibdes.
- Río Manubles: Desde su entrada en el término municipal de Bijuesca hasta su salida del término municipal de Morós, y todas las aguas que afluyan a ese tramo.
- Río Jiloca desde su nacimiento hasta el Puente de Tablas, en Daroca, y todas las aguas que afluyen a este tramo.

Datos referidos a 2005, 2006 y 2007 evalúan el número de licencias de pesca expedidas en las comarcas más significativas de la subcuenca del Jalón en unas 3.000 al año, con una tendencia claramente creciente.

□ **Tabla 6.21.** Autorizaciones de navegación en la subcuenca del Jalón.

SUBCUENCA DEL JALÓN: NAVEGACIÓN EN RÍOS						
RÍO	AUTORIZACIONES 2006	AUTORIZACIONES 2007	MEDIA AUTORIZACIONES	REMO	VELA	MOTOR
JALON, RIO	5	7	6	100%	0%	0%
JILOCA, RIO	1	-	1	100%	0%	0%
DEZA, RIO	1	1	1	100%	0%	0%
MESA, RIO	4	2	3	100%	0%	0%
PIEDRA, RIO	5	2	4	100%	0%	0%
TOTAL	16	12	14	100%	0%	0%
SUBCUENCA DEL JALÓN: NAVEGACIÓN EN EMBALSES						
RÍO	AUTORIZACIONES 2006	AUTORIZACIONES 2007	MEDIA AUTORIZACIONES	REMO	VELA	MOTOR
TRANQUERA	41	12	27	23%	4%	74%
MAIDEVERA	2	5	4	100%	0%	0%
TOTAL	43	17	30	32%	3%	65%

Fuente: Elaboración propia a partir de INAGA (datos en web).

□ **Tabla 6.22.** Número de licencias de pesca por comarcas de Aragón (subcuenca del Jalón).

SUBCUENCA DEL JALÓN: NAVEGACIÓN EN RÍOS					
COMARCA	Año 2005	Año 2006	Año 2007	Media	Ingresos aproximados (euros)
Aranda	305	326	388	340	3.329
Campo de Cariñena	212	242	318	257	2.522
Campo de Daroca	115	138	206	153	1.499
Comunidad de Calatayud	1.173	1.353	1.627	1.384	13.566
Jiloca	383	424	523	443	4.345
Valdejalón	578	708	787	691	6.772
TOTAL	2.766	3.191	3.849	3.269	32.033

Fuente: Elaboración propia a partir de INAGA (datos en web).

La licencia de pesca, según la Ley de Pesca de Aragón, da derecho a pescar en cualquier masa de agua que no tenga una protección especial como coto de pesca. Para pescar en los cotos de pesca debe pagarse un permiso adicional a la entidad gestora de cada coto. En 2003 CHE estimó en 2.084 los usuarios reales de cotos de pesca en la subcuenca del Jalón, a partir de datos de las Comunidades Autónomas. Considerando que esta cuantificación pueda ser representativa de la situación actual (aunque la tendencia viene a ser al alza) y un pago medio por permiso de cinco euros, se podría evaluar los pagos por permisos de pesca en cotos de la subcuenca en unos 10.000 euros anuales, sobre pasando, por tanto, los 40.000 euros de ingresos del Gobierno de Aragón y los costes de pesca por estos conceptos de licencias y permisos.

E/ Regulaciones del caudal y alteraciones morfológicas para el uso del agua

Las masas de agua superficiales pueden sufrir presiones sobre su morfología, tales como la protección de sus riberas mediante encauzamientos, la ruptura de su continuidad longitudinal por azudes o minicentrales hidroeléctricas (entre 2 y 10 m) o incluso pueden sufrir la transformación total de su naturaleza mediante la construcción de embalses de regulación mediante presas (dique de más de 10 m de altura).

Un indicador de interés en relación con la presión por regulación es la Capacidad acumulada de embalse respecto a las aportaciones naturales. En la subcuenca del Jalón existen tres presas de regulación:

- La Tranquera, sobre el río Piedra, en el término municipal de Carenas, terminado en 1960. Inunda 530 ha y tiene una capacidad de 84 Hm³, siendo el más importante de la subcuenca, para una aportación media anual de 110 Hm³ en la cuenca del río Piedra (80% de capacidad de embalse respecto a las aportaciones naturales). Cuenta con un bombeo desde la

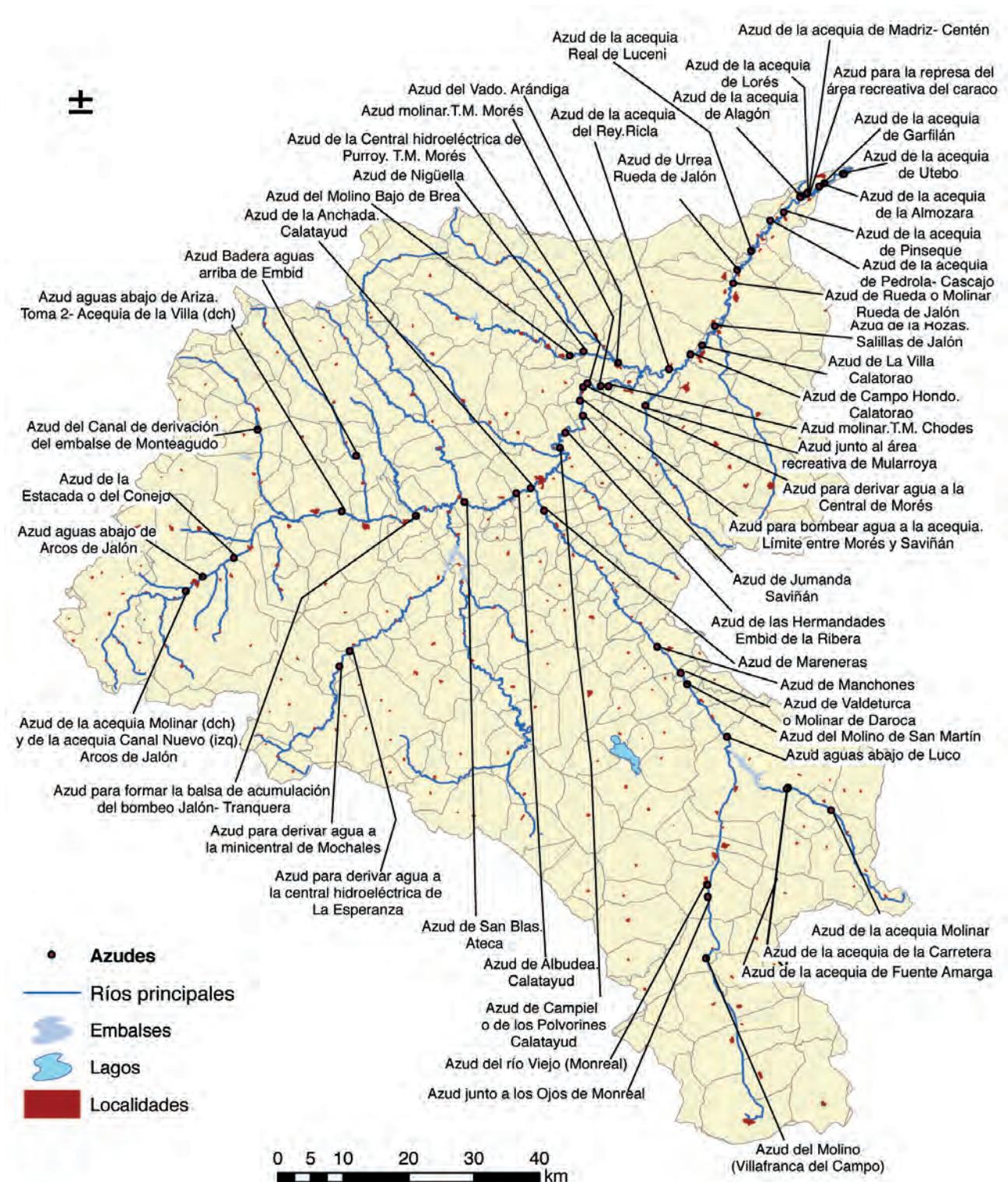
parte alta del río Jalón que puede aumentar las aportaciones reales al embalse, pero sólo se ha utilizado una vez desde su construcción en los años noventa. Beneficia a más de 20.000 ha. de regadío y a más de 20.000 habitantes del municipio de Calatayud (a través de una tubería específica en proceso de renovación).

- Maidevera, sobre el río Aranda, en el municipio de Aranda de Moncayo, terminado en 1981. Beneficia a unas 550 ha y abastece a unas 7.000 personas. Con una capacidad de 18 Hm³, tiene una aportación media anual de 13,6 Hm³ (140% de capacidad de embalse respecto a las aportaciones naturales).

- Embalse de Monteagudo de las Vicarías. Terminado en 1982, no está construido sobre un cauce fluvial y ha sido pre-identificado como masa de agua artificial por su interés ecológico. Se derivan a él aguas del río Nájima, con una aportación media anual de 1,4 Hm³, frente a una capacidad de embalse de 9,6 Hm³ (700% de capacidad de embalse respecto a las aportaciones naturales) y una superficie inundada de 123 ha. Beneficia a más de 500 ha de regadío.

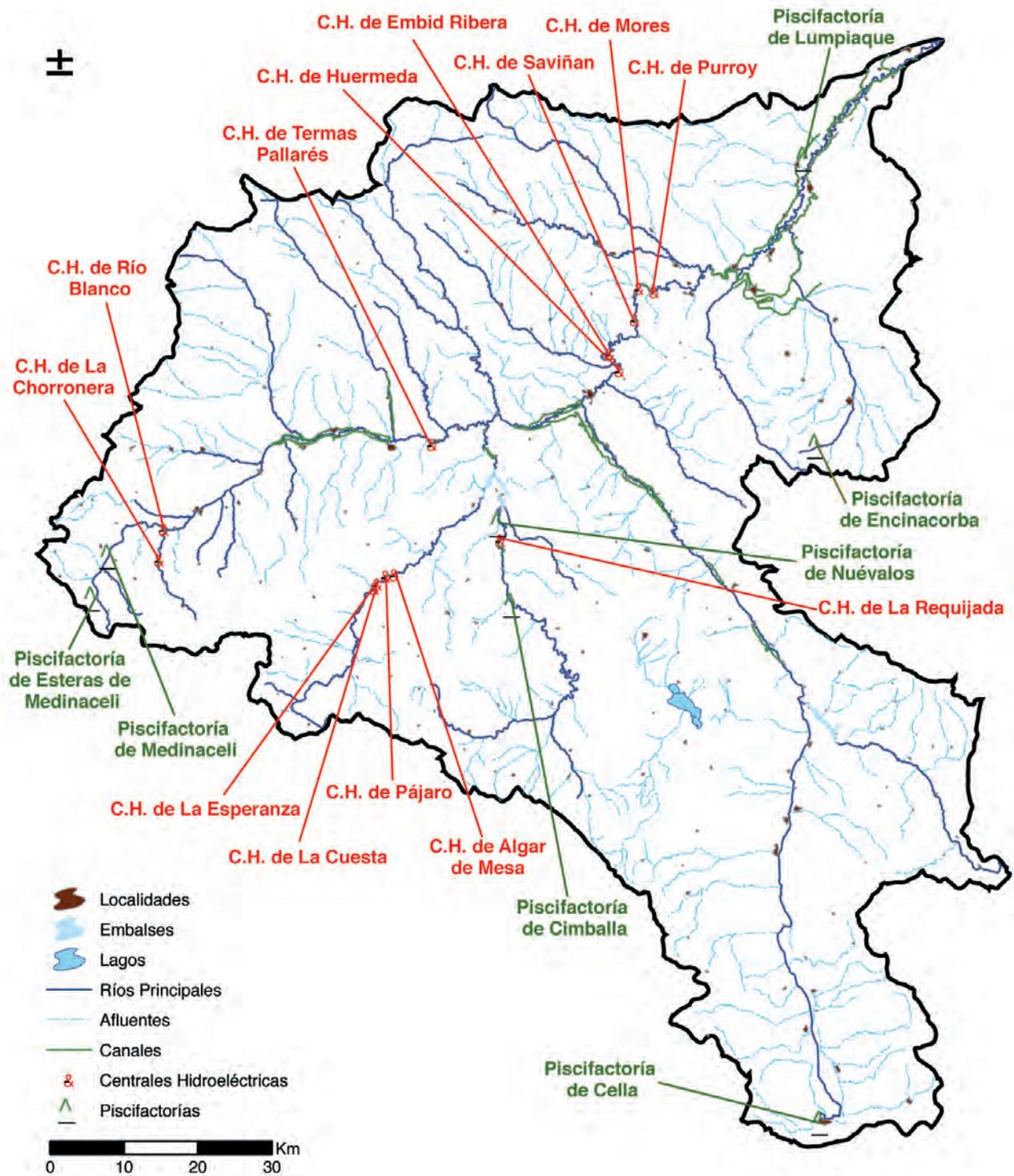
Además de estas presas, existen multitud de interrupciones de los cursos fluviales mediante azudes (ver mapa). Son unas 370 de diverso tamaño, siendo la mayor parte para derivación de aguas para regadíos ribereños tradicionales, algunos en desuso. Otra parte son azudes de derivación de aguas a minicentrales hidroeléctricas o a piscifactorías.

Figura 6.48. Selección de azudes del río Jalón. Del total de 370 azudes inventariados se han seleccionado 53.



Fuente: Confederación Hidrográfica del Ebro.

Figura 6.49. Centrales hidroeléctricas en funcionamiento y piscifactorías de la cuenca del río Jalón



Fuente: Confederación Hidrográfica del Ebro.

Los caudales concesionales derivados por estas mini-centrales son en algunos casos importantes si se compara con el caudal circulante en los puntos de derivación. Ello provoca problemas de disminución de caudal en los tramos de los ríos afectados por la derivación. No

existe control de los caudales circulantes en estos tramos y en ocasiones se han producido periodos de caudales excesivamente bajos que pueden haber producido problemas con la vida piscícola, como es el caso de la central de la Requijada en el río Piedra.

7

CONSIDERACIONES FINALES

consideraciones finales

7.1. En cuanto al ejercicio metodológico

Importancia de establecer una rutina de evaluación periódica de la situación y tendencias basada en Indicadores

Con la utilización de indicadores consolidados y comparables a nivel comunitario y con un planteamiento integral cubriendo el esquema causa-efecto-respuesta.

En el ejercicio realizado en el capítulo 4 se ha mostrado, por un lado la gran cantidad de datos e información pendiente de explotación y, por otro, las carencias existentes en algunos temas y en general en materia de datos actualizados y el necesario recurso a técnicas de prospectiva para proyectar los datos a los escenarios futuros e incluso presentes.

Este primer ejercicio debe difundirse, contrastarse y usarse como base para un debate continuado con organismos y expertos para su perfeccionamiento continuado a través de su repetición periódica.

Necesidad y posibilidad de evaluaciones integradas a nivel nacional en clave de sostenibilidad

El ejercicio muestra que se dispone de datos e información suficiente para empezar a responder a la cuestión clave en el tema del agua, que es el de su sostenibilidad,

en que medida respondemos a las necesidades de las generaciones actuales sin por ello limitar las posibilidades de satisfacer las de las generaciones futuras.

El ejercicio realizado indica cómo se puede dar una respuesta simple a una cuestión tan compleja a través de un mero análisis del grado de acoplamiento o desacoplamiento entre el desarrollo y los caudales de recursos extraídos y utilizados y también de la calidad o degradación de los recursos disponibles y de los ecosistemas.

Y el ejercicio muestra que es posible incluso analizar, aunque en este caso más someramente, en qué medida se responde a las necesidades existentes al respecto y en qué grado se limitan o no las posibilidades de satisfacerlas en el futuro. En primer lugar, ecosistémicas en cuanto a mantenimiento en buen estado de nuestras masas de agua y en general de las cuencas y ecosistemas relacionados, y en segundo lugar socioeconómicas, incluyendo las de abastecimiento a las poblaciones y para usos económicos pero también otras cada vez más relevantes como las paisajísticas, de ocio y disfrute del patrimonio hídrico.

Necesidad, mayor posibilidad y relevancias de evaluaciones a nivel de cuenca hidrográfica en materia de sostenibilidad

Finalmente, el ejercicio del capítulo 4 muestra que estas evaluaciones generales en materia de sostenibili-

dad pueden mostrar si a nivel del Estado se progresa o no en materia de sostenibilidad en lo referente al agua estableciendo nexos con las variables macroeconómicas nacionales. Hay que concretarla y completarla a nivel de cuenca que es donde finalmente se manifiestan verdaderamente las disfuncionalidades entre las disponibilidades y las necesidades, o las demandas o los usos en algunos casos, actuales y previsibles.

Es a nivel de cuenca donde pueden aplicarse y desarrollarse, tomando sentido, los indicadores clave para contrastar la sostenibilidad en materia de agua como también auspiciado por la Directiva Marco de Agua. Indicadores en particular referentes a intensidad de uso de recursos hídricos, medido por la relación entre los caudales actuales vertidos por cauce y los caudales restituidos a su situación natural, y los de calidad biológica y físico-química de las masa de aguas y de los cauces.

Sin por ello olvidar que las cuencas ya no son sistemas cerrados en lo que se refiere a recursos hídricos y que este análisis debe también considerar recursos ajenos a la cuenca sin prejuzgar su mayor o menor viabilidad y sostenibilidad. Por cuanto la tecnología permite, por un lado, en las zonas costeras ampliar la base del recurso mediante la desalación, y en general el transporte del agua, aunque siempre recurriendo a la energía a cuya sostenibilidad también hay que atender dentro del propio análisis de la mayor o menor sostenibilidad de las alternativas consideradas. Estos análisis cobran mayor valor como se muestra en el informe ante el desafío del Cambio Climático por cuanto que afecta a las precipitaciones y caudales de las cuencas y también a la vulnerabilidad de las mismas.

Relevancia de recurrir a una nueva dimensión en el ejercicio de evaluación de la sostenibilidad a nivel de cuencas. La funcionalidad de las cuencas

En el capítulo 6 se han incluido tres ejercicios piloto de aproximación, según distintos enfoques, a la evaluación de la llamada funcionalidad de las cuencas definida como el conjunto de cualidades que determinan su función en el ciclo hidrológico y ecosistémica, su estado y su potencial para suministrar bienes y servicios ("fabricas de agua"), incluidos los ambientales y cuya recuperación y mantenimiento es clave y mas todavía ante el desafío del Cambio Climático. Estos ejercicios deben considerarse como exploratorios y de interés para profundizar en los posibles desarrollos metodológicos y su aplicación generalizada a todas las cuencas.

Un primer análisis se ha realizado para la cuenca del Segura, motivado tanto por la mayor cobertura de la información disponible como por el hecho de disponer de algunos trabajos previos realizados por un equipo muy capacitado de la Universidad de Murcia y dentro de una cuenca que se caracteriza por el mayor nexo entre el recurso agua y el auspiciado modelo de desarrollo socio-económico, con un peso significativo de la agri-

cultura, y donde la aportación de caudales externos ha sido una constante junto a una gestión continuada en condiciones de escasez la búsqueda y logros de mayor eficiencia en los usos. Desde el punto de vista metodológico puede considerarse el más completo y muestra claramente, a través de la explotación de la información disponible, generalmente procedente de datos e informes de la propia Confederación del Segura, ordenada según respuestas a cuestiones clave, el potencial de esta evaluación. El ejercicio muestra que se puede profundizar a nivel de cuenca no sólo en los dos parámetros que también son básicos para la funcionalidad de una cuenca, como son el de Intensidad de Usos y de Calidad, antes señalados, sino también adentrarse en una evaluación concreta en cuanto a en que medida se mantiene o no el buen estado de la cuenca para satisfacer ahora y en el futuro las necesidades, en gran parte demandas no necesariamente necesaria.

El ejercicio incluye un análisis no sólo de la mayor o menor eficiencia en el uso de los recursos sino también, y esto es clave del grado de suficiencia de los mismos cara a los usos actuales y previsibles o expectantes.

Un segundo se refiere a las cuencas internas de Cataluña y más en particular a las que abastecen Barcelona y su área Metropolitana, motivado una vez más por la existencia de trabajos previos y de expertos en la materia en departamentos Universitarios y con una tipología diferente a la anterior por cuanto por un lado tiene un mayor peso el abastecimiento y por otro se había planteado originalmente un modelo de gestión basado fundamentalmente en recursos propios de la zona.

El análisis tiene gran interés desde el punto de vista metodológico por cuanto muestra los útiles para evidenciar el papel clave de la calidad en lo referente a recuperar y mantener la funcionalidad de las cuencas y la influencia en esta metodología de establecer el marco estratégico de referencia en donde, en este caso, al principio de eficiencia se suma el de suficiencia y el limitar los recursos en principio a los disponibles en la zona y que posiblemente está en duda en estos momentos.

El último ejercicio se refiere a una subcuenca del Ebro, la del Jalón, en su margen derecha, que se caracteriza, dentro de la cuenca del Ebro, a pesar de su gran extensión ,cercana los 10 000 km², por su régimen más irregular y con menores precipitaciones y caudales, y para la que a pesar de la gran cantidad de datos e información disponible, como es el caso en otras cuencas o subcuencas, no se ha realizado una evaluación en cuanto a sostenibilidad en materia de agua ni de situación y evolución de la funcionalidad que tiene interés a nivel de subcuenca.

El interés metodológico es significativo ya que muestra como se puede ir construyendo las bases para finalmente poder realizar, incluso a nivel de subcuencas,

esta evaluación de sostenibilidad y funcionalidad y de cómo se puede ir orientando y estructurando la información en estos momentos con objetivos más descriptivos para pasar a planteamientos proactivos y de apoyar los cambios necesarios para escenarios con futuro.

7.2. En cuanto a los resultados de las evaluaciones

Como se señaló al principio de este informe y a diferencia de otros trabajos del OSE el objetivo principal no era el de realizar una evaluación exhaustiva de la situación y perspectivas en materia de agua y Sostenibilidad en España relevante para la toma informada y participativa de decisiones para cambiar y mejorar la situación sino animados por dicha finalidad explorar las aproximaciones y desarrollos metodológicos necesarios, como acordado en el Convenio del OSE con la Tribuna del Agua de Expo 2008, que en cualquier caso también en este hay que calibrar en función de su potencial para producir dicha información relevante.

Con esta idea de contraste de la metodología podemos hacer unas consideraciones sobre los resultados de los distintos ejercicios y su interés práctico para el desarrollo y la revisión de políticas del agua:

Relevancia de los Indicadores y de las Evaluaciones basadas en Indicadores

El disponer de un paquete de Indicadores acordado, compatible con los usados por la AEMA a nivel comunitario y útiles también para el seguimiento de la aplicación de la Directiva Marco es clave para favorecer la participación pública, ya que se diseminan, se explican, se repiten, y se normaliza el debate político, ya que una vez contrastados y legitimados evitan, o minimizan, el que los datos y la información se use como arma arrojadiza y dificulte, o disculpe, el llegar a acuerdos o pactos tan necesarios en este tema. Se pueden establecer dichos indicadores como muestra el informe.

Y los indicadores arrojan luz sobre muchos temas

El agua es mucho más que un recurso dada la relevancia territorial, paisajística y ecosistémica del agua en España una de las regiones con mayor biodiversidad, en donde ésta es un activo también socio económico.

En cuanto a la cantidad de recursos disponibles y utilizados. Los indicadores y el análisis general de Sostenibilidad muestran que en general aunque se hace un uso más eficiente del agua y del patrimonio hídrico, de tal manera que los incrementos de caudales extraídos y utilizados es menor que el de la economía medida por el PIB, hay unos incrementos en términos absolutos y estos son mayores en las aguas extraídas que en las utilizadas, lo que muestra que la eficiencia lograda no

es suficiente. La gestión de la demanda es un elemento clave de sostenibilidad.

Los indicadores muestran que en España no hay escasez de recursos en general sino limitación de los mismos, con distinto grado de limitación según los territorios y cuencas, que en todos los casos hay que gestionarlos en condiciones de escasez atendiendo tanto al principio de eficiencia como el de suficiencia.

Como muestra la evolución en precipitaciones, evapotranspiración y humedad de los suelos hay ya impactos asociados al Cambio Climático que seguirán acrecentándose por lo cual tanto la limitación como la vulnerabilidad de los recursos se acrecentará y la sola respuesta es la gestión acrecentada en condiciones de escasez.

En cuanto a calidad: se sigue mejorando la calidad físico-química y biológica de nuestras masas de agua pero no suficientemente como para hablar de una recuperación significativa ni suficiente cara a los desafíos del cambio climático. Hay indicadores que se resisten al cambio y que son clave, como son el incremento continuo de la salinidad, el mantenimiento a niveles elevados de los nitratos y nitritos en particular en las aguas subterráneas, la baja recuperación (hay pocos datos) de la fauna piscícola y riparia o de las riberas, así como de los sotos y las zonas húmedas e inundables.

Relevancia de una evaluación general en materia de sostenibilidad

A las consideraciones derivadas de los Indicadores y que convergen en la Sostenibilidad o insostenibilidad de la situación en cuanto a que no conseguimos un desacoplamiento absoluto en términos del uso de recursos hídricos hay que añadir los análisis sectoriales realizados bajo este criterio y también las aproximaciones a nivel de cuencas.

Estos análisis sectoriales muestran algunos aspectos críticos para la sostenibilidad en el futuro y que implican:

- Planteamientos más ambiciosos en cuanto a los nexos entre agua y agricultura; dado el peso de la agricultura en el uso del agua y en particular en las regiones con mayores limitaciones. No puede ser la necesidad de un replanteamiento a fondo de las políticas agrícolas y de desarrollo rural en donde el agua deje de ser un factor determinante y sería deseable que tampoco fuera limitante, y se liberen recursos para otros usos incluso ambientales.
- Replanteamientos de las políticas territorial y de planificación urbana en donde la urbanización extensiva, según modelos que se alejan de la ciudad compacta, multifuncional y diversa, no sólo no hacen "ciudad" en términos de calidad de vida sino que generan demandas crecientes y muchas veces suntuarias no

compatibles con las limitaciones del recurso; pudiéndose decir lo mismo con respecto al turismo, sobre todo el de segunda residencia.

- Una primera aproximación a nivel de todas las grandes cuencas recurriendo al indicador de Intensidad de Uso (relación entre la aportación real y natural de los ríos) muestra que en la mayoría de las cuencas se superan los llamados umbrales de sostenibilidad, según los cuales el que los caudales reales de los ríos en su desembocadura o en la línea fronteriza o de final de la demarcación sean inferiores al 80% (todos los grandes ríos españoles están por debajo) de los caudales restituidos a condiciones naturales, indica que se entra en situaciones de estrés o de insostenibilidad y que se alcanza una situación clara de insostenibilidad cuando se reducen por debajo del 60% (sólo el Duero lo supera claramente y están en el límite el Tajo y el Ebro, mientras que algunos como el Segura esta por debajo del 10%).

- De la misma forma para las aguas subterráneas el aprovechamiento del recurso está desarrollado de forma muy irregular de unas cuencas a otras, aunque la presión media a escala de Estado es reducida, en torno al 18 %.

Relevancia de los tres ejercicios de evaluación de funcionalidad de cuencas:

El ejercicio para la cuenca del Segura muestra como a pesar de los logros conseguidos en materia de calidad y de eficiencia y productividad del agua, que pueden considerarse ejemplares, la funcionalidad sobre todo en materia de caudales circulantes y aportaciones, debido a los caudales extraídos, puede considerarse como muy disminuida. Esto plantea un fuerte desafío frente al futuro muy dependiente, si continúan las demandas en particular las económicas, de aportaciones exteriores, de otras cuencas o de la desalación, con lo cual el desafío en materia de sostenibilidad es doble, de agua y energía. La opción estratégica de futuro de las regiones de la cuenca, en particular de Murcia, no puede abstraerse de un replanteamiento del desarrollo territorial y de los sectores agrícola, turístico y residencial en donde el agua deje de ser progresivamente el factor determinante (de hecho ya no lo es en muchos casos) e incluso limitante y donde optimizar el binomio agua-energías renovables (gran potencial en la zona) sea una referencia constante.

El ejercicio para las cuencas internas de Cataluña y en particular para las que abastecen Barcelona y su área Metropolitana, muestra la importancia del análisis de funcionalidad de la cuenca incluso con criterios de sostenibilidad de la propia gestión. El ejercicio muestra los logros conseguidos en materia de calidad como elemento clave de la funcionalidad y la situación limita a la que se ha llegado en materia de cantidad, ya que aunque según los datos mostrados en el capítulo 4, el

Llobregat es de los pocos ríos que tienen una intensidad de usos, o relación entre aportación real y natural al mar superior al 80%, se esta al limite en condiciones normales y la situación sería deficitaria como se ha demostrado en emergencias o sequías fuertes y /o prolongadas. En cualquier caso es interesante el ejercicio manteniendo como se hace cara al análisis el principio de suficiencia con recursos de la zona y limitando su ruptura a condiciones extremas donde la aportación de recursos adicionales aunque también de la zona por desalación y con emergías renovables se plantea como opción.

El ejercicio para el Jalón muestra por, el momento, fundamentalmente el potencial de la información disponible que es buena y bien estructurada, para evaluar la sostenibilidad en el uso de los recursos y la funcionalidad de la cuenca para alumbrar políticas de con futuro y clave para considerar nuevos desarrollos de regulación como es el caso actualmente y sobre todo para replantear el desarrollo integral y sostenible de la zona que se ha intentado con poco éxito hasta el momento.

Las pautas marcadas por las evaluaciones piloto anteriores para esta fase beneficiarían mucho la continuación de este ejercicio para alumbrar algunas consideraciones cara al desarrollo integral de la cuenca, muy ligado al agua y al rico patrimonio hídrico, como muestra el análisis.

PLATAFORMA DE COMUNICACIÓN “AGUA Y SOSTENIBILIDAD” DEL OSE

En tanto que el Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE) tiene como misión principal estimular el cambio hacia la Sostenibilidad, proporcionando a la sociedad información relevante y fidedigna, complementariamente a los análisis de los procesos de desarrollo sostenible a través de indicadores publicados en sus diferentes informes genéricos y específicos, se han desarrollado diferentes Plataformas de Comunicación Temáticas que permitirán a cualquier persona interesada encontrar en ellas una adecuada fuente de información para potenciar la gestión del conocimiento sobre los diferentes aspectos que guardan relación directa entre la sostenibilidad en sus múltiples facetas.

Como proyecto emblemático, el OSE ha desarrollado, en colaboración con la Expo Zaragoza 2008, la

Plataforma Agua y Sostenibilidad, mediante la cual es posible encontrar información relevante sobre el tema, gracias a una potente herramienta informática que permite una permanente actualización y mantenimiento de contenidos, disponiendo de apartados especiales para la divulgación de informes, publicaciones, indicadores, etc., que cuenta además con la lógica necesaria para el mantenimiento de una sala de prensa, un apartado pedagógico infantil (portal escolar), el envío automático de noticias a suscriptores, y demás operatividad básica con la que debe contar un portal moderno, entre las que destacan además la realización de foros, blogs y encuestas, lo que le imprime un carácter interactivo, ágil y dinámico configurando de esta forma un punto de encuentro virtual para todos aquellos usuarios potenciales interesados en el tema del Agua y sus implicaciones en el ámbito de la sostenibilidad del desarrollo.

Navegación por varios Grupos de interés:
Ciudadanos, Administración, Empresas, Agricultores,...

Diferentes temas: Agua en el mundo, estado, marco normativo, gestión sostenible, tecnologías, investigación, usos del agua, etc*

Novedades, noticias y envío de las mismas a un nutrido grupo de suscriptores de la Plataforma

Informes, Indicadores, Publicaciones, Datos, Enlaces, etc.

Acceso y enlaces a información georeferenciada mediante tanto del visor propio del OSE, como de otras fuentes del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino.

Enlace a la parte pública del SIA, mediante el Libro Digital del Agua.

* Cada tema cuenta con diferentes subtemas desarrollados en sus respectivos apartados, entre los que se cuentan compromisos, problemática, aguas subterráneas, calidad de las aguas, contaminación, sequías, aprovechamiento, aspectos económicos, efi-

ciencia energética, gestión integral, tratamiento de lodos, planificación hidrológica, políticas y estrategias, reutilización, técnicas de ahorro, tratamiento de aguas residuales, abastecimiento, acuicultura, desalación, trasvases, turismo, agua e industria, etc.

Para acceder a la Plataforma se debe hacer desde nuestra Web, www.sostenibilidad-es.org o mediante el acceso directo a www.sostenibilidad-es.org/Observatorio+Sostenibilidad/esp/plataformas/agua.

ANEXOS

anexos

RELACIÓN DE SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

μS: micro siemens	Km ² : kilómetros cuadrados
μsm: micro	Km ³ : kilómetros cúbicos
ACA: Agencia Catalana del Agua	Kt: kilotoneladas
ACS: Agua Caliente Sanitaria	KWh: Kilovatio-hora
ACV: Análisis de Ciclo de Vida	LB-PHN: Libro Blanco-Plan Hidrológico Nacional
AEAS: Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento	LIC: Lugares de Importancia Comunitaria
AEMA: Agencia Europea de Medio Ambiente	MAPYA: Ministerio de Agricultura, pesca y Alimentación
C ₂ Cl ₄ : percloro etileno	MAS: Masa de agua subterránea
CCAA: Comunidades Autónomas	Mm: milímetros
CEE: Comunidad Económica Europea	MMA: Ministerio de Medio Ambiente
CH-CEDEX: Centro de Estudios Hidrográficos- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas	msnm: metros sobre el nivel del mar
CHS: Confederación Hidrográfica del Segura	N ₂ : Nitrógeno
CLC: Corine Land Cover	OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
CLD: Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación	OCMs: Organizaciones Comunes de Mercado
CO ₂ : Dióxido de carbono	OCC: Organismos Autónomos
CUAS: Comunidades de Usuarios de Aguas Subterráneas	OPER: Puesta en Riego Urgente
DAS: Directiva de Protección del Agua Subterránea contra la Contaminación	OT: Ordenación Territorial
DBO ₅ : Demanda Bioquímica de Oxígeno	OSRM: Observatorio de la Sostenibilidad de la Región de Murcia
DIRCE: Directorio Central de Empresas del Instituto Nacional de Estadística	P ₂ O ₅ : Pentaóxido de fósforo
DMA: Directiva Marco de Aguas	PAC: Política Agraria Comunitaria
DQO: Demanda química de oxígeno	PCE: Percloro etileno
EDAR: Estación Depuradora de Aguas Residuales	PES: Plan Eventual de Sequía
EE.UU: Estados Unidos	PHCS: Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura
ERHIN: Estudio de los recursos hídricos derivados de la innivación en alta montaña	PHN: Plan Hidrológico Nacional
ESYRCE: Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos	PHN: Plan Hidrológico Nacional
ETP: Evapotranspiración	PNR: Plan Nacional de Regadíos
FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación	R: Recurso
FPEIR: Fuerzas Motrices-Presión-Impacto-Respuesta	RD: Real Decreto
GWh: Gigavatio-hora	Red ICA: Red Integrada de Calidad de las Aguas
Ha: hectárea	Red SAICA: Red de Estaciones Automáticas de Alerta de la Calidad del Agua
HC ₂ Cl ₃ : Tricloro etileno	SAIH: Sistema Automático de Información Hidrológica
Hm ³ : hectómetros cúbicos	SEC: Sistema Europeo de Cuentas
IBS: Índice de Bienestar Social	SIA: sistema Integrado de Información del Agua
IDH: Índice de Desarrollo Humano	SIMPA: Simulación Precipitación-Aportación
IDR: Instituto de Desarrollo Regional	TCE: tricloro etileno
IGEM: Instituto Geológico y Minero de España	UCLM: Universidad de Castilla-La Mancha
IGN: Instituto Geográfico Nacional	UE-15: Unión Europea de los quince
QBR: calidad del bosque de ribera	UE-25: Unión Europea de los veinticinco
INE: Instituto Nacional de Estadística	VAB: Valor Añadido Bruto
IPA: Índice de Pobreza del Agua	VAA: Varios Autores
	ZEC: Zonas Especiales de Conservación
	ZEPA: Zonas de Especial Protección para las Aves
	RMB: Red Metropolitana de Barcelona

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Catalana Agua, 2005. Documento IMPRESS. Artículo 5 de la DMA.
- Agencia Catalana Agua, 2008. Bases per a un model de gestió de l'aigua a Catalunya [2007-2025].
- Agencia Europea de Medio Ambiente, 2004. El agua en Europa: una evaluación basada en indicadores
- Agencia Europea de Medio Ambiente, 2006. Uso sostenible del agua en Europa. Fenómenos hidrológicos extremos: inundaciones y sequías.
- Antoranz, M^a.A. y Martínez Gil, F.J. 2003. El agua y la educación ambiental, hacia una nueva cultura del agua. En Agua y Educación Ambiental: nuevas propuestas para la acción. Págs. 43 a 60. CAM, Caja de Ahorros del Mediterráneo. Murcia.
- Antoranz, M^a. A. et al. 2004. El agua en los libros de texto de niveles no universitarios. Una Nueva Cultura del Agua para el Duero. Curso de Verano. Universidad de Burgos.
- Barberán, R. y Egea, P. 2006. Análisis económico de los costes de la conservación de la naturaleza. Ed. CEDDAR
- Bird, J.; Wallace, P. 2001. Dams and development – An insight to the report of the World Commission on Dams. Irrigation and Drainage, 50, 53-64.
- Cánovas Cuenca, J. 2008. Modernización de los regadíos. Ahorro de agua. Foros de ciencia y tecnología. Jornada sobre ahorro, eficiencia en el uso del agua y gestión de la demanda. Alcalá de Henares, Marzo de 2008.
- Capellades, M.; Rivera, M.; Saurí, D. 2002. Luces y sombras en la gestión de la demanda urbana de agua: el caso de la Región Metropolitana de Barcelona. En: III Congreso Ibérico de Planificación y Gestión de Aguas. Fundación Nueva Cultura del Agua. Sevilla. 13-17. Noviembre de 2002.
- Carreño, M. F.; Esteve, M. A.; Martínez, J.; Palazón, J. A.; Pardo, M.T., 2008. Dynamics of coastal wetlands associated to hydrological changes in the watershed. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 77, 475- 483.
- Centro de Investigaciones Sociológicas, 2005. Ecología y medio ambiente. Estudio nº 2.590. Disponible en www.cis.es
- Centro de Investigaciones Sociológicas, 2007. Ecología y medio ambiente III. Estudio nº 2.682. Disponible en: www.cis.es
- Codina Roig, J. 2002. Los sistemas colectivos de gestión de aguas subterráneas y la legislación vigente. Ejemplo de Cataluña. Régimen jurídico de las aguas subterráneas. Editores: Silvia de Saz, Juan M^a Fornés, M. R. Llamas. Fundación Marcelino Botín. Páginas 267- 278. Murcia
- Comisión Europea, 2003. Guía WATECO de análisis económico para la DMA
- Comisión Europea, 2005. Reporting Sheets for 2005. Reporting V 5.0., CE 2004.
- Confederación Hidrográfica del Ebro, 1996. Gestión ambiental de los embalses de la cuenca del Ebro.
- Confederación Hidrográfica del Ebro, 1998. Usos lúdicos en los embalses de la Cuenca del Ebro
- Confederación Hidrográfica del Ebro, 2004. Valoración económica preliminar de las funciones ambientales del agua en la cuenca del Ebro.
- Confederación Hidrográfica del Ebro, 2006. Control del Estado de Masas de Aguas Superficiales 2005.
- Confederación Hidrográfica del Ebro, 2007. Control del Estado de Masas de Aguas Superficiales 2006,
- Confederación Hidrográfica del Ebro, 2007. Medidas Propuestas para el Plan Hidrológico de la Cuenca del Jalón.
- Confederación Hidrográfica del Ebro, 2007. Plan Hidrológico de la Cuenca del Jalón. Documentación de base.
- Confederación Hidrográfica del Ebro, 2007. Redes de Control de la Calidad de Aguas Subterráneas. Fichas Hidroquímicas.
- Confederación Hidrográfica del Ebro, 2007. Zonas acuíferas afectadas por la contaminación o en riesgo de estarlo.
- Confederación Hidrográfica del Ebro, 2008. Fichas de estaciones de seguimiento de la calidad de las aguas superficiales (diversas),
- Confederación Hidrográfica del Guadiana. Revisión del Plan Hidrológico de la Cuenca del Guadiana.
- Confederación Hidrográfica del Júcar, 2004. Júcar Pilot River Basin. Provisional Article 5 Report.
- Confederación Hidrográfica del Segura, 1997. Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura. Confederación Hidrográfica del Segura. Ministerio de Medio Ambiente.
- Confederación Hidrográfica del Segura, 2005. Demarcación Hidrográfica del Segura. Informe de los artículos 5, 6, y 7 de la Directiva Marco de Agua. Confederación Hidrográfica del Segura. Ministerio de Medio Ambiente.
- Confederación Hidrográfica del Segura, 2006. Muestreo y análisis de la red Oficial de Aguas Subterráneas de la cuenca del Segura. Ministerio de Medio Ambiente.
- Confederación Hidrográfica del Segura, 2007a. Estudio general sobre la Demarcación Hidrográfica del Segura. Julio de 2007. Confederación Hidrográfica del Segura. Ministerio de Medio Ambiente.
- Confederación Hidrográfica del Segura, 2007b. Plan Especial ante Situaciones de Alerta y Eventual Sequía de la Cuenca del Segura (PES). Confederación Hidrográfica del Segura. Ministerio de Medio Ambiente.
- Consejo Económico y Social CES, 1996. Recursos Hídricos y su importancia en el desarrollo de la Región de Murcia. Consejo Económico y Social de la Región de Murcia.
- Corominas Masip, J. 2001. El papel económico de las aguas subterráneas en Andalucía. En la economía del agua subterránea y su gestión colectiva. Edic. Mundi-Prensa pp. 111-141.
- Corominas, J. 1999. Los regadíos de Andalucía después de la sequía y ante la Agenda del 2000. En: P. Arrojo y F.J. Martínez Gil (coords). El agua a debate desde la Universidad. Hacia una nueva cultura del agua. Zaragoza. Institución Fernando el Católico. Diputación de Zaragoza.
- Ecologistas en Acción, 2007. Educación y ecología: el currículum oculto y antiecológico de los libros de texto. Editorial Popular, Madrid.
- Espinosa, M.I., Vidal-Abarca, M.R.; Suárez, M.L. 2001. Comparative study of water physicochemical quality of the rivers and streams of the Segura basin (SE of Spain). Symposium for European Freshwater Sciences: SEFS-2. University Paul Sabatier. 8-12 July 2001, Toulouse (Francia).
- EUROPARC-España, 2006. Anuario 2005 EUROPARC-España del estado de los espacios naturales protegidos.
- Fernández Sánchez, J.A, 2008. Las aguas subterráneas en la gestión hídrica: evolución histórica y tendencias. IX SIMPOSIO DE HIDROGEOLOGÍA. Elche, 28-30 de enero de 2008.

- **Fundación BBVA, 2007.** Actitudes sociales de los españoles hacia la energía y el agua. Disponible en: http://www.aop.es/informes/presentacion_energia_agua.pdf
- **Fundación Nueva Cultura del Agua, 2007.** Informe de seguimiento de la aplicación de la Directiva Marco del Agua en España
- **IESA, 2007.** Ecobarómetro de Andalucía 200. Disponible en: http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Educacion_Y_Participacion_Ambiental/Sensibilizacion/Ecobarometro/EBA_2007_Informe_Sintesis.pdf.
- **INITEC, 2006.** Establecimiento de la red provisional de estaciones de referencia en ríos y embalses en aplicación de la Directiva Marco de Aguas en la Cuenca del Segura. Documento de Síntesis. Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General del Agua. Noviembre 2006.
- **Institute for Prospective Technological Studies, 1997.** Towards a sustainable/strategic management of water resources: evaluation of present policies and orientations for the future. European Commission. General Directorate XVI. Institute For Prospective Technological Studies. Joint Research Centre. Technical report.
- **Instituto Aragonés de Estadística, Varios años.** Guía de Servicios Turísticos de Aragón.
- **Instituto Geográfico Nacional, 2000.** Proyecto Corine Land Cover.
- **Instituto Geológico y Minero de España, 2000.** Estado de la intrusión de agua de mar en los acuíferos españoles.
- **Instituto Geológico y Minero de España, 2002.** Inventario Nacional de Balsas de Residuos Mineros.
- **Instituto Nacional de Estadística, 1999.** Censo Agrario.
- **López Geta, J. A y López Vera, F, 2006.** Estado del conocimiento de las aguas subterráneas en España. Boletín Geológico y Minero. Vol 117. nº 1 pp. 89-114.
- **López Gunn, E.; Martínez Cortina, L. 2006.** Is self-regulation a myth? Case study on Spanish groundwater user associations and the role of higher-level authorities. Hydrogeology Journal Volume 14 number 3 marzo 2006. Páginas 361-379.
- **López Vera, F, 2007b.** La sostenibilidad del regadío con agua subterránea. Rev. La Tierra del agricultor y ganadero. Cuadernos UPA nº.11 pp 35-40.
- **López Vera, F, de Cisneros Britto, J.C 2008.** El Grupo de trabajo del agua subterránea: Experiencia de participación. En : Ciudadanos y Usuarios en la Gestión del Agua. XIII Jornadas de Derecho de Aguas. Univ. De Zaragoza. Edit. Antonio Embid de Irujo.
- **López Vera, F. 2007a.** Actualidad y futuro de las aguas subterráneas en la gestión del Dominio Público Hidráulico. Jornadas sobre la Gestión del Dominio Público Hidráulico subterráneo. Univ. De Burgos pp 7-24.
- **López-Vera, F, de Cisneros Britto, P. 2006.** La Gestión del agua subterránea en España una propuesta desde la Participación. VIII Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea. Asunción Paraguay. 22 pag.
- **Maestu, J.; Mario Gómez, C.; Gutiérrez, C.; Martínez Valderrama, J., 2007.** El agua en la economía española: situación y perspectivas. Informe integrado del análisis económico de los usos del agua. Artículo 5 y Anejos II y III de la Directiva Marco de Agua. Ministerio de Medio Ambiente.
- **Martínez Fernández y Esteve Selma, 2002.** Agua, regadío y Sostenibilidad en el Sudeste Ibérico. Bilbao. Bakeaz-Fundación Nueva Cultura del Agua.
- **Martínez Fernández, J., M.A. Esteve Selma, J.F., Calvo Sendín, 2000.** Environmental and socioeconomic interactions in the evolution of traditional irrigated lands: a dynamic system model. Human Ecology, 28, 279-299.
- **Martínez Fernández, J.; Esteve Selma, M.A. 2005.** Recursos hídricos y vulnerabilidad socioambiental en sistemas áridos: el caso de la cuenca del Segura. Indicadores y metodologías para el uso sustentable del agua en Iberoamérica. CYTED. Mendoza. (Argentina). pp. 155-167.
- **Martínez Gil, F. J. 2006.** Las sequías en España, un fenómeno recurrente. Disponible en: <http://www.unizar.es/fnca/duero/docu/cz1.pdf>.
- **Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2000.** Encuesta piloto de consumo de fertilizantes por comunidad autónoma.
- **Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2000.** Encuesta piloto de consumo de fertilizantes por comunidad autónoma.
- **Ministerio de Medio Ambiente (1991 y 1995).** Datos de ocupación del suelo.
- **Ministerio de Medio Ambiente 2001, 2002 y 2003.** Registro estatal de emisiones y fuentes contaminantes (EPER-España).
- **Ministerio de Medio Ambiente 2001, 2002 y 2003.** Registro estatal de emisiones y fuentes contaminantes (EPER-España).
- **Ministerio de Medio Ambiente e Instituto Tecnológico Geominero de España, 2000.** Identificación de acciones y programación de actividades de recarga artificial de acuíferos en las cuencas intercomunitarias.
- **Ministerio de Medio Ambiente Holandés Norma Holandesa NVN 2820.** VRMO T-3.5/98.9 GTF- Compostering.
- **Ministerio de Medio Ambiente y Gobierno de Navarra, 2002.** Plan Hidrológico piloto de la cuenca del Cidacos. Aplicación del análisis económico establecido por la DMA.
- **Ministerio de Medio Ambiente y Universidad Autónoma de Madrid, 2006.** La gestión de las aguas subterráneas: propuesta desde la participación.
- **Ministerio de Medio Ambiente, 1991 y 1995.** Datos de ocupación del suelo.
- **Ministerio de Medio Ambiente, 1998.** Catalogo de acuíferos con problemas de sobreexplotación o salinización
- **Ministerio de Medio Ambiente, 1998.** Programa de ordenación de acuíferos sobreexplotados / salinizados. Serie monografías.
- **Ministerio de Medio Ambiente, 2000.** Libro blanco del Agua en España.
- **Ministerio de Medio Ambiente, 2001.** Caracterización de las fuentes agrarias de contaminación de las aguas por nitratos. Centro de publicaciones, Secretaria General Técnica.
- **Ministerio de Medio Ambiente, 2003.** El estado del medio ambiente y su evolución.
- **Ministerio de Medio Ambiente, 2004.** Manual para la identificación de las presiones y análisis del impacto en aguas superficiales.
- **Ministerio de Medio Ambiente, 2005.** Análisis técnico y socioeconómico de los usos del agua en las actividades agraria y pesquera. Proyección económica de los usos del agua. Sector Pesquero.
- **Ministerio de Medio Ambiente, 2006.** Estado y evolución del medio ambiente.
- **Ministerio de Medio Ambiente, 2006.** Síntesis de la información remitida por España para dar cumplimiento a los artículos 5 y 6 de la Directiva Marco del Agua, en materia de aguas subterráneas. Clave 21.803.685/0411. Ref. cronológica 5/2006. Actualización del informe de enero de 2008.
- **Ministerio de Obras Públicas Transportes y Medio Ambiente -IGME, (1994).** Libro Blanco de las Aguas Subterráneas.
- **MOPTMA, 1994.** Libro Blanco de las Aguas Subterráneas. Madrid.

- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 2004. Análisis de los resultados medioambientales, España.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 2008. Análisis de los resultados medioambientales (revisión intermedia), España.
- OMS, 2006. Guidelines for drinking-water quality. 3ª ed.
- Prat, N. & Esteban, A. 2005. Sustainable alternatives of water management in urbana reas of Mediterranean countries. The example of the greater Barcelona Region. International Conference on SustainableDevelopment of Energy, Water and Environment Systems. Dubrovnik, 6-10 June 2005.
- Prat, N. & Estevan, A. 2004. Alternativas para una gestión sostenible del agua en Catalunya. Ambients (Diciembre 2004), 33-40.
- Prat, N. 2004. La Nova Cultura de l'Aigua: gènesi i conceptes. Revista SAM (Diputació de Barcelona). nº 11 pp: 7-13 (El número 11 de la revista SAM es un especial dedicado a la Nueva Cultura del Agua).
- Suárez, M.L., M.R. Vidal-Abarca, J.F. Calvo, J.A. Palazón, M. A. Esteve, R. Gómez, A. Giménez, J.A. Pujol, J.A. Sánchez, M. Pardo, J. Contreras y L. Ramírez, 1996. Zone Humide d'Ajauque-Rambla Salada, Espagne. En: Management of Mediterranean Wetlands. Vol 3. pp. 39-55.
- Torra Ochoa, P, 2001. El papel económico de las aguas subterráneas en Murcia. En la economía del agua subterránea y su gestión colectiva. Edic. Mundi-Prensa pp. 211-239.
- United Nations, 1971. Convention on Wetland of International Importance Especially as Waterfowl Habitat. Ramsar.
- Varios Autores, 2001. Las Ramblas de la Región de Murcia. Caracterización preliminar. Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Agua & Fundación Universidad-Empresa, Murcia.
- Vera Muñoz, 1990. Notas sobre el regadío de la Región de Murcia. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. CESIC. Murcia.
- VVAA, 2007. El cambio climático en España. Estado de Situación. Documento Resumen. Documento resumen del Informe elaborado por expertos en cambio climático para el Presidente del gobierno http://www.Ministerio de Medio Ambiente.es/portal/secciones/cambio_climatico/pdf/ad_hoc_resumen.pdf.

Legislación:

- Decreto Legislativo 1/2004, de 27 de julio, por el que se aprueba el Texto Refundido de las Tasas de la Comunidad Autónoma de Aragón.
- Directiva 2006/118/CE del Parlamento Europeo y Consejo, del 12 de diciembre relativa a la protección de las aguas subterráneas frente a la contaminación y el deterioro.
- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuaciones en el ámbito de la política de aguas.
- Directiva 98/83/CE del Consejo de las Comunidades Europeas, de 3 de noviembre de 1998, relativa a la calidad de las aguas destinadas a consumo humano, transposición por el RD. 140/2003.
- Directiva 96/61/CE del Consejo de las Comunidades Europeas, de 24 de septiembre de 1996, relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación.
- Directiva 92/43/CEE del Consejo de las Comunidades

- Europeas, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitat naturales y de la fauna y flora silvestres.
- Directiva 91/676/CEE del Consejo de las Comunidades Europeas, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en agricultura.
- Ley 2/1999, de 24 de febrero, de Pesca en Aragón.
- ORDEN de 26 de marzo 2008, del Departamento de Medio Ambiente, por la que se aprueba el Plan General de Pesca de Aragón para el año 2008.
- Real Decreto 149/2003, de 7 de febrero, por el que se establece los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. (BOE 21 de febrero).
- Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica.
- Ley de Aguas (Texto Refundido versión vigente en mayo de 2008).

Páginas web:

- www.mma.es/portal/secciones/acm/aguas_continent_zonas_asoc/sia/index.htm , Libro Digital del Agua, antiguo Ministerio de Medio Ambiente, visitas marzo 2008.
- <https://alba.aragon.es/inaelic/> , Estadísticas de Licencias de Caza y Pesca, Instituto Aragonés de Gestión Ambiental, visita mayo 2008.
- www.chebro.es , Sistema de Información Territorial del Ebro, SITEBRO, Confederación Hidrográfica del Ebro, visitas mayo 2008.
- www.fnca.unizar.es Fundación Nueva Cultura del Agua.
- www.gencat.net/AcaACA:
- www.ine.es , Censo de Población y viviendas, años 1991 y 2001 y Padrón Municipal (varios años), Instituto Nacional de Estadística, visitas octubre-diciembre 2007.
- www.mviv.es Estimación del parque de viviendas (varios años), Ministerio de la Vivienda, visitas octubre-diciembre 2007.
- www.sinac.es Sistema de Información de Aguas de Consumo, SINAC, Ministerio de Sanidad y Consumo, visitas febrero 2008.

RELACIÓN DE FIGURAS, TABLAS Y MAPAS

Índice de Figuras

Capítulo 2

- Figura 2.1. La gestión del agua con vistas aun desarrollo sostenible.
- Figura 2.2. Sistema de indicadores de agua SIA.

Capítulo 3

- Figura 3.1. Distribución de las principales clases de cobertura del suelo en España. Año 200. Clasificación CLC Nivel 1.
- Figura 3.2. Distribución de coberturas en España en el año 2000 (% de superficie total). Clasificación LEAC.
- Figura 3.3. Superficie de cobertura implicada en algún tipo de transformación, 1987-2000. Clasificación LEAC.
- Figura 3.4. Perfiles longitudinales de los ríos más largos
- Figura 3.5. Mapa de la red fluvial básica y divisorias de las grandes cuencas
- Figura 3.6. Producto Interior Bruto per cápita por Comunidades Autónomas (CCAA). Año 2007
- Figura 3.7. Evolución de la población de derecho por autonomías 1998/2007 1998=100
- Figura 3.8. Participación de la construcción en el PIB. Año 1990- 2007
- Figura 3.9. Peso del sector primario en el VAB por comunidades autónomas. Año 2007
- Figura 3.10. Índice Mundial de pobreza del agua

Capítulo 4

- Figura 4.1. Clasificación de los indicadores de aguas superficiales según el esquema FPEIR
- Figura 4.2. Precipitación
- Figura 4.3. Temperatura
- Figura 4.4. Evapotranspiración (ETP)
- Figura 4.5. Densidad de población
- Figura 4.6. Concentración de la población
- Figura 4.7. Noches de estancia turística
- Figura 4.8. Superficie de cultivos
- Figura 4.9. Superficie de cultivos intensivos
- Figura 4.10. Numero de cabezas de ganado
- Figura 4.11. Valor Añadido Bruto de la industria
- Figura 4.12. Valor Añadido Bruto de la industria más contaminante
- Figura 4.13. Evolución del agua distribuida
- Figura 4.14. Demandas
- Figura 4.15. Dotaciones en el abastecimiento urbano
- Figura 4.16. Consumo de fertilizantes
- Figura 4.17. Consumo de pesticidas
- Figura 4.18. Índice de humedad
- Figura 4.19. Anomalía de precipitación
- Figura 4.20. Anomalía de temperatura
- Figura 4.21. Anomalía de evapotranspiración (ETP)

- Figura 4.22. Humedad del suelo
- Figura 4.23. Recursos hídricos naturales
- Figura 4.24. Reservas Nivales
- Figura 4.25. Almacenamiento de embalses
- Figura 4.26. Caudales en ríos
- Figura 4.27. Índices de explotación y consumo
- Figura 4.28. Relación VAB-Consumo de agua
- Figura 4.29. Estado Hidrológico
- Figura 4.30. Cumplimiento de objetivos ambientales. Estado de masas de agua superficiales (riesgo)
- Figura 4.31. Contaminación orgánica (DBO5)
- Figura 4.32. Grado de conformidad EDAR
- Figura 4.33. Superficie de aridez
- Figura 4.34. Inversión medidas oferta. Inversiones totales
- Figura 4.35. Inversión en depuración. Inversiones totales
- Figura 4.36 y 4.37. Nuevas presas en explotación y Número presas en activo
- Figura 4.38. Capacidad de embalse
- Figura 4.39. Volumen total de agua reutilizada
- Figura 4.40. Volumen de agua desalada
- Figura 4.41. Eficiencia red de distribución
- Figura 4.43 y 4.43. Precio agua (uso doméstico) y precio agua (uso industrial)
- Figura 4.44. Evolución superficie Red Natura
- Figura 4.45. Intrusión marina
- Figura 4.46. Cumplimiento de objetivos ambientales. Estado de masas de agua subterráneas (riesgo)
- Figura 4.47. Nitratos en aguas subterráneas

Capítulo 5

- Figura 5.1. Captación y uso del agua en España en 2001 (hm³)
- Figura 5.2. Requerimientos y productividad aparente de los servicios del agua en la economía española
- Figura 5.3. Evolución de la superficie regada según sistema de riego
- Figura 5.4. Poner título
- Figura 5.5. Disminución de la aportación total a largo plazo según escenarios climáticos. Escenario 1
- Figura 5.6. Disminución de la aportación total a largo plazo según escenarios climáticos. Escenario 2
- Figura 5.7. Aportaciones anuales (hm³) en régimen anual en la PI (azul) y media móvil (10 años)
- Figura 5.8. Intensidad de uso: relación entre aportación real y aportación natural (%)
- Figura 5.9. Ciclos vitales
- Figura 5.10. Porcentaje de masas de agua artificiales y muy modificadas
- Figura 5.11. Porcentaje de masas de agua superficiales sin riesgo.
- Figura 5.12. Porcentaje de masas de agua subterráneas sin riesgo.

Capítulo 6

- **Figura 6.1.** Localización de la cuenca del Segura
- **Figura 6.2.** Masas de agua identificadas en la Demarcación del Segura en aplicación de la DMA
- **Figura 6.3.** Evolución de las aportaciones naturales en la Demarcación del Segura entre 1931 y 2007
- **Figura 6.4.** Volumen anual del trasvase Tajo-Segura
- **Figura 6.5.** Evolución histórica del regadío en la cuenca del Segura
- **Figura 6.6.** Evolución de la población total en la demarcación del Segura
- **Figura 6.7.** Masas de agua subterránea con presión significativa ($k > 1$) por impedir atender las funciones ambientales asignadas a las mismas
- **Figura 6.8.** Esquema de la espiral de insostenibilidad alentada por las expectativas generadas en torno a cada nuevo proyecto hidráulico para aumentar la oferta de recursos hídricos en la cuenca del Segura
- **Figura 6.9.** Evolución de los recursos anuales superficiales disponibles para regadío en la Cuenca del Segura, incluyendo la aportación del Trasvase, y de la demanda agrícola total
- **Figura 6.10.** Sobreexplotación global de los acuíferos de la cuenca durante el periodo 1930-1995, estimada por diferencia entre los recursos renovables anuales totales y el consumo agrario total, y ajuste exponencial de la misma. (r^2 ajust. = 0,72, $p < 0,0001$)
- **Figura 6.11.** Masas de agua tipo río delimitadas en aplicación de la Directiva Marco de Agua y canalizaciones artificiales de los sistemas Mancomunidad de Canales del Taibilla y conducciones del Post-trasvase Tajo-Segura
- **Figura 6.12.** Ubicación de los manantiales inventariados en la Demarcación del Segura
- **Figura 6.13.** Regadíos situados dentro y fuera de fluviosoles
- **Figura 6.14.** Cambios en los hábitat del humedal Marina del Carmolí, en la ribera del Mar Menor, entre 1984 y 2001.
- **Figura 6.15.** Evolución entre 1984 y 2001 del indicador del interés del conjunto de humedales del Mar Menor desde la perspectiva de la Directiva Hábitat
- **Figura 6.16.** Evolución de la conductividad entre 1979 y 2007 en tres estaciones del río Segura situadas en la Vega Alta (Minas y Salmerón), Vega Media (Contraparada) y Vega Baja (Rojales)
- **Figura 6.17.** Localización de las masas de agua tipo río con presiones significativas por extracciones
- **Figura 6.18.** Masas de agua tipo río, lagos y embalses delimitadas en aplicación de la Directiva Marco de Agua y espacios protegidos en la Demarcación del Segura. ENP: Espacio Natural Protegido; LIC: Lugar de Importancia Comunitaria; ZEPA: Zona Especial de Protección de las Aves
- **Figura 6.19.** Índice QBR a lo largo de las estaciones situadas en el río Segura en invierno y en verano. Se muestra el perfil longitudinal del río y los nombres de las estaciones
- **Figura 6.20.** Masas de agua con alteraciones hidromorfológicas por encauzamientos, presas y azudes
- **Figura 6.21.** Índice IBMWP a lo largo de las estaciones situadas en el río Segura en invierno y en verano. Se muestra el perfil longitudinal del río y los nombres de las estaciones
- **Figura 6.22.** Evaluación provisional de las masas de agua tipo río
- **Figura 6.23.** Evolución de las aportaciones anuales a la cuenca y desembalses totales
- **Figura 6.24.** Riego localizado en la Región de Murcia
- **Figura 6.25.** Evolución del consumo de agua en los hogares (l/hab.día) en la Región de Murcia entre 1996 y 2005
- **Figura 6.26.** Evolución del porcentaje de pérdidas en las redes de abastecimiento urbano en la Región de Murcia.
- **Figura 6.27.** Evolución entre 1979 y 2007 de la demanda biológica de oxígeno en los tramos alto (Minas y Salmerón), medio (Contraparada) y bajo (Rojales) del río Segura
- **Figura 6.28.** Evolución del volumen autorizado de vertidos urbanos en la Demarcación del Segura
- **Figura 6.29.** Evolución mensual del Índice de Estado respecto a la sequía
- **Figura 6.30.** Evolución entre 1986 y 2004 del número de unidades hidrogeológicas diagnosticadas con sobreexplotación y el número de las que tenían una declaración oficial provisional de sobreexplotación en la Demarcación del Segura
- **Figura 6.31.** Densidad de estaciones de (n° estaciones / 1.000 km²) de distintas redes de control en la Demarcación del Segura y comparación con la densidad media en el conjunto de demarcaciones. ICA: Red Integrada de la Calidad de las Aguas; COCA: Red para el control indirecto de vertidos; SAICA: Red de Estaciones automáticas de Alerta de la calidad del agua; Peligrosas: Red de control de sustancias peligrosas (sustancias preferentes); Subterráneas: Red de control de calidad de las aguas subterráneas
- **Figura 6.32.** Cuenca de los ríos de las cuencas internas de Cataluña. La región metropolitana de Barcelona se abastece de las cuencas del Ter, Besòs, Tordera, Llobregat y Foix
- **Figura 6.33.** Relación entre precipitación y escorrentía en las Cuenca internas de Cataluña
- **Figura 6.34.** Mapa de Cataluña con los embalses existentes. Los que abastecen Barcelona son los de los ríos Ter y Llobregat
- **Figura 6.35.** Precipitaciones y aportaciones mensuales al embalse de Sau desde el año 1980 a 1990
- **Figura 6.36.** Red de abastecimiento de agua de Cataluña. La red correspondiente a la región de Barcelona se sitúa en la parte central y actualmente aun está desconectada de la red que proviene del Ebro
- **Figura 6.37.** Masas de agua subterránea de Barcelona y su región metropolitana, utilizadas para el abastecimiento urbano e industrial
- **Figura 6.38.** Situación general y ríos de la subcuenca del Jalón
- **Figura 6.39.** Ecotipos de las masas de agua fluviales de la cuenca del Jalón
- **Figura 6.40.** Desembocadura del Jalón en 1927
- **Figura 6.41.** Desembocadura del Jalón en 2006
- **Figura 6.42.** Grupos de masas de agua en la cuenca del Jalón
- **Figura 6.43.** ZEPA's incluidas en el registro de zonas protegidas del río Jalón
- **Figura 6.44.** LIC's incluidos en el registro de zonas protegidas del río Jalón
- **Figura 6.45.** Sub-Unidades de demanda urbana y principales poblaciones de la subcuenca del Jalón
- **Figura 6.46.** Aguas subterráneas afectadas por la contaminación por nitratos
- **Figura 6.47.** Riesgo de salinidad en aguas superficiales
- **Figura 6.48.** Selección de azudes del río Jalón. Del total de 370 azudes inventariados se han seleccionado 53
- **Figura 6.49.** Centrales hidroeléctricas en funcionamiento y piscifactorías de la cuenca del río Jalón

Índice de Tablas

- **Tabla 3.1.** Evolución de los principales cambios de ocupación del suelo en España, 1987-2000.
- **Tabla 4.1.** Indicadores de presión sobre el agua subterránea
- **Tabla 4.2.** Indicadores de impacto sobre el agua subterránea.
- **Tabla 5.1.** Evaluación del riesgo de no alcanzar los objetivos de buen estado químico y cuantitativo de las masas de agua subterránea de acuerdo con los anexos 5 y 6 de la DMA. Enero de 2008.
- **Tabla 5.2.** Situación registral de los aprovechamientos de aguas subterráneas
- **Tabla 5.3.** Comparación entre aportaciones medias anuales ($\text{Hm}^3/\text{año}$) según modelo LB-PHN, período 1940-1995, y el ampliado hasta 2005/06, y desviaciones
- **Tabla 5.4.** Emisiones de CO_2 en el ciclo del agua urbana. Sistemas con emisiones equivalentes. Datos en kg de CO_2 por m^3 de agua urbana en el punto de uso.
- **Tabla 5.5.** Uso del agua en España por fuentes y usos principales. Año 2005. $\text{hm}^3/\text{año}$.
- **Tabla 5.6.** Primera aproximación a los consumos eléctricos en los usos del agua en España. 2005.
- **Tabla 5.7.** Primera aproximación a las emisiones de CO_2 en los usos del agua en España. Año 2005.
- **Tabla 6.1.** Estimaciones de regadío total en la cuenca del Segura
- **Tabla 6.1.** Estimaciones de regadío total en la cuenca del Segura
- **Tabla 6.3.** Características de los ríos que cruzan o abastecen el Área Metropolitana de Barcelona
- **Tabla 6.4.** Categorías de masas de agua en las cuencas de las que se extrae agua para el abastecimiento de la zona metropolitana de Barcelona. Se indica el número de masas de agua y (entre paréntesis) el porcentaje de masas de agua que se encuentran en muy buen y buen Estado Ecológico (que cumplen los objetivos de la Directiva Marco del Agua)
- **Tabla 6.5.** Calidad biológica, hidromorfológica y físico-química según las estaciones analizadas en los ríos de las cuencas internas de Cataluña.. Se indica el porcentaje de masas de agua que se encuentran en muy buen y buen Estado Ecológico (cumplen objetivos de la Directiva Marco del Agua)
- **Tabla 6.6.** Estado ecológico de las masas de agua costeras correspondientes a los ríos que abastecen el área metropolitana de Barcelona
- **Tabla 6.7.** Calidad en función de los diferentes indicadores de DMA
- **Tabla 6.8.** Indicadores de calidad de la flora acuática: fitobentos.
- **Tabla 6.9.** Indicadores de calidad de macrófitos
- **Tabla 6.10.** Fauna bentónica de invertebrados: Valores del índice IBMWP de los análisis de los años 2004 y 2005 e índice IASPT 2005.
- **Tabla 6.11.** Evolución de la población (n° habitantes) y del n° de viviendas en la subcuenca del Jalón en los últimos años.
- **Tabla 6.12.** Grado de cumplimiento de los objetivos de calidad de las estaciones de la red abasta entre los años 2002 y 2005.
- **Tabla 6.13.** Población expuesta a problemas en el agua de consumo humano
- **Tabla 6.14.** Clasificación de la calidad de las aguas para riego según FAO
- **Tabla 6.15.** Conductividad de las aguas superficiales en la subcuenca del Jalón
- **Tabla 6.16.** Conductividad de las aguas subterráneas en la subcuenca del Jalón
- **Tabla 6.17.** Oferta de alojamientos asociada a masas de agua en la subcuenca del Jalón.
- **Tabla 6.18.** Usuarios lúdicos en embalses
- **Tabla 6.19.** Visitas a masas de agua río según ecotipos
- **Tabla 6.20.** Potencial de visitantes a masas de agua río en la subcuenca del Jalón.
- **Tabla 6.21.** Autorizaciones de navegación en la subcuenca del Jalón.
- **Tabla 6.22.** N° de licencias de pesca por comarcas de Aragón (subcuenca Jalón).

NIPO: 770-08-074-7

Depósito legal: XXXXXXXXXXXXXXX

Imprime: Artes Gráficas Cuesta, S.A.

Diseño: www.rincondelingenio.com

Esta edición está elaborada con papel ecológico ECF (Elemental Chlorine-Free) cien por cien reciclable, fabricado con celulosa que no ha sido blanqueada con otro gas. Garantiza mínimos contenidos de cloro en el papel.

Las fibras que componen el papel provienen de cultivos forestales integrados y sostenibles, donde la política de tala y reforestación está controlada.

La producción de papel cumple los estándares medioambientales exigidos por la actual legislación y ha sido merecedor de la Certificación de Gestión Medioambiental (Norma ISO 14001) y de la Certificación del Sistema de Calidad (Norma ISO 9001).

